

Optimisation du

Dans le cadre de l'amélioration du fonctionnement technique de ses installations de génie climatique, le CHU de Limoges a engagé un programme d'audits et d'améliorations sur les réseaux d'eau glacée, d'eau chaude sanitaire, de chauffage primaire. À ce jour, l'avancement de la première phase relative à l'eau glacée permet de tirer d'intéressantes conclusions sur les résultats obtenus. Cet article dresse aussi une méthode d'intervention sur des sites particulièrement lourds à traiter.

Par Jean Pambrun, Société ASTERM

Le CHU de Limoges. L'importance des besoins en eau glacée des bâtiments nécessite d'adapter le fonctionnement de la distribution et l'équilibrage hydraulique.

Le CHU de Limoges est un établissement hospitalier d'une capacité globale supérieure à 2 000 lits. Il comprend les hôpitaux Dupuytren, Chastaingt, l'Hôpital de la mère et de l'enfant, Le Cluzeau et Rebeyrol. Les effectifs de ces établissements comptent 6 965 employés (dont 6 162 non médicaux). Ce qui fait de ce pôle le premier employeur de la région. L'importante activité de ce CHU peut être caractérisée par quelques chiffres annuels extraits des «Chiffres clés 2010» : 2 016 lits et places, 278 004 consultations (plus de 1 090 par jour), 1 582 315 repas servis (4 335 par jour), 3 307 tonnes de linge traitées (13,1 t/j). Les dépenses d'exploitation représentent 457,325 M€ (1,25 M€ par jour). Du point de vue technique, la cité hospitalière dispose de nombreux équipements de pointe dans ses différents services, notamment vingt-neuf salles d'opérations, dix-sept salles de radiologie (blocs opératoires), deux IRM, deux scanners «corps entier» (imagerie médicale), trois accélérateurs de particules (thérapie), un Petscan (identification de lésions après injection d'un traceur)... Dans un tel établissement, les installations de génie climatique constituent un secteur

particulièrement important pour assurer la qualité et la continuité du service, ainsi que de bonnes conditions de pratique. Aussi, dans le but de résoudre différents problèmes, les services techniques ont pris la décision d'engager des opérations d'amélioration sur le réseau d'eau glacée. Catherine Maze, directrice des travaux, et Jennifer Alexandre, ingénieur en charge des services techniques, ont confié la gestion de ce projet à José Néves, responsable du bureau d'études interne «génie climatique». À l'issue d'un marché de travaux spécifique, la société Asterm a engagé un audit technique sur les installations de production et distribution d'eau glacée.

L'installation d'eau glacée

Le réseau d'eau glacée principal assure l'alimentation des différents équipements de confort et de refroidissement de processus de l'hôpital. Les unités terminales comprennent notamment 44 centrales de traitement d'air (CTA), des sous stations, des échangeurs, des refroidisseurs. La production est réalisée au moyen de deux groupes de froid d'une puissance cumulée de 2 600 kW.

La situation initiale

Depuis quelques années, le réseau d'eau glacée de l'établissement connaît régulièrement des dysfonctionnements. Ils se traduisent par des plaintes d'utilisateurs dans différents services. Ces réactions révèlent l'insuffisance de puissance pour certains équipements : centrales de traitement d'air, échangeurs... Le questionnement quant au niveau de saturation du réseau était également une préoccupation récurrente : une telle installation a connu de nombreuses évolutions au fil des années : suppression, création ou déplacement de services, raccordements «inappropriés» après l'acquisition de nouveaux équipements... Il est apparu incontournable de dresser un bilan global plus précis.

La première phase de la prestation réalisée par Asterm a consisté en un bilan technique du réseau :

- Recensement des documents techniques disponibles (plans, dossiers des ouvrages exécutés). Les recherches dans les archives ont permis de retrouver bon nombre de plans et de documentations, y compris pour des équipements très anciens.
- Relevé contradictoire du réseau d'eau

réseau eau glacée au CHU de Limoges

glacée (cheminement et caractéristiques des unités terminales, des équipements de régulation et d'équilibrage...). Cette phase est évidemment nécessaire pour bien appréhender le réseau mais elle est également très fastidieuse.

- Mesures spécifiques de débits, pressions, puissance électrique. Il est important de pouvoir évaluer le fonctionnement actuel et évaluer les éventuelles déficiences.

À partir de tous ces éléments, il a ensuite été possible d'établir un bilan des puissances, de tracer des plans et schémas et de réaliser une étude hydraulique globale du réseau.

Les conclusions de l'audit

Les résultats obtenus lors de cette première phase de travail ont tout d'abord mis en évidence une déficience de la puissance de production - 2 600 kW - par rapport au niveau de puissance des usages - 4 100 kW. Cette situation est attribuable aux différentes modifications et extensions du réseau comme cela a été évoqué.

Au delà de ce bilan de puissances, la cartographie hydraulique des circuits a mis en évidence la saturation de plusieurs tronçons du réseau. Les débits de circulation s'y sont avérés supérieurs aux valeurs usuellement recommandés ; elles génèrent de ce fait des pertes de charges élevées.

C'était notamment le cas du principal tronçon d'alimentation en départ de local technique, d'une longueur d'environ 500 m, qui assure la liaison entre le local de production d'eau glacée et les différents circuits de distribution en sous sol du bâtiment. Cette situation était d'ailleurs permanente par le principe hydraulique des circuits fonctionnant à débit variable, mais pourvus pour la presque totalité de vannes de régulation à trois voies ; elles maintenaient un débit constant sur le réseau, et ce, quel que soit le niveau de la demande (**figure 1**).

La problématique de l'équilibrage hydraulique a été abordée prioritairement ; les mesures réalisées avaient indiqué un déséquilibre global et le nombre d'organes

de réglage était par ailleurs insuffisant.

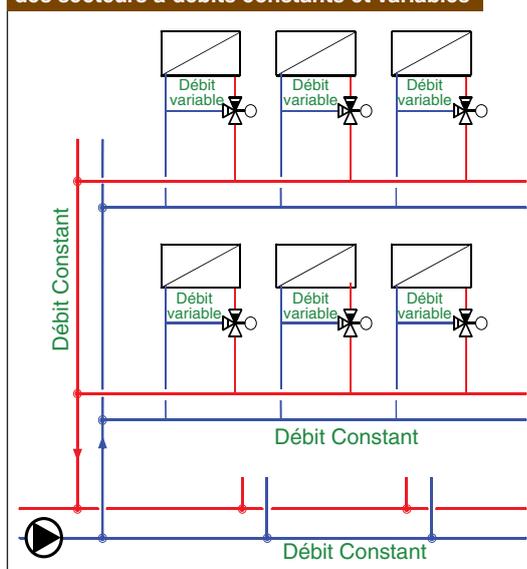
Un phénomène d'incompatibilité des débits lié à l'écart entre des débits primaires (groupes de froids) et secondaires (distribution) a également été mis en évidence au niveau du ballon de découplage hydraulique.

L'ensemble de ces constatations a été exposé lors d'une réunion de concertation au sein de la direction des services techniques. Plusieurs décisions d'actions concluaient ces échanges. Avant d'engager une réflexion relative à l'augmentation ou au réaménagement de la puissance de production, le projet d'optimisation du fonctionnement hydraulique a été retenu. Celui-ci a consisté à faire évoluer le mode de fonctionnement actuel (débit constant) vers un mode de type «débit variable». Dans le principe, une telle solution apporte les intérêts suivants :



Le local technique eau glacée. Le travail sur la distribution a permis de réduire très sensiblement les consommations des pompes.

Figure 1. Représentation schématique des secteurs à débits constants et variables



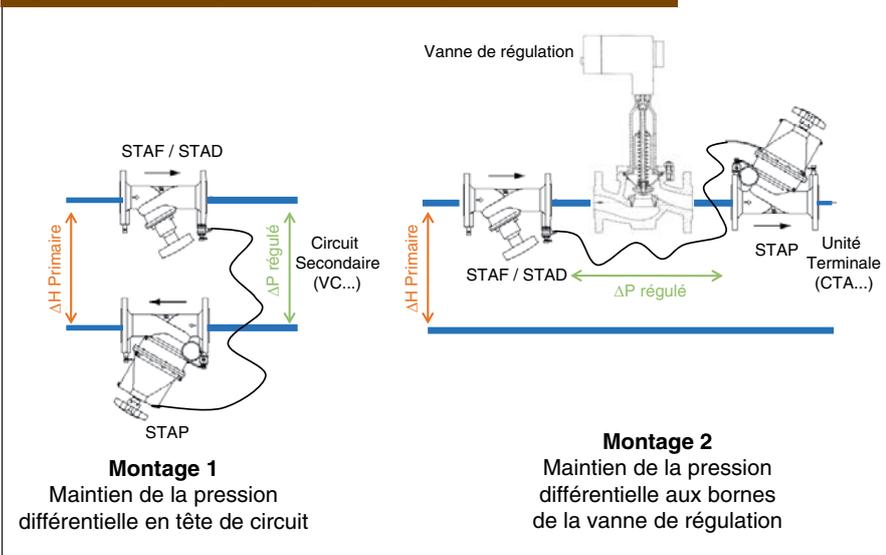
Malgré un fonctionnement à débit variable des unités terminales, les vannes trois voies maintenaient un débit constant quasi permanent sur le réseau.

- possibilité de foisonnement de la puissance : les besoins de puissance n'étant pas simultanés, la demande instantanée est systématiquement inférieure à la valeur cumulée des équipements ;
- réduction du débit nominal dans les tuyauteries : le foisonnement évoqué précédemment permet de limiter les débits de circulation dans les tuyauteries (et donc les pertes de charge) en rapport direct avec la demande de puissance de refroidissement ;
- d'un point de vue énergétique, le fonctionnement à débit variable permet d'optimiser le transfert thermique au niveau de la production en maintenant à une valeur élevée la température de retour d'eau. Par ailleurs, la consommation électrique inhérente à la circulation d'eau est également réduite, celle-ci étant directement liée au débit et à la hauteur manométrique.

Les actions entreprises

Pour mettre en œuvre cette évolution, un programme de travaux a été établi et for-

Figure 2. Le montage des régulateurs de pression différentielle



Les régulateurs de pression différentielle ont été adaptés aux cas de figure rencontrés sur le chantier.

malisé au moyen d'un marché de travaux spécifiques.

Tout d'abord, les vannes de régulation ont été modifiées en condamnant la voie de by-pass. Ce, de manière à obtenir un fonctionnement de type «deux voies». Dans certains cas, selon les préconisations de l'étude hydraulique, ces organes ont été remplacés par des modèles mieux adaptés (optimisation de l'autorité). Le mode d'équilibrage a également été adapté par une évolution vers un mode «dynamique» qui consiste à mettre en place de régulateurs de pression différentielle. Ceux-ci ont pour but de stabiliser et réguler les variations de pression qui sont occasionnés par le fonctionnement à débit variable. Le schéma **figure 2** précise les deux possibilités de mise en œuvre :

- montage sur une branche : la pression est régulée en amont du circuit d'alimentation d'unités terminales telles que des ventilo-convecteurs et des batteries terminales ;

- montage de part et d'autre d'une vanne de régulation : la pression est stabilisée directement aux bornes de la vanne dont les conditions de fonctionnement se trouvent optimisées ; l'autorité hydraulique de celle-ci est alors proche de 100 %. Les produits retenus sont des modèles STAP de la marque TA Hydronics. Ces équipements qui se composent d'une vanne d'équilibrage et d'un régulateur de pression ont permis dans certains cas l'utilisation de vannes d'équilibrage existantes. Un des avantages de ces modèles est la possibilité de mesurer et d'ajuster le débit et la pression, ce qui est une option indispensable dans le cadre de la mise en service mais également pour diagnostiquer un problème éventuel (voir plus loin).

En complément de ces modifications, un régulateur de vitesse a été associé à la pompe de distribution. L'adaptation de la pompe au fonctionnement du réseau a été préalablement validée par l'étude hydraulique.

La mise en service

Les résultats obtenus à l'issue de la mise au point se sont révélés satisfaisants ; les débits nominaux ont pu être obtenus pour les différentes unités terminales avec un foisonnement moyen constaté de l'ordre de 25 %. Cette campagne exhaustive de réglages et de mesures est indispensable pour la mise au point d'un réseau d'une telle importance : elle est seule à même de garantir l'obtention des conditions de fonctionnement nominales pour les différents équipements (**figure 3**). La simple mise en œuvre de réglages théoriques, éventuelle-

ment envisageable sur ce modèle d'équipement, n'est évidemment pas suffisante pour s'assurer de la validité des débits réellement obtenus. Un exemple précis accrédite cette affirmation : lors des réglages, il est apparu impossible d'obtenir les débits nominaux pour plusieurs CTA d'un même local technique, et ce, bien que la pompe soit à son niveau de fonctionnement maximal. Des mesures complémentaires, rendues possibles par les équipements d'équilibrage ont finalement permis de découvrir un filtre à tamis «oublié» dans un recoin de l'installation. Ce dernier était totalement colmaté, et la perte de charge occasionnée provoquait une situation de sous débit pour l'ensemble du local technique.

Quel investissement, quels résultats ?

Pour mener à bien ce projet, un montant d'investissement global de l'ordre de 104 000 € a été nécessaire. Ce montant a été affecté à l'audit – 12 000 € -, aux travaux – 86 000 €, en tenant compte du surcoût des interventions de nuits – et à l'équilibrage et la mise au point – 6 000 €. Le résultat, d'un point de vue fonctionnel, répond aux attentes des utilisateurs : les insuffisances de puissances constatées en différents points sont résolues, l'amélioration du bon fonctionnement est sensible par les utilisateurs et les gestionnaires. Du point de vue des consommations d'énergie, l'économie globale n'a pas été quantifiée par défaut d'équipements de mesures au niveau de la production. Une valeur significative a cependant pu être considérée au niveau de la pompe de



Un régulateur de pression différentielle après montage.



Le réglage des régulateurs permet de garantir l'obtention des débits et de diagnostiquer éventuellement des problèmes...

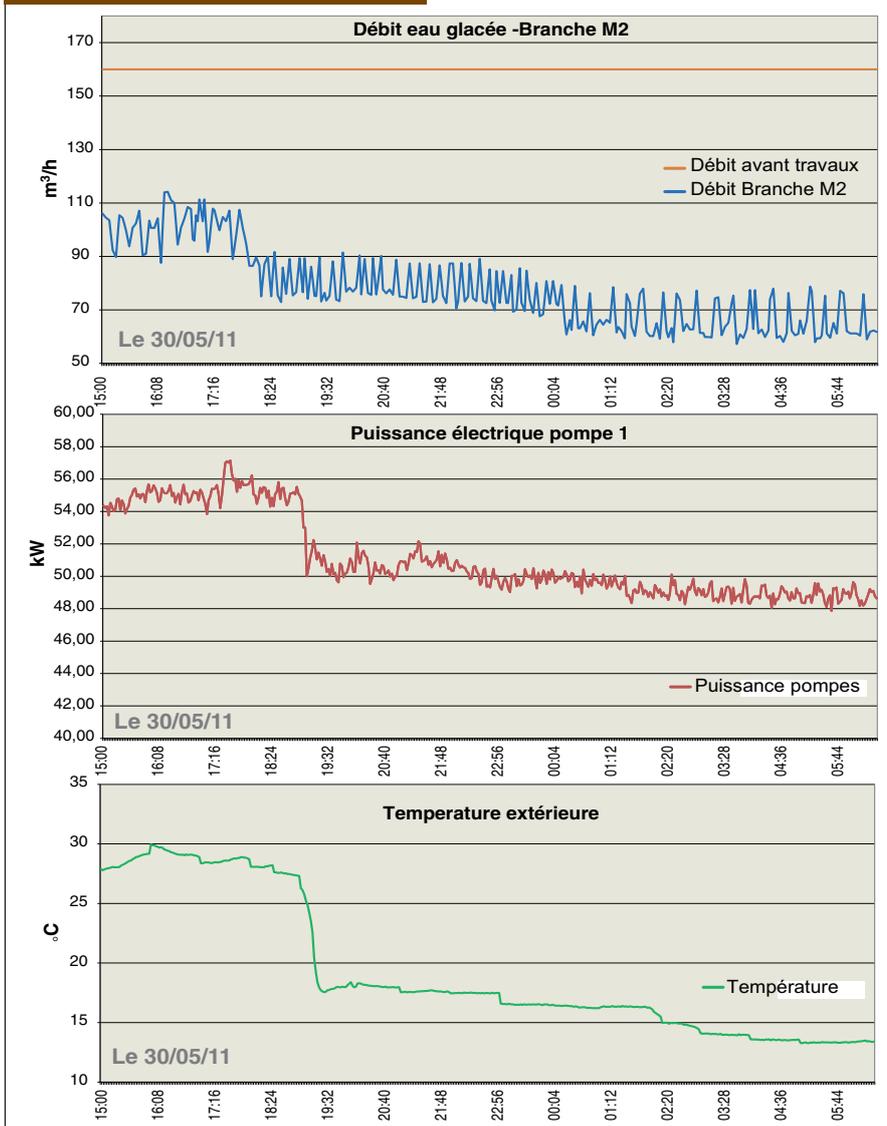
Figure 3. Extrait du rapport d'équilibrage hydraulique

Client :	CHU Limoges			Ecart débit global :	5 %
Affaire :	Hôpital Dupuytren			ΔM Indice d'équilibrage :	1,2 %
Réseau :	Réseau Eau Glacée			Indice	1
Module :	2.4 (Sous station 6)				21/07/2010

N°	Référence circuit	Désignation	Type vanne	Position	Delta P	Débit mesuré	Débit théorique	Écart	dP Circuit
				trs	kPa	l/h	l/h	%	kPa
		Total				92 350	87 900	5,06 %	
1	2.4.1	CTA S1	STAD 40	4	8,7	5 650,0	5 500	2,7 %	78,0
2	2.4.2	CTA S26	STAF 65.2	8	10,00	27 400,0	25 800	6,2 %	40,0
3	2.4.3	CTA S12	STAF 65.2	4	5,00	6 300,0	6 100	3,3 %	86,0
4	2.4.4	CTA S24	STAF 65.2	6	7,60	19 200,0	18 300	4,9 %	81,0
5	2.4.5	CTA S14	STAF 65.2	5	5,60	17 800,0	17 000	4,7 %	50,0
6	2.4.6	CTA S30	STAF 65.2	7	4,06	16 000,0	15 200	5,3 %	45,0

Les résultats de l'équilibrage hydraulique sont validés par une phase exhaustive de mesures.

Figure 4. Enregistrements de contrôle



L'enregistrement simultané de débits d'eau glacée, de la puissance électrique des pompes, de températures permet de confirmer en pratique l'amélioration du fonctionnement.

distribution : la puissance moyenne a été évaluée, selon les critères de fonctionnement définitifs, à un niveau inférieur de 40 % à la valeur initiale avant travaux (figure 4). Le montant de l'économie correspondante est estimé à environ 20 000 €/an. Sur la base de cette seule valeur, le temps de retour de l'investissement global peut être considéré de l'ordre de 5 ans.

Du point de vue des rejets de CO₂, la réduction correspondante est évaluée à 3,5 t/an.

José Néves, responsable du bureau d'études «génie climatique», le confirme : «La volonté du CHU était prioritairement de résoudre des problèmes de fonctionnement et de connaître la situation de ce réseau de distribution énergétique. Les économies d'énergie sont évidemment une bonne nouvelle car elles permettent de rentabiliser ce programme d'actions.» En complément de cette démarche, et en s'appuyant sur les résultats positifs obtenus, l'établissement hospitalier a également entamé d'autres démarches permettant d'améliorer le fonctionnement des installations de génie climatique : audit du réseau de chauffage primaire, audit et études d'équilibrage du réseau de bouclage ECS.

Les intervenants

CHU de limoges : Catherine Maze, Jennifer Alexandre, José Néves

Asterm : Jean Pambrun, Christophe Pognon

TA Hydraulics: Jean Pierre Chouteau