

OUTIL D'OPTIMISATION DU SÉQUENÇAGE DES REFROIDISSEURS (CAN OPTI-COOL)



Contexte

Les systèmes à plusieurs refroidisseurs sont couramment utilisés dans les bâtiments de moyenne et grande taille pour assurer le refroidissement par boucle d'eau glacée. Au lieu d'utiliser une seule unité, ces systèmes raccordent plusieurs refroidisseurs en pa-rallèle afin d'obtenir une flexibilité et redondance opérationnelle. Cette configuration permet au système de mieux s'adapter aux charges de refroidissement variables tant quotidiennes que saisonnières.

Problème

La gestion de plusieurs refroidisseurs introduit une complexité dans l'exploitation. Une stratégie efficace de séquençage des refroidisseurs permet de déterminer quelle combinaison de refroidisseurs doit être utilisée pour satisfaire une charge de refroidissement donnée d'un bâtiment tout en minimisant la consommation d'énergie du système de refroidissement. Cette stratégie consiste d'évaluer le rendement de chaque refroidisseur, car des problèmes comme un mauvais entretien, des équipements vieillissants ou des conditions de fonctionnement sous-optimales peuvent entraîner des inefficacités. Un séquençage optimal des refroidisseurs, évitant les combinaisons de refroidisseurs dont le rendement est moins élevé, peut améliorer considérablement l'efficacité globale du système et réduire les coûts d'électricité. Cette stratégie doit également éviter de mettre en marche et d'arrêter les refroidisseurs trop souvent, car cela peut accélérer l'usure des équipements.

Solution

CanmetÉNERGIE à Varennes a développé le logiciel Can Opti-Cool pour optimiser le séquençage des refroidisseurs à partir de données opérationnelles historiques. Cette approche utilise des mesures comme la puissance des compresseurs, les débits d'eau et les températures pour établir des modèles de rendement pour chaque combinaison de refroidisseurs observée dans l'ensemble de données. Ces modèles évaluent l'efficacité de l'installation de refroidissement en tenant compte de la demande d'électricité de tous les équipements en marche (p. ex. refroidisseurs, pompes, ventilateurs) et de la capacité de refroidissement fournie par le système à ce moment-là. À partir de ces modèles, des règles de contrôle sont définies afin de déterminer quelles combinaisons de refroidisseurs doivent fonctionner à des charges de refroidissement précises pour assurer un rendement énergétique élevé à l'échelle du système tout en satisfaisant les besoins de refroidissement du bâtiment.

Comme cette approche s'appuie sur des données historiques, elle évalue les combinaisons de refroidisseurs qui ont déjà été utilisées – aucune nouvelle configuration n'est générée. L'optimisation est fondée sur le rendement passé et ne peut être utilisée à des fins de conception, par exemple pour déterminer de nouvelles combinaisons théoriques susceptibles d'améliorer encore plus l'efficacité du système. Cette approche garantit une intégration facile, puisque la configuration de l'installation de refroidissement existante ne nécessite aucune modification, et permet d'atteindre l'efficacité globale la plus élevée possible et de maintenir le confort des occupants.

Cette stratégie vise également à minimiser les arrêts et mises en marche des refroidisseurs en créant des zones tampons pour passer d'une combinaison de refroidisseurs à une autre. Ces zones tampons sont définies à l'aide de charges de refroidissement croissantes et décroissantes et permettent d'éviter de changer de combinaison suite à de faibles fluctuations de la charge, réduisant ainsi l'usure des équipements, prolongeant leur durée de vie et améliorant la stabilité du système.



Calculs

Le coefficient de performance COP du système de refroidissement correspondant à chaque instant du jeu de données est calculé comme le rapport entre la charge de refroidissement fournie et la consommation d'électricité totale de tous les équipements en marche à cet instant. Le logiciel détermine automatiquement les combinaisons de refroidisseurs et d'équipements auxiliaires utilisés simultanément en analysant les profils de consommation d'électricité dans l'ensemble de données d'entrée, c'est-à-dire quels équipements sont en marche (consomment de l'électricité) et à quel moment.

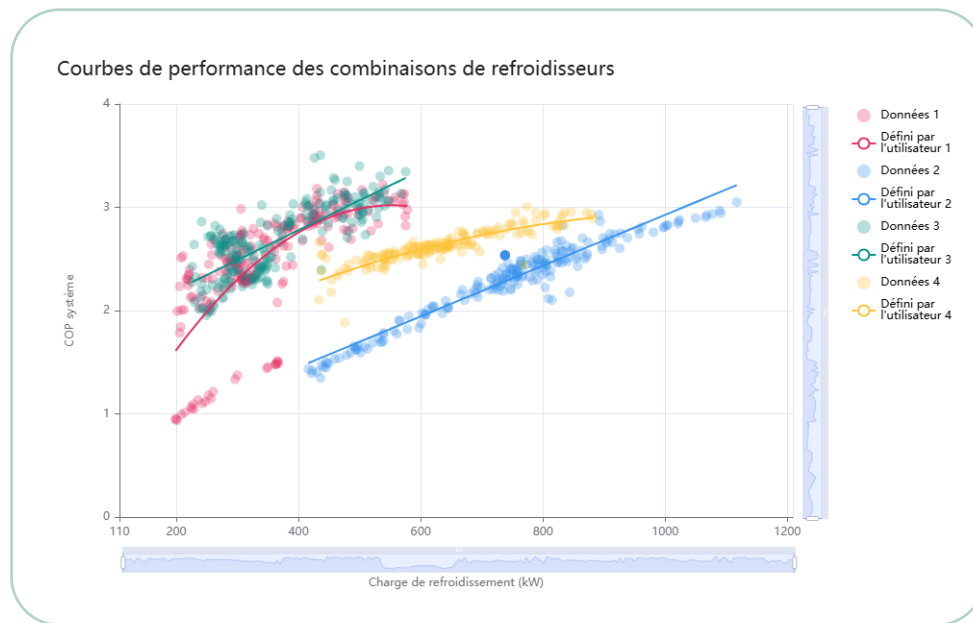


Figure 1: Courbes de performance des combinaisons de refroidisseurs

Une fois que la combinaison de refroidisseurs en marche à chaque instant est déterminée et que le COP correspondant est calculé, les combinaisons de refroidisseurs optimales correspondant à différentes plages de charge de refroidissement sont déterminées.



Résultats

Les calculs effectués par le logiciel et les résultats obtenus sont illustrés à l'aide d'une étude réalisée dans le but d'améliorer l'efficacité énergétique du système de refroidissement d'un grand immeuble de bureaux de 11 étages et d'une superficie de 36 000 m² équipé de deux refroidisseurs à vis de 150 tonnes (527 kW) et d'un refroidisseur centrifuge de 300 tonnes (1 055 kW). Les données opérationnelles de la saison de refroidissement estivale de 2023 ont été utilisées dans cette étude.

En associant les combinaisons de refroidisseurs à des plages de charge définies, cette approche guide les utilisateurs dans le choix des configurations dont le rendement est le plus élevé afin de maximiser l'efficacité globale de l'installation de refroidissement. Une zone tampon de $\pm 10\%$ est appliquée (+5 % en cas de charge croissante et -5 % en cas de charge décroissante) afin de limiter les commutations excessives entre les combinaisons de refroidisseurs et de minimiser l'usure des équipements. Les règles de séquençage optimal indiquent que, pour l'augmentation de la charge, trois combinaisons uniques de refroidisseurs doivent être utilisées dans trois intervalles de charge de refroidissement distincts afin de maximiser l'efficacité de l'installation de refroidissement. En cas de charge de refroidissement croissante, les règles indiquent que :

- la combinaison no 3, composée uniquement du refroidisseur no 2, est prioritaire pour les charges faibles;
- la combinaison no 4, composée du refroidisseur no 2 et du refroidisseur no 3, fonctionne à des charges moyennes inférieures à 932 kW;
- la combinaison no 2, composée du refroidisseur no 1, doit être utilisée à des charges élevées en raison de sa capacité nominale élevée.

Les règles de séquençage pour l'augmentation de la charge sont illustrées dans la figure suivante.

Cette approche a permis de réaliser des économies d'énergie d'environ 9 % tout en réduisant de près de 55 % le nombre de mises en marche et arrêts de refroidisseurs.

Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec canmetenergy-canmetenergie@nrcan-rncan.gc.ca

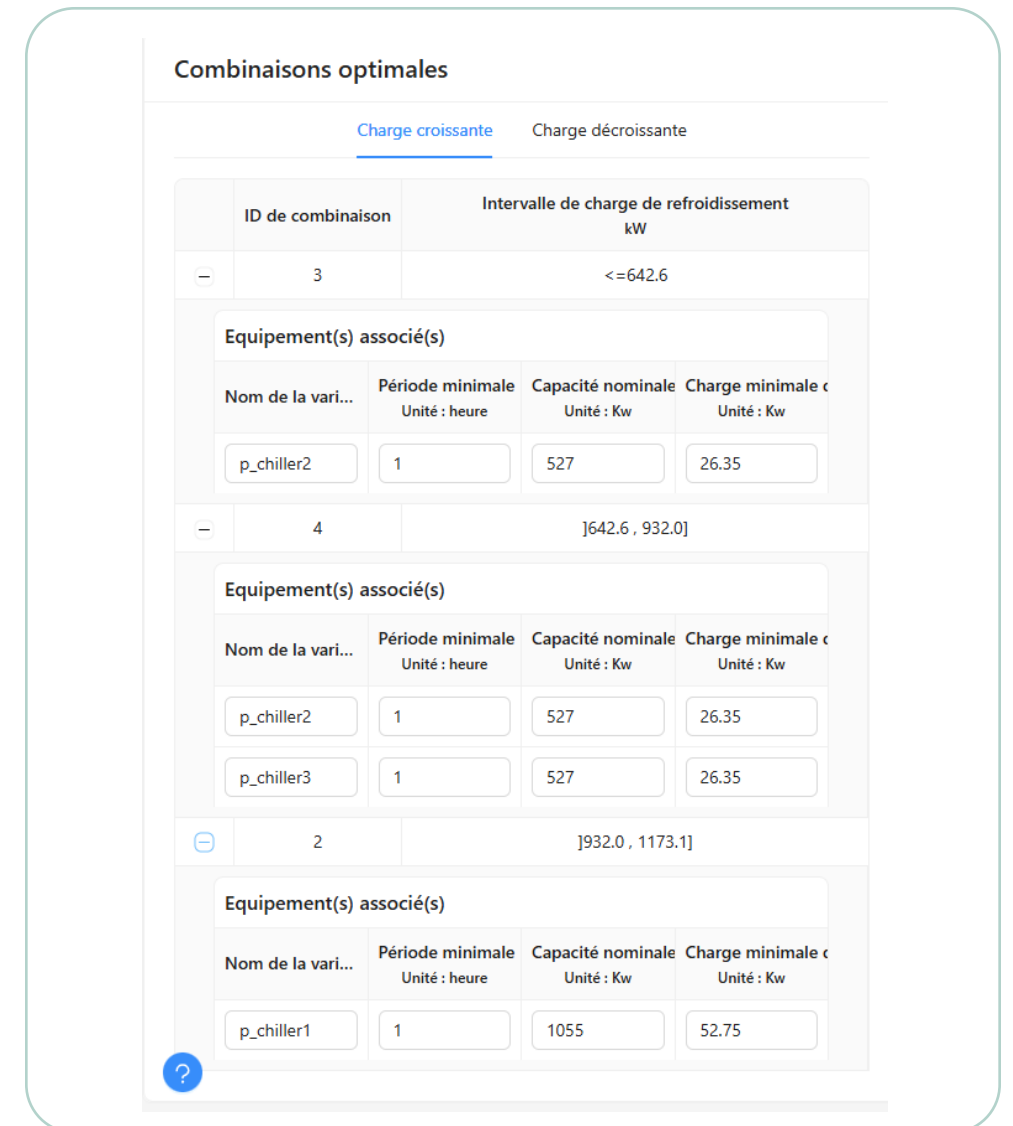


Figure 2: Combinaisons optimales en cas de charge de refroidissement croissante

Points clés à retenir

- Une analyse des mesures opérationnelles est nécessaire pour évaluer le rendement des systèmes de refroidissement en fonction de la charge du refroidissement du bâtiment afin de déterminer les combinaisons de refroidisseurs les plus efficaces.
- Le logiciel Can Opti-Cool détermine automatiquement une stratégie de séquençage optimal des refroidisseurs afin d'obtenir un rendement global élevé tout en maintenant le confort des occupants.
- Can Opti-Cool définit des règles de fonctionnement claires pour une installation de refroidissement existante, ce qui permet une intégration facile dans l'infrastructure de contrôle du bâtiment.