



Etude Thermodynamique de la Salle 2

Modélisation CFD et Optimisations

Sommaire

Sommaire	2
Introduction	3
Description de la Salle	4
Equipements	4
Equipement INFORMATIQUE:	4
Equipement CLIMATIQUE:	4
Vues de la salle	5
Résultats des Calculs de CFD	7
CONDITIONS INITIAL.....	7
MODE DEGRADE.....	14
OPTIMISATION 1	17
OPTIMISATION 2	23
OPTIMISATION 3	31
Bilan aeraulique et thermique	35
Conclusion / Recommandations	37

Introduction

Le Présent document décrit l'étude par modélisation du refroidissement d'une salle de serveur de 988m² selon un mode de refroidissement de type classique. L'objectif étant de vérifier le bon refroidissement des équipements informatiques

Trois Configurations ont été étudiées :

-  « Conditions initiales » : Etude du comportement de la salle en conditions initiales, avec 567.6kW de charge informatique
-  « Mode dégradé » : Etude du comportement de la salle en conditions initiales, avec 567.6kW de charge informatique et une CTA d'arrêt soit 70kW de production froide ne moins.
-  « Optimisation 1 » : Ajout de rideaux afin obturer les emplacements ou les baies absente dans les allées. Remplacement des dalles perforées standard par des dalles à 24% de taux de perforation.
-  « Optimisation 2 » : Confinement total des allées et dalles perforées à 24%.
-  « Optimisation 3 » : idem « Optimisation 2 » avec régulation des systèmes de climatisation au soufflage.

Description de la Salle

La salle 2 de [REDACTED] est une pièce de 988 m². Représentant un espace unique. Le couloir d'accès comporte le système d'extinction incendie ainsi que 4 armoires de climatisations (cf. Chap. Equipement climatique plus bas).

Equipements

EQUIPEMENT INFORMATIQUE:



243 baies au total pour une puissance de 567.6kW déclinées en:

- 229 baies réseau et serveur de 0 à 6,5kW unitaire (certaines baies sont vides)
- 14 systèmes « intégrés » (Hosts, baies de stockage, robots) jusqu'à 12 kW unitaire
- Le Détail des équipements a été fourni par [REDACTED] selon les pré-requis demandés.



Chaque baie a un débit d'air correspondant à une élévation de température de 11-12 °C (Serveurs Blade par exemple) soit 0.07m³/s/Kw

EQUIPEMENT CLIMATIQUE:



8 Centrales de traitement d'air de marque Bahco. Ces armoires sont capables de supporter une charge frigorifique sensible de 70 kW pour un air de reprise à 25°. Le débit d'air actuel moyen sera de 20000 m³/h. D'après les relevés de mesures cette valeur sera utilisée pour la modélisation.



4 Armoires de climatisation CIAT EXPAIR 12000 EG de 46 kW de puissance frigorifique et 10000 m³/h de débit moyen.



Sur le modèle initial (existant) 299 dalles perforées à 15% de taux de perforation.



Sur les modèles optimisés, 307 dalles perforées à 24% de taux de perforation.



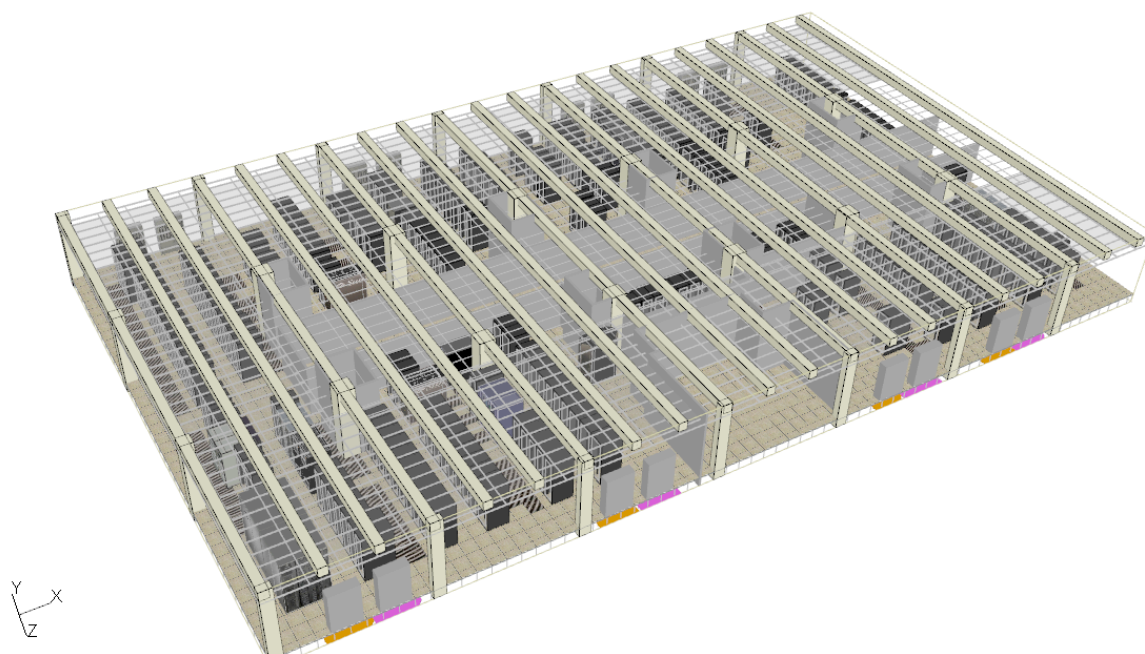
Sur les modèles confinés, 349 dalles perforées à 24% de taux de perforation.

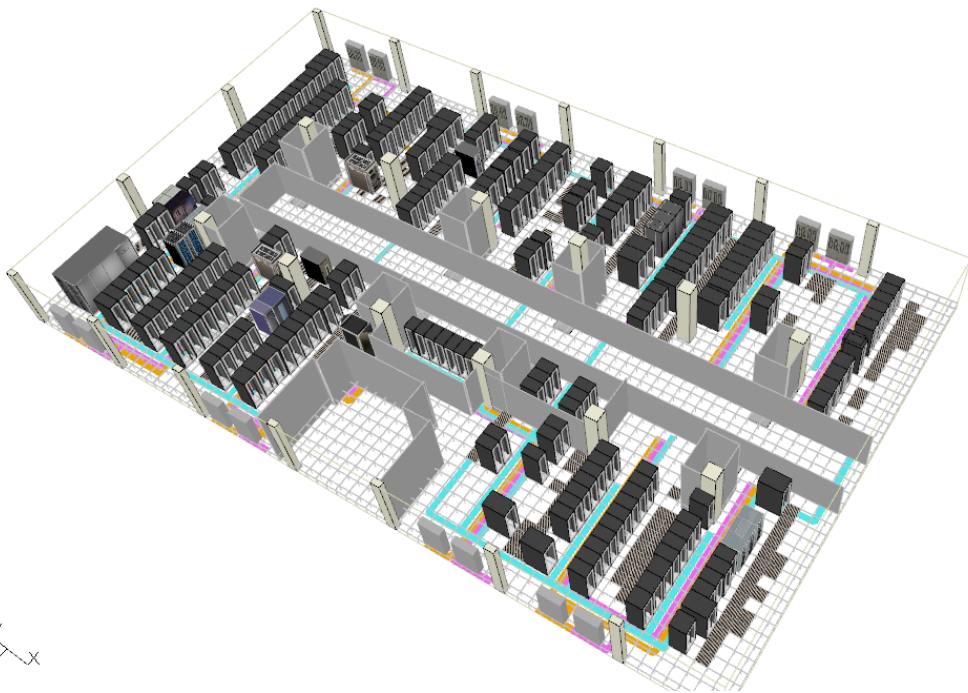
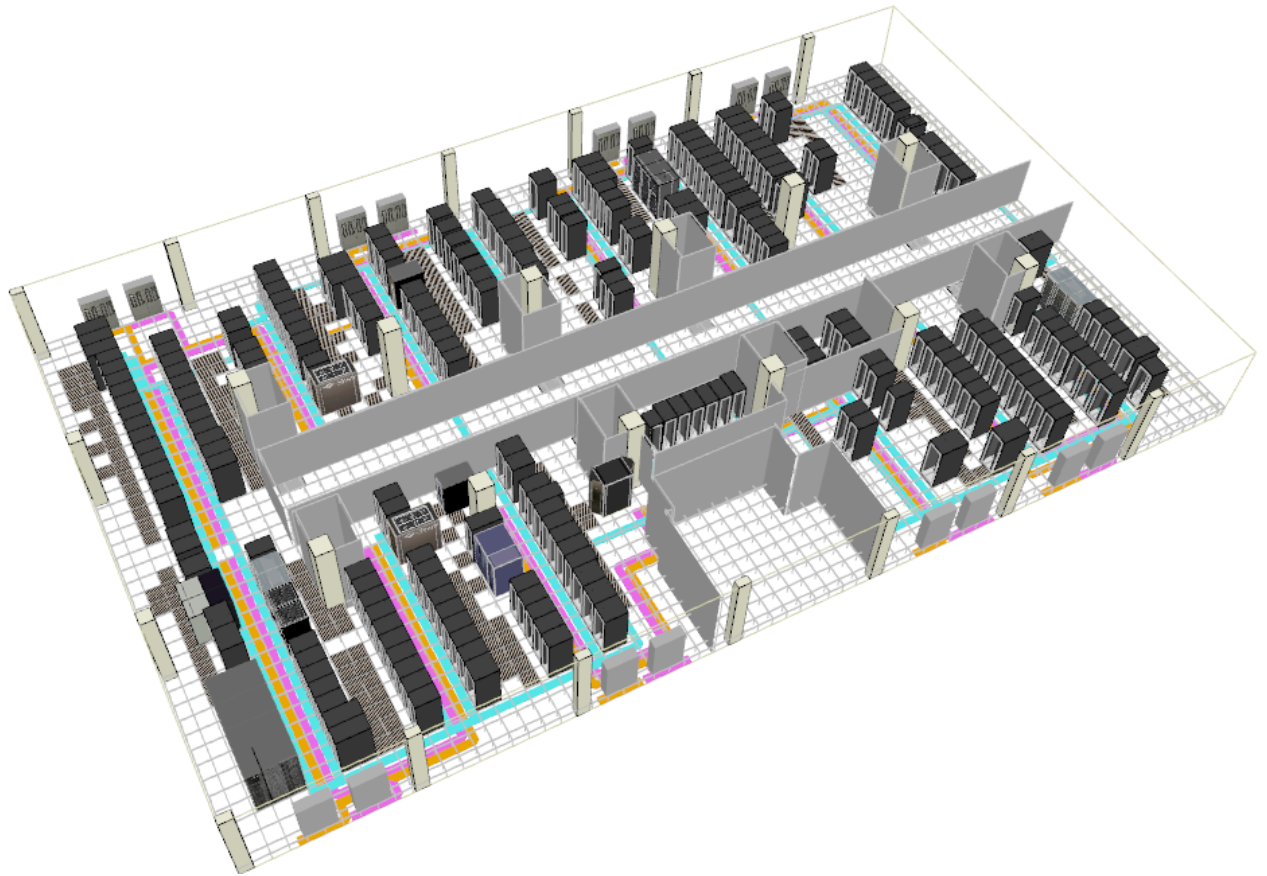
Vues de la salle

Plan de la salle :



Vues 3D du modèle :



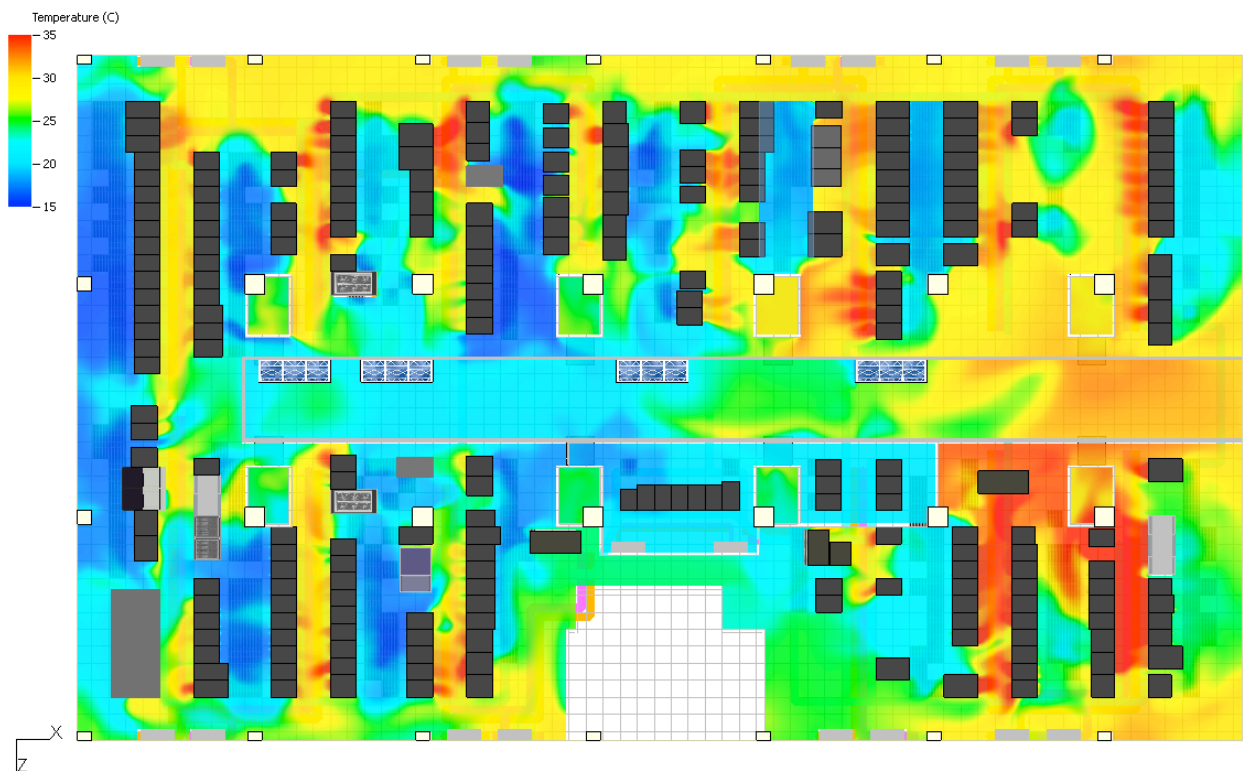


Résultats des Calculs de CFD

Les images suivantes montrent le comportement thermique et aéraulique de la salle au cas par cas.

CONDITIONS INITIALES

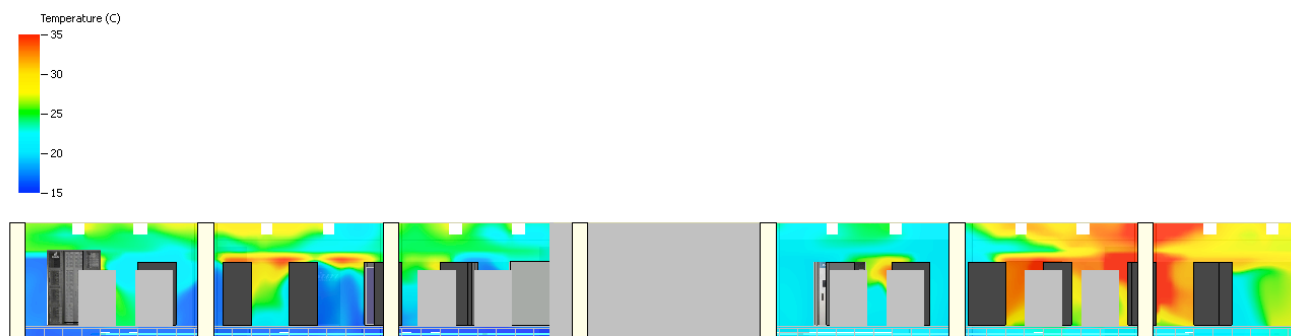
Coupe de température à 1,5m du faux plancher :



Cette première vue montre une température de salle entre 20 et 35°C. On observe dans les allées froides une température comprise entre 15 et 30°. En effet, du fait de l'absence de baies dans certaines allées, la zone froide est contaminée par l'air chaud venant de l'allée voisine (bouclage d'air chaud).

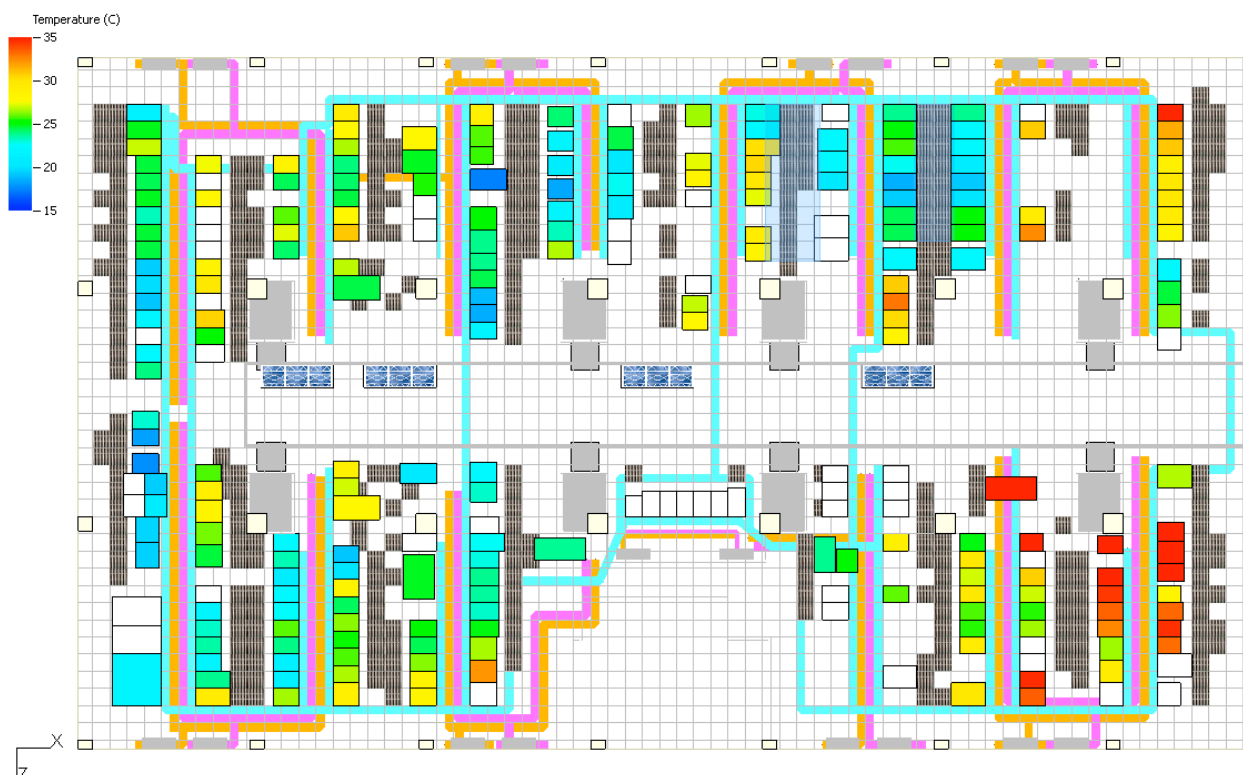
Les recirculations d'air chaud à chaque extrémité des allées sont également visibles.

Coupe transversale du champ de température.



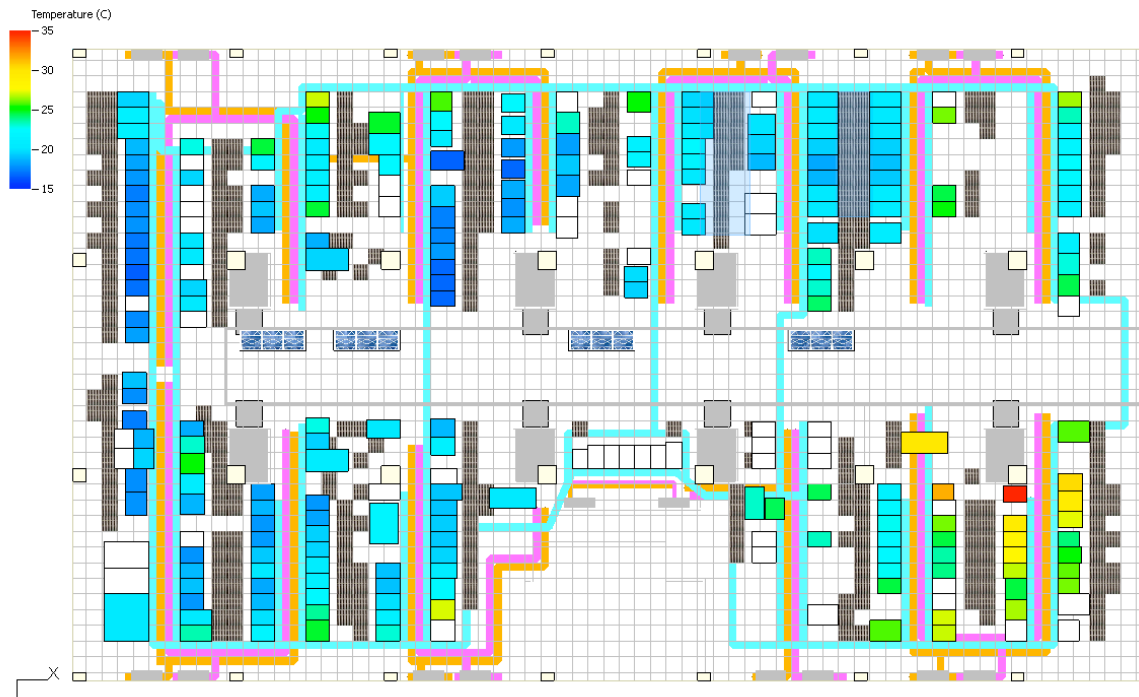
La coupe transversale confirme le phénomène de contamination de l'allée froide par l'allée chaude. On remarque également que ces recirculations interviennent par le dessus des baies

Vue des températures maximales aux entrées d'air :



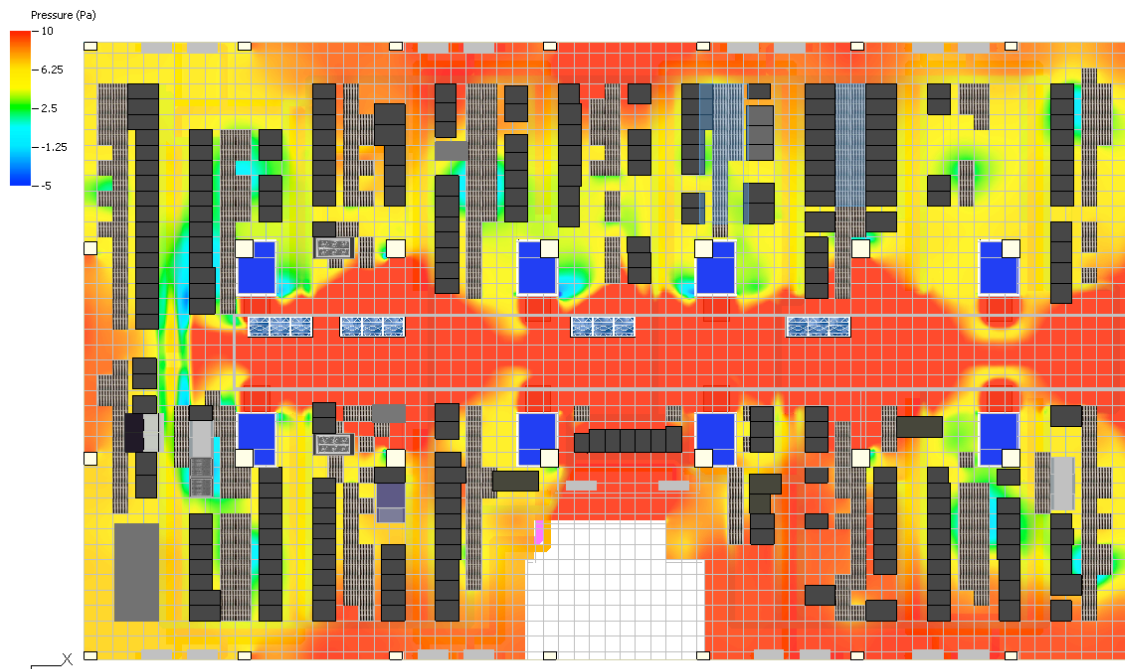
Certaines baies présentent des points chauds dus aux recirculations observées précédemment. Les températures sont de plus de 30° sur cette vue et sont en corrélation parfaite avec les thermographies faites sur place.

Vue des températures moyennes aux entrées d'air :



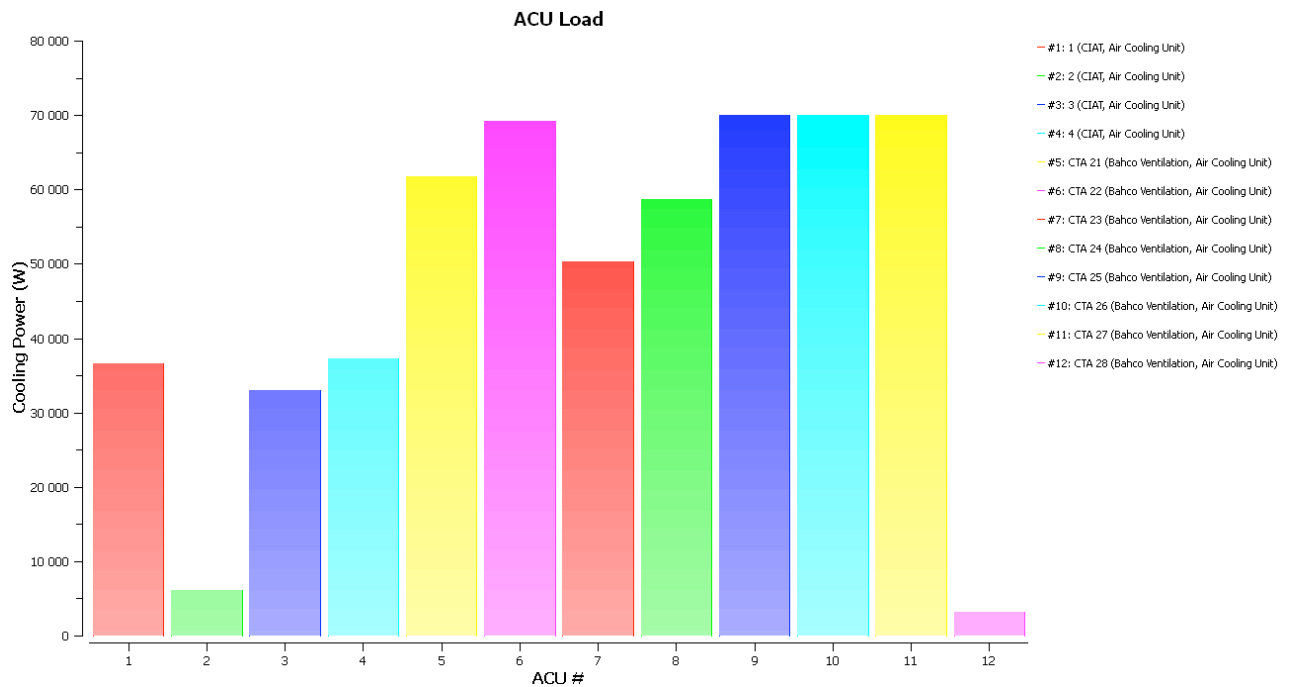
Cette vue des températures moyennes permet de voir les baies ou les températures moyennes sont trop élevées et sur lesquelles il faut faire d'importants changements en termes d'urbanisation.

Coupe du champ de pression à 0,1m sous le faux plancher :



La pression sous le faux plancher est très inégale. Ceci permet de dire que le taux de perforation des dalles perforées du faux plancher n'est pas suffisant et que des fuites importantes existent au niveau des passages de câbles par exemple ou que des ouvertures n'ont pas été obstruées. La fermeture de ces ouvertures et une augmentation du taux de perforation des dalles de faux plancher ou en augmentant le nombre optimisera la distribution d'air.

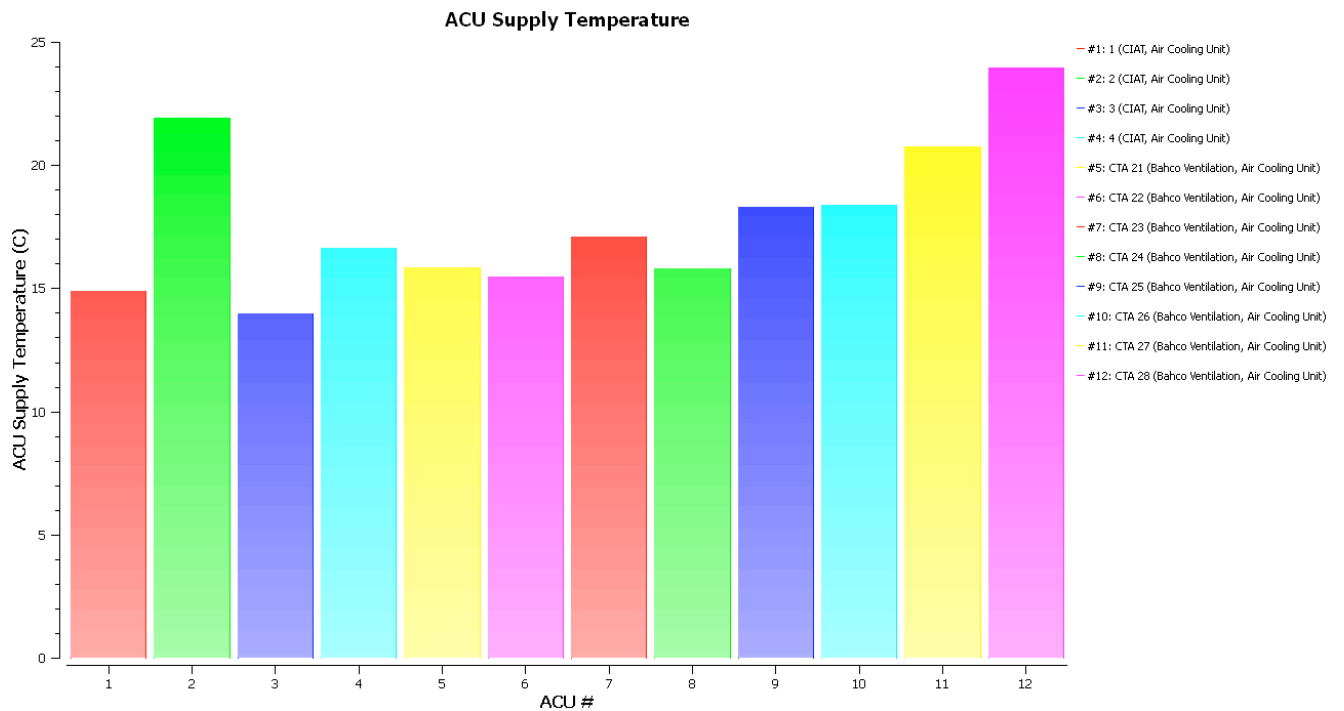
Graphe des puissances :



Plusieurs des armoires de climatisation sont à 100% de leurs capacités.

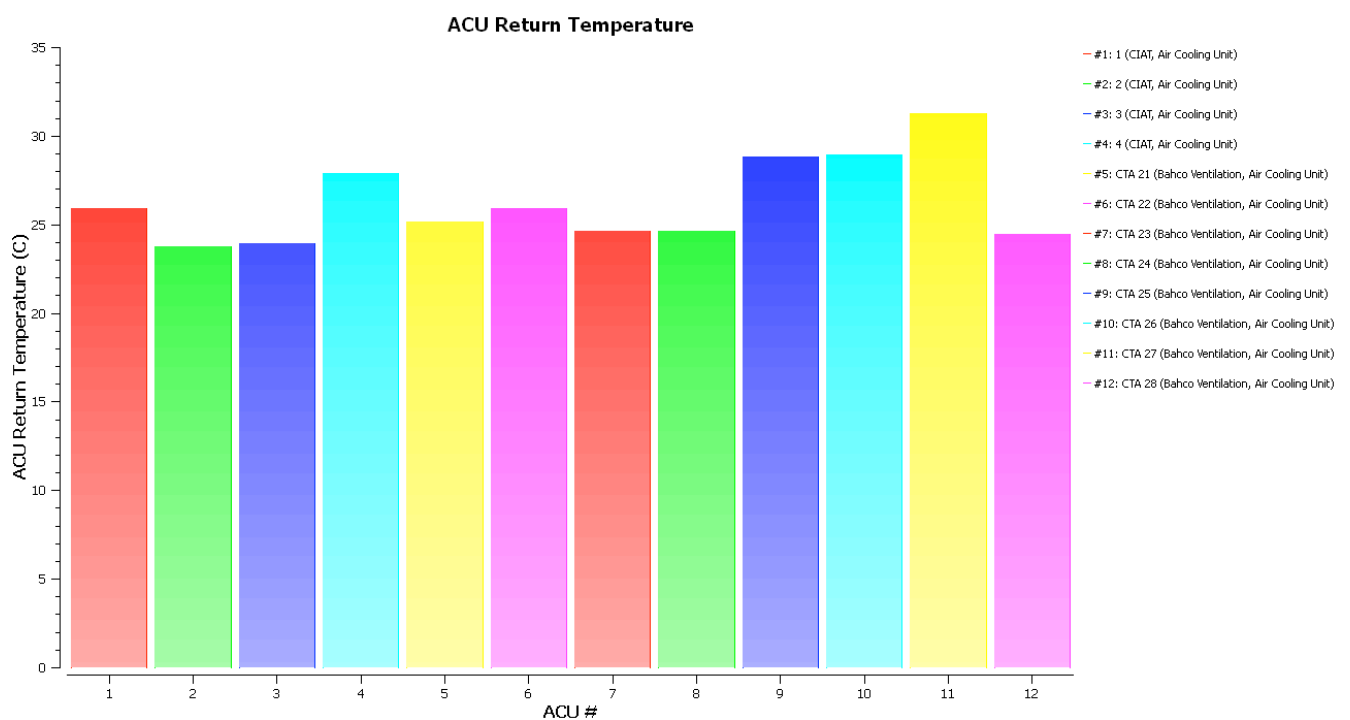
Par contre, 704kW de production froid sont disponibles et 567kW sont utilisés. La marge actuelle théorique est donc de 137 kW soit plus de 20% de la capacité totale frigorifique.

Note : Cette marge serait disponible avec un bon comportement de l'aéraulique en salle pour un fonctionnement en N+1 tout en conservant une marge opérationnelle pour l'ajout d'équipements informatiques. L'objectif de cette étude sera de caractériser les problématiques et de positionner des propositions d'amélioration pour établir ce mode de fonctionnement . Si possible, ces améliorations mettront a disposition cette marge opérationnelle avec des changements a faible traumatisme sur la production.

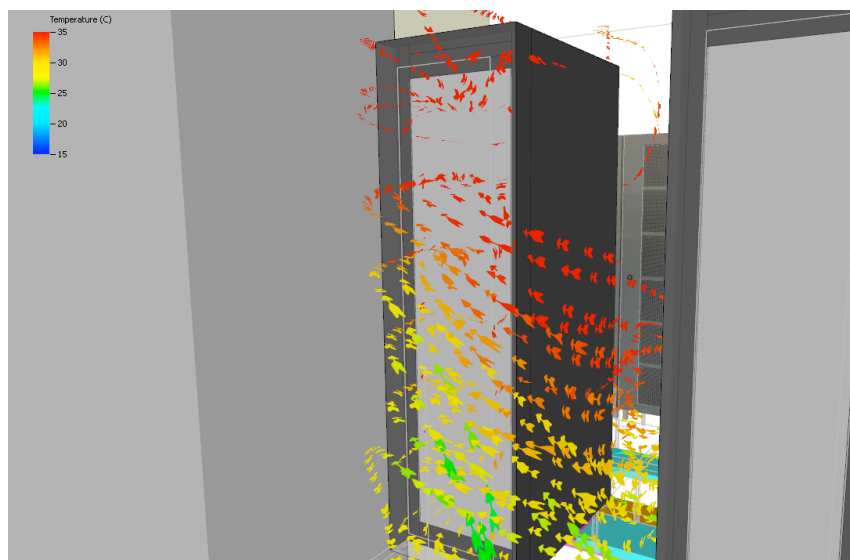
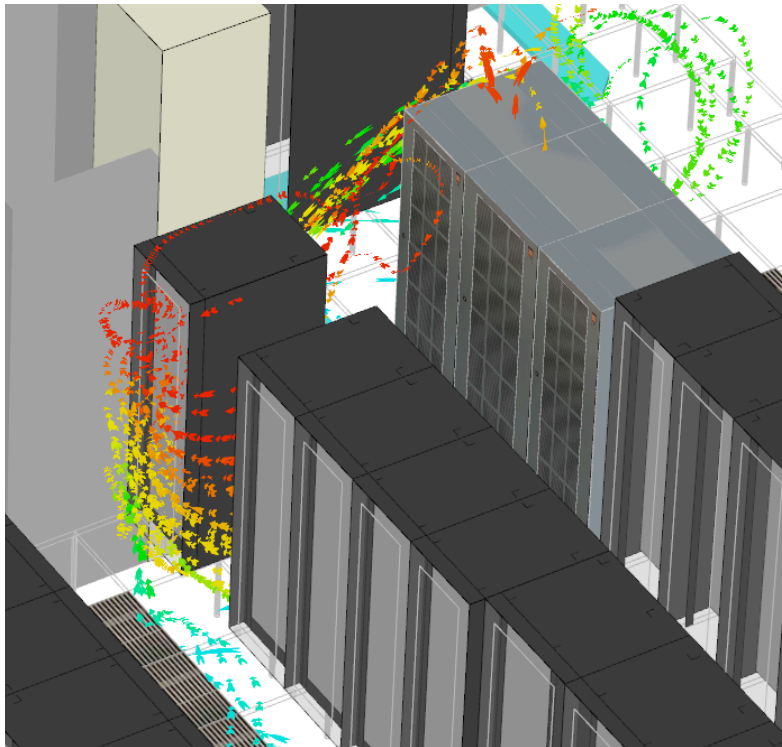


Les températures de soufflage sont très inégales. Ceci est dû principalement à la régulation établie sur la température de reprise.

Nota : le déport des mesures de température des reprises par rapport au soufflage augmente les inégalités. En effet les températures mesurées aux reprises ne correspondent pas aux zones dans lesquels agissent les CTA.

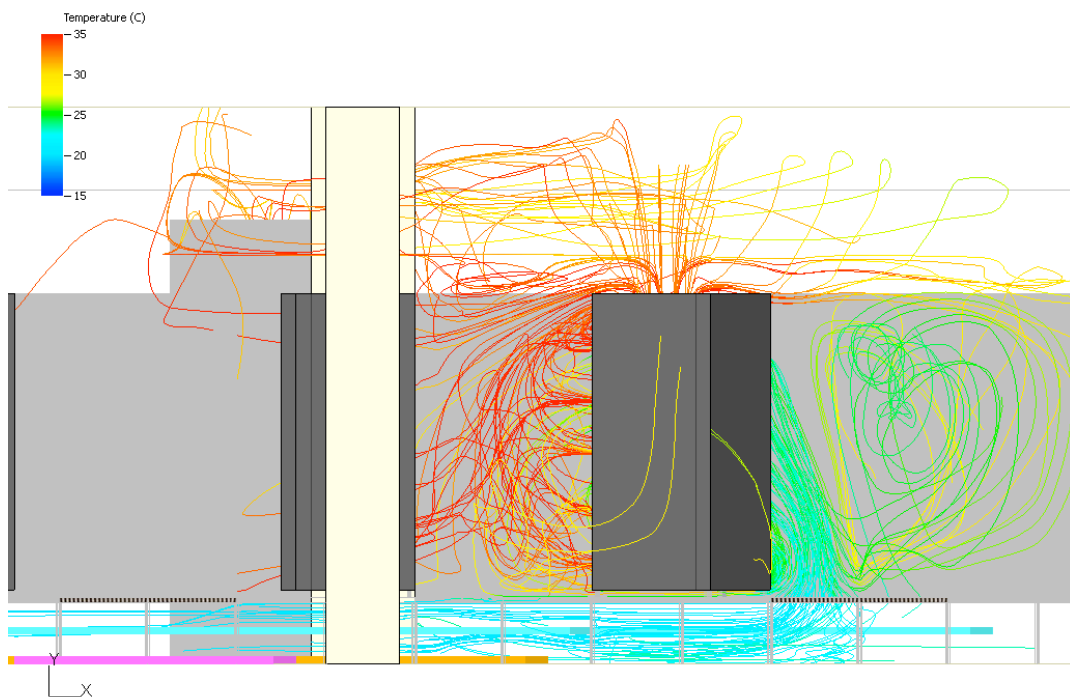
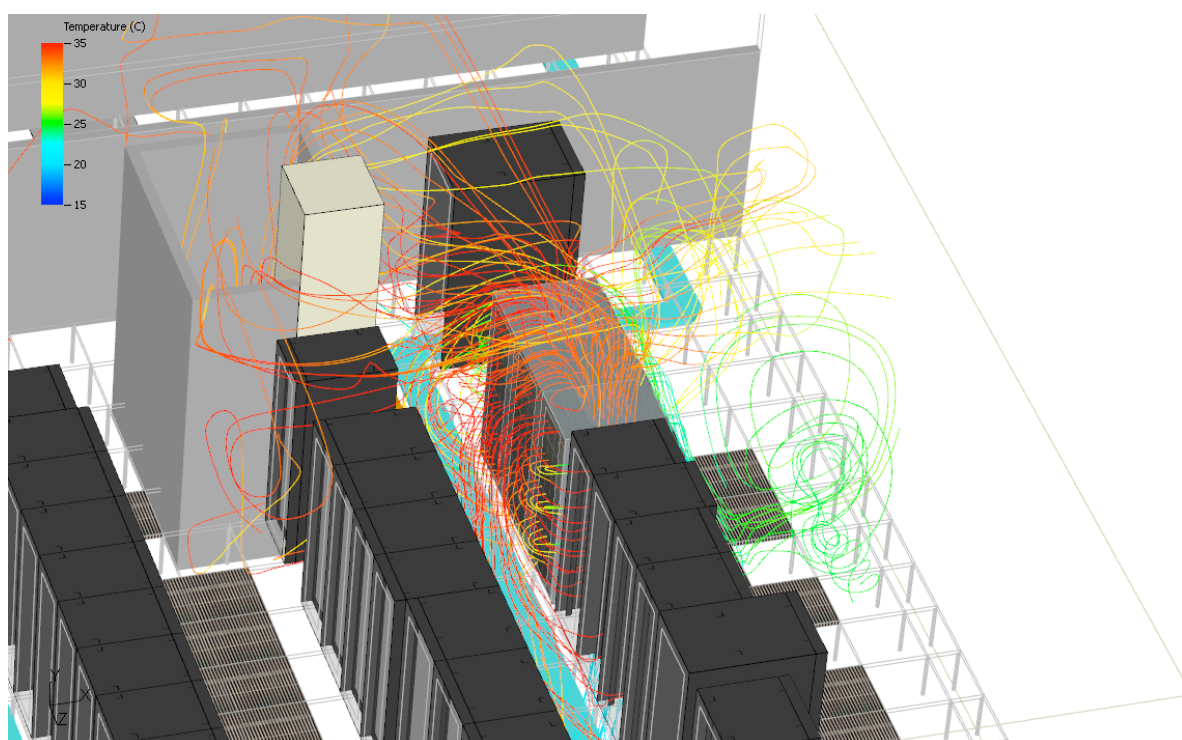


Exemple de recirculation observée sur une baie :



Ces deux vues permettent de visualiser une des problématiques récurrentes de cette salle : La discontinuité des alignements dans les allées permet à l'air chaud de pénétrer dans l'allée froide. Le fait que les allées ne soient pas confinées entraîne également des recirculations d'air chaud par le dessus des baies.

Exemple de baie particulière avec aspiration de refroidissement en face avant/arrière :



Les baies USP 600 sont alimentés en air frais seulement d'un côté, de l'autre, par contre, elles aspirent un air à plus de 35°. l'air rejeté en est par conséquent très chaud avec des bouclages dans toutes la zone.

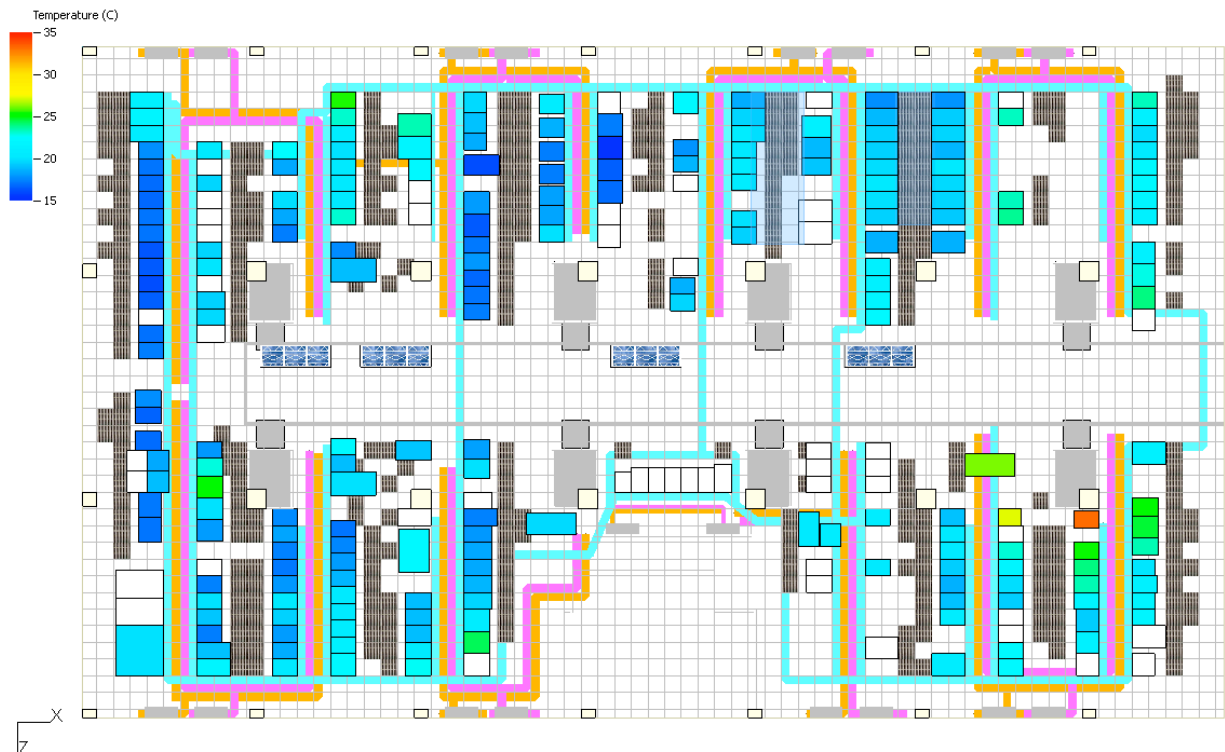
MODE DEGRADE

On a vu dans le cas précédent que malgré tous les points chauds et tous les problèmes de la salle actuelle il reste plus de 137kW de puissance froid disponible. Par conséquent il serait possible de fonctionner en mode dégradé N+1 avec une des CTA arrêtés. La puissance frigorifique max passera de 704kW à 634kW.

Le débit d'air nécessaire à travers les équipements informatiques est de 47 m³/s, En fonctionnement normal, le débit d'air des systèmes de refroidissement est de 55.6 m³/s cet qui est bon, en en fonctionnement dégradé, ce débit va passer à 50 m³/s ce qui est juste mais reste supérieur au débit nécessaire.

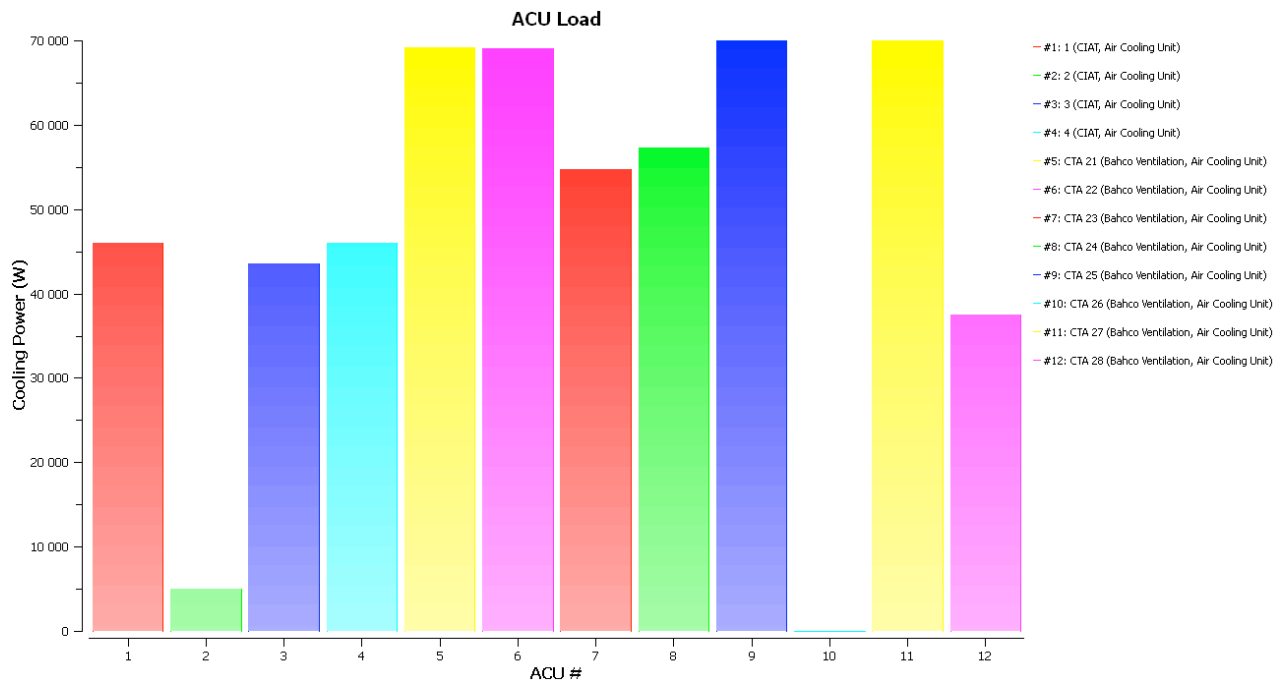
Pour tester le cas le plus critique nous allons arrêter la CTA la plus chargée c'est-à-dire la CTA 2.6.

Vue des températures moyennes aux entrées d'air :

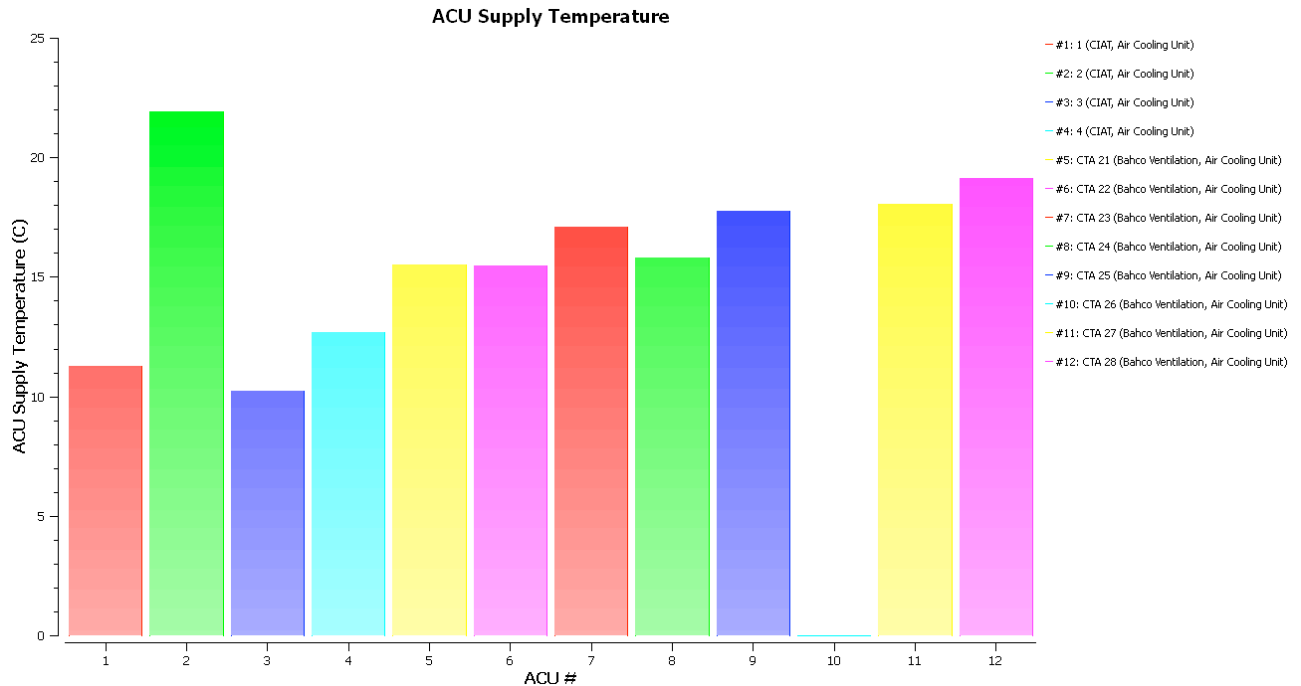


Les températures moyennes sont plus faibles que lorsque toutes les armoires froides sont en fonction surtout dans la zone en bas à droite.

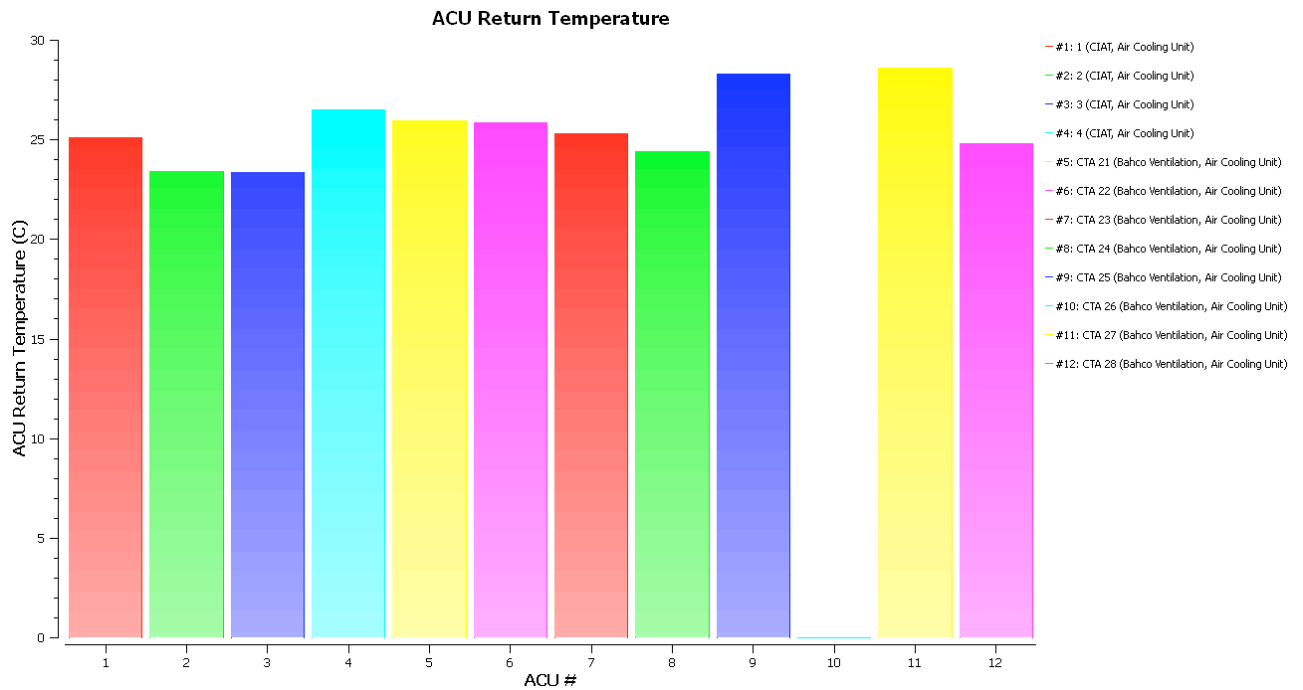
Graphe des puissances :



En arrêtant la CTA 10 on observe que la charge est répartie sur les autres armoires. On constate en particulier une montée en charge de l'armoire 12 avec une diminution de sa température de soufflage. Ceci explique cette amélioration des températures moyennes dans la zone en bas à droite de la salle.



Cette fois ci la CTA 12 (2.8) souffle un air à 19° ce qui explique l'amélioration au niveau de la salle.



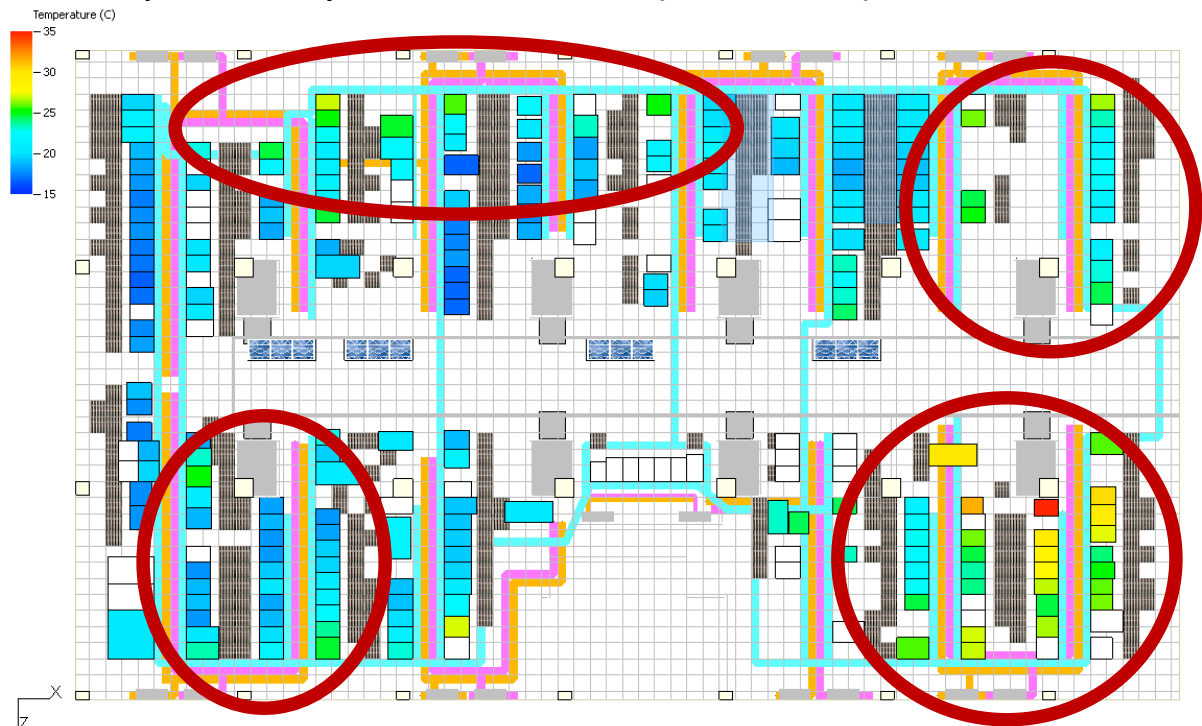
Cette évolution des températures suite a l'arrêt de le la CTA 10 (2.6) démontre de la complexité de la régulation et de l'équilibrage d'une salle quand la configuration des régulation n'est pas adaptée au zonage ou au mode de fonctionnement d'une salle informatique.

OPTIMISATION 1

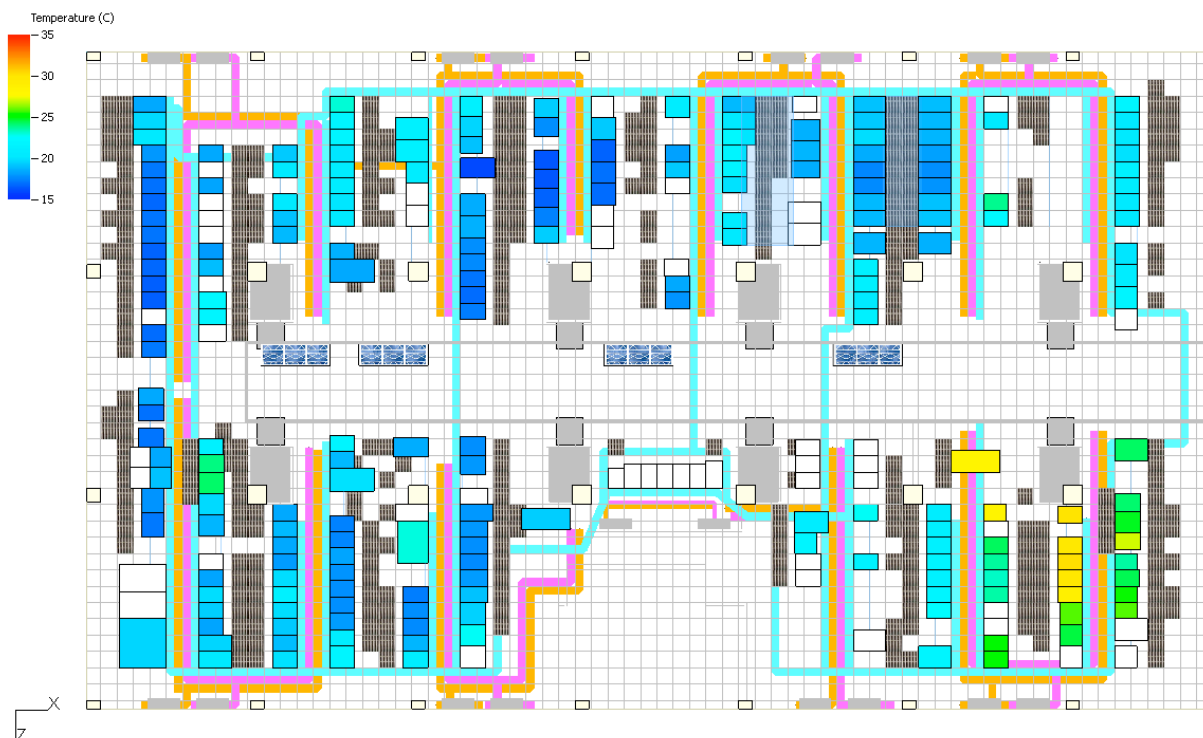
L'optimisation de la salle s'est engagée sur deux axes et un correctif :

-  Fermeture des passages de câbles et des fuites en faux plancher, augmentation du taux d'ouverture des dalles perforées du faux plancher (passage de 15% à 24% d'ouverture pour toutes les dalles). Cette proposition est due au constat d'un débit insuffisant à travers les dalles en éliminant simplement les fuites inutiles citées précédemment causant une pression élevée dans la faux plancher.
-  Amélioration de la continuité des allées :
Cette proposition est due au constat des recirculations importantes au sein des travées ou la continuité des alignements n'est pas réalisée. On installe des rideaux aux endroits où les baies sont manquantes pour réduire le mélange des flux d'air chaud et froid entre les allées. A cela s'ajoute l'obturation des U inoccupés dans toutes les baies.
-  Correctif par ajout de 8 dalles perforées au niveau des baies Hitachi USP600. Cet équipement a la particularité d'avoir des entrées d'air en face avant et arrière avec un soufflage par le dessus. Il est donc important de garantir un apport d'air frais sur les faces où ces entrées sont établies.

Vue des températures moyennes aux entrées d'air (version initiale):



Vue des températures moyennes aux entrées d'air (Optimisation 1):



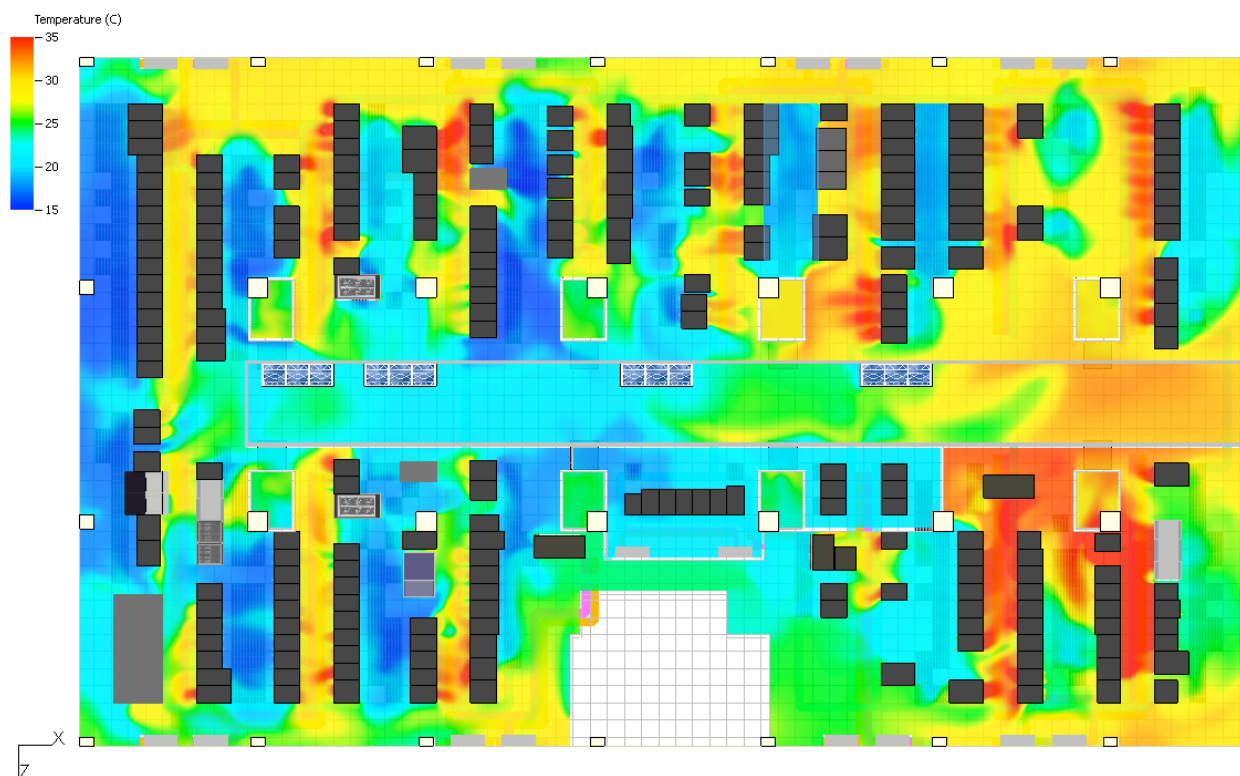
On peut constater une amélioration certaine sur l'ensemble des températures d'entrée d'air. Par ailleurs des températures sont plus homogènes.

Malgré tout l'optimisation n'est pas optimum . Une zone présente encore un grand nombre de baies présentant une température d'air encore supérieure à 23°

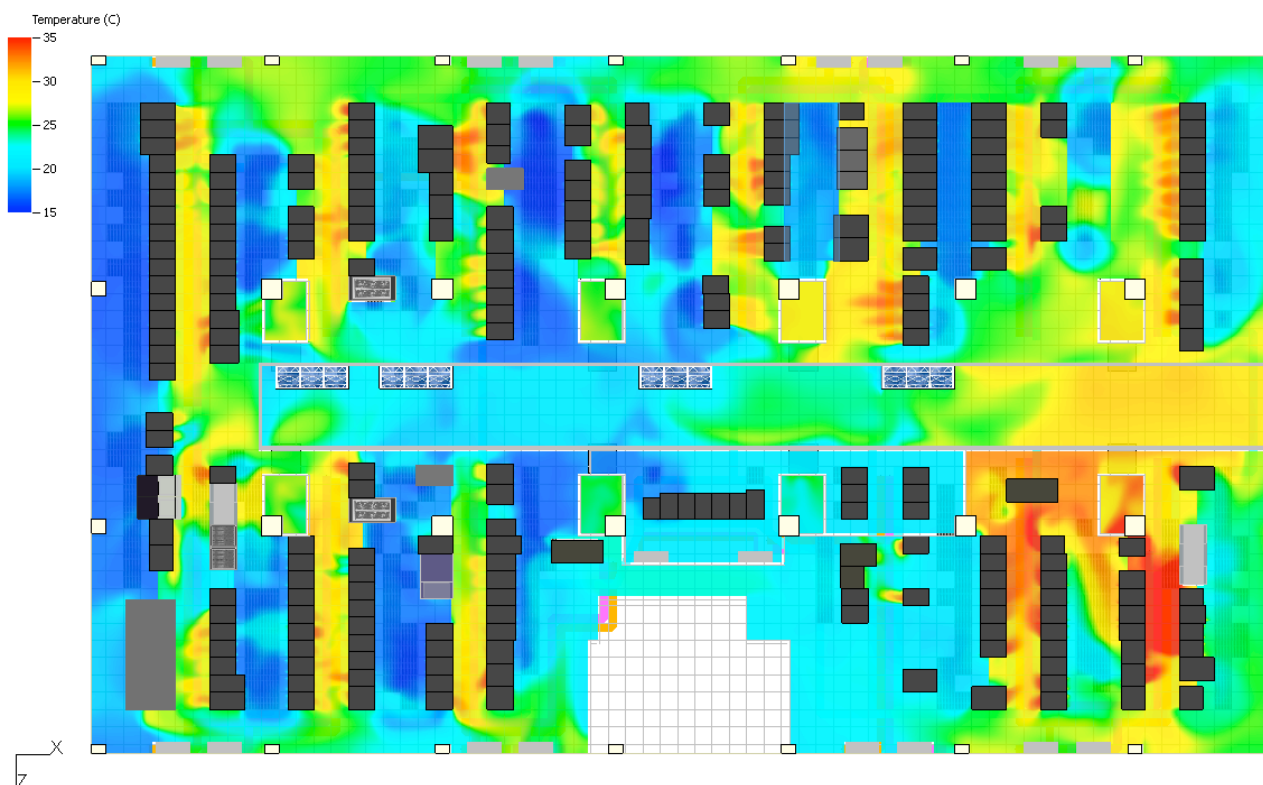
Ce problème n'est il pas du au système de régulation par les sondes de mesure mal placées comme déjà définie. Si l'on plaçait les sondes au bon endroit de la zone d'activité de la CTA N° 12 ????? que ce passe t il ?

Objectif, proposer une amélioration rapide sans pour cela être la plus performante et parfaite mais au moins pouvoir apporter a moindre prix un cas t

Coupe de température à 1,5m du faux plancher (version initiale) :

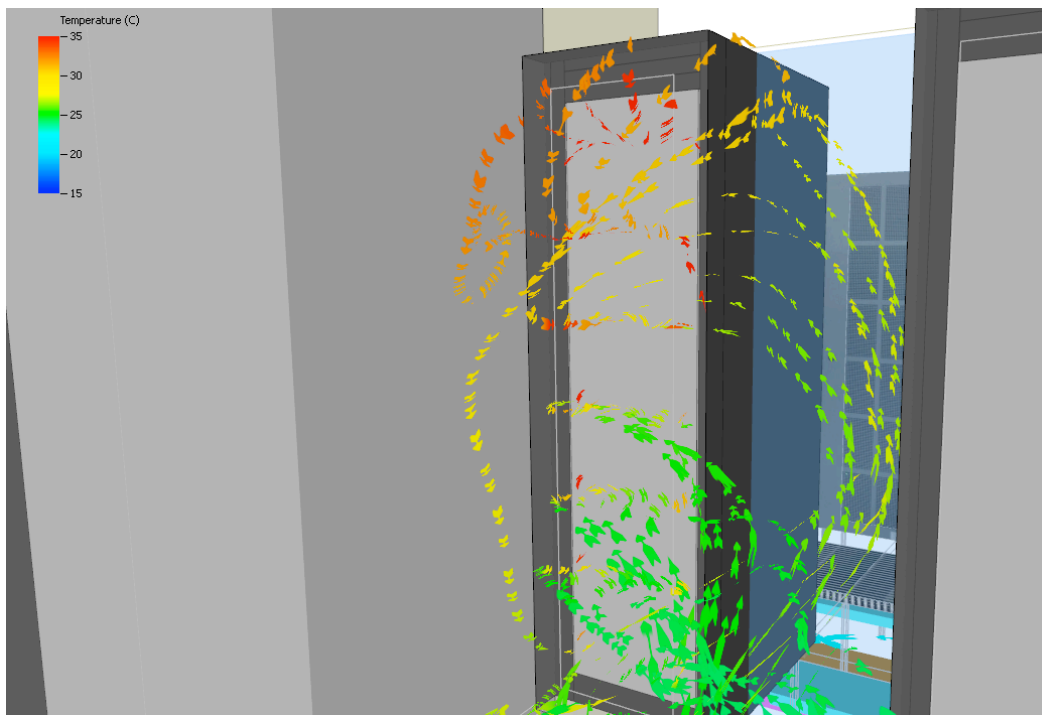
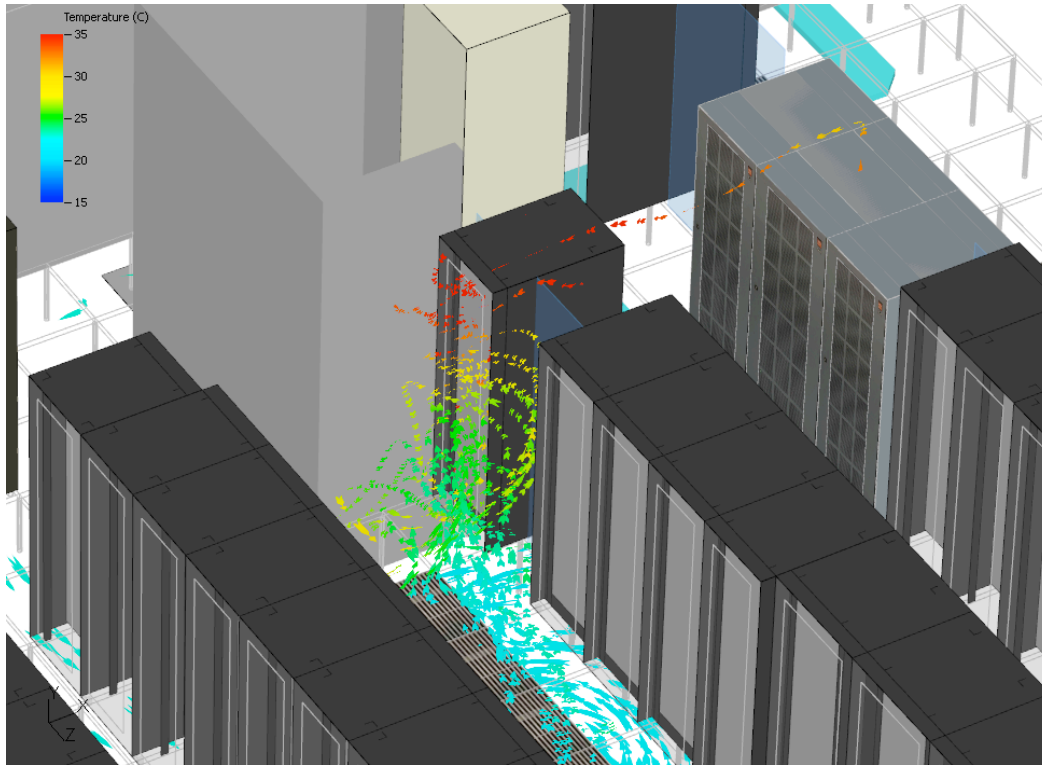


Coupe de température à 1,5m du faux plancher (Optimisation 1).



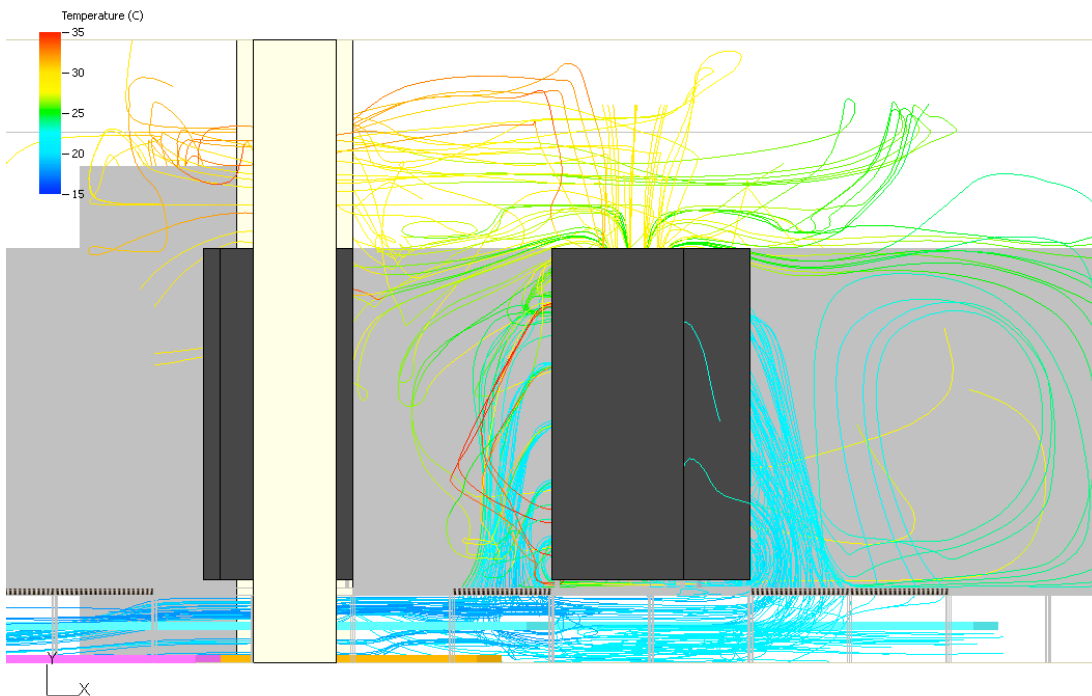
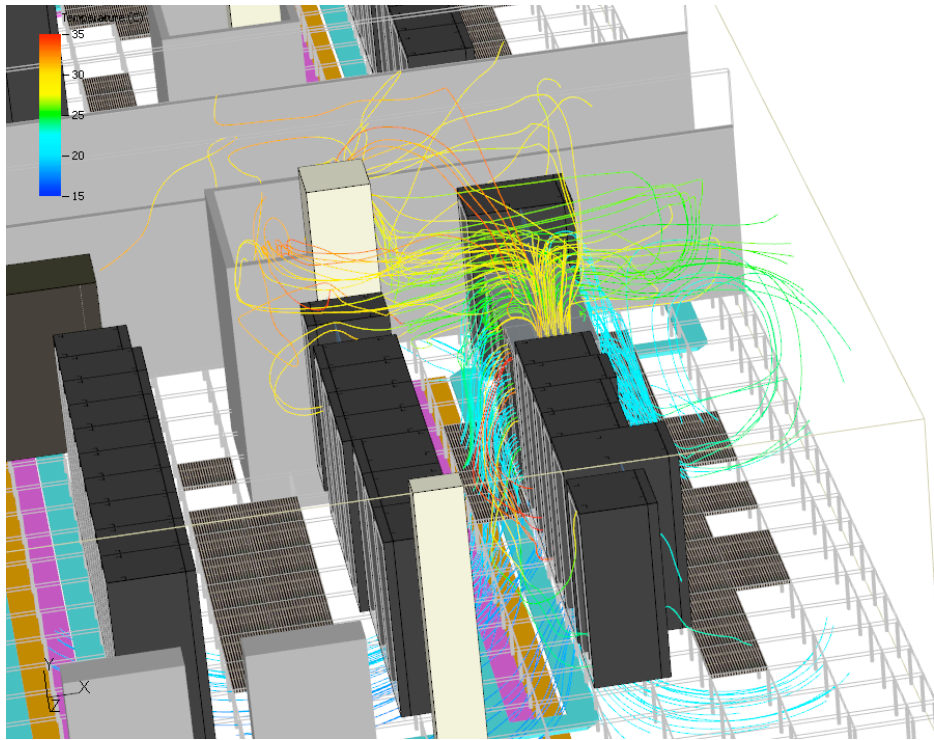
On constate une diminution des températures aussi bien à l'entrée qu'à la sortie des baies. Mais les allées froide ont toujours des problèmes de recirculation d'air chaud, en bout d'allée essentiellement.

Exemple de recirculation observée sur une baie :



Malgré l'ajout de rideau sur le coté les recirculations d'air chaud passent encore au dessus de la baie et nuit aux serveurs installés sur le tiers supérieur de la baie.

Exemple de baie particulière avec refroidissement en face avant/arrière :



L'ajout des grilles dans l'allée chaude permet de fournir la baie en air à moins de 25° ce qui est un gain de 10° par rapport à la version initiale. D'ailleurs l'air rejeté est maintenant aux alentours des 25° à 30°, plus en conformité avec le fonctionnement de ces équipements.

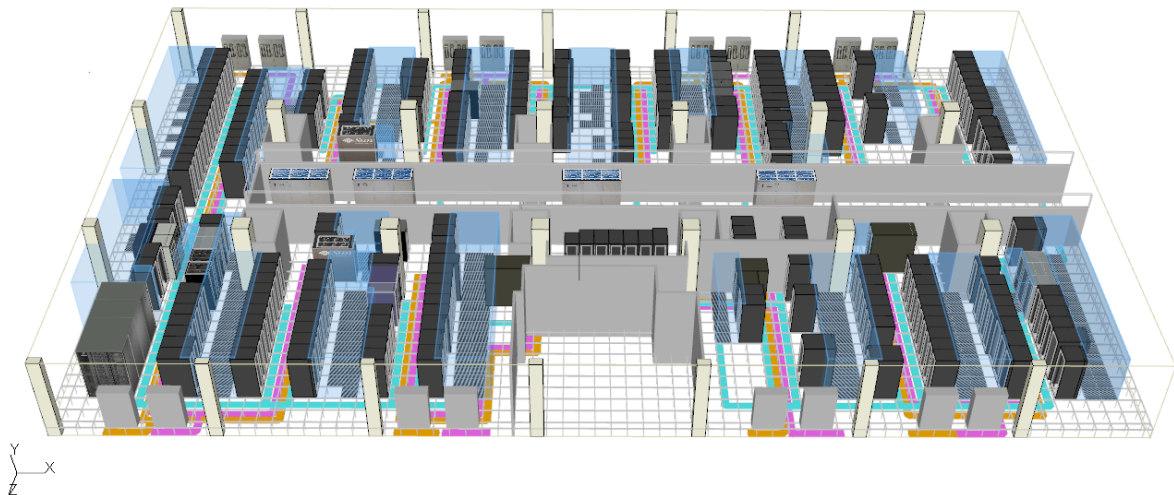
OPTIMISATION 2

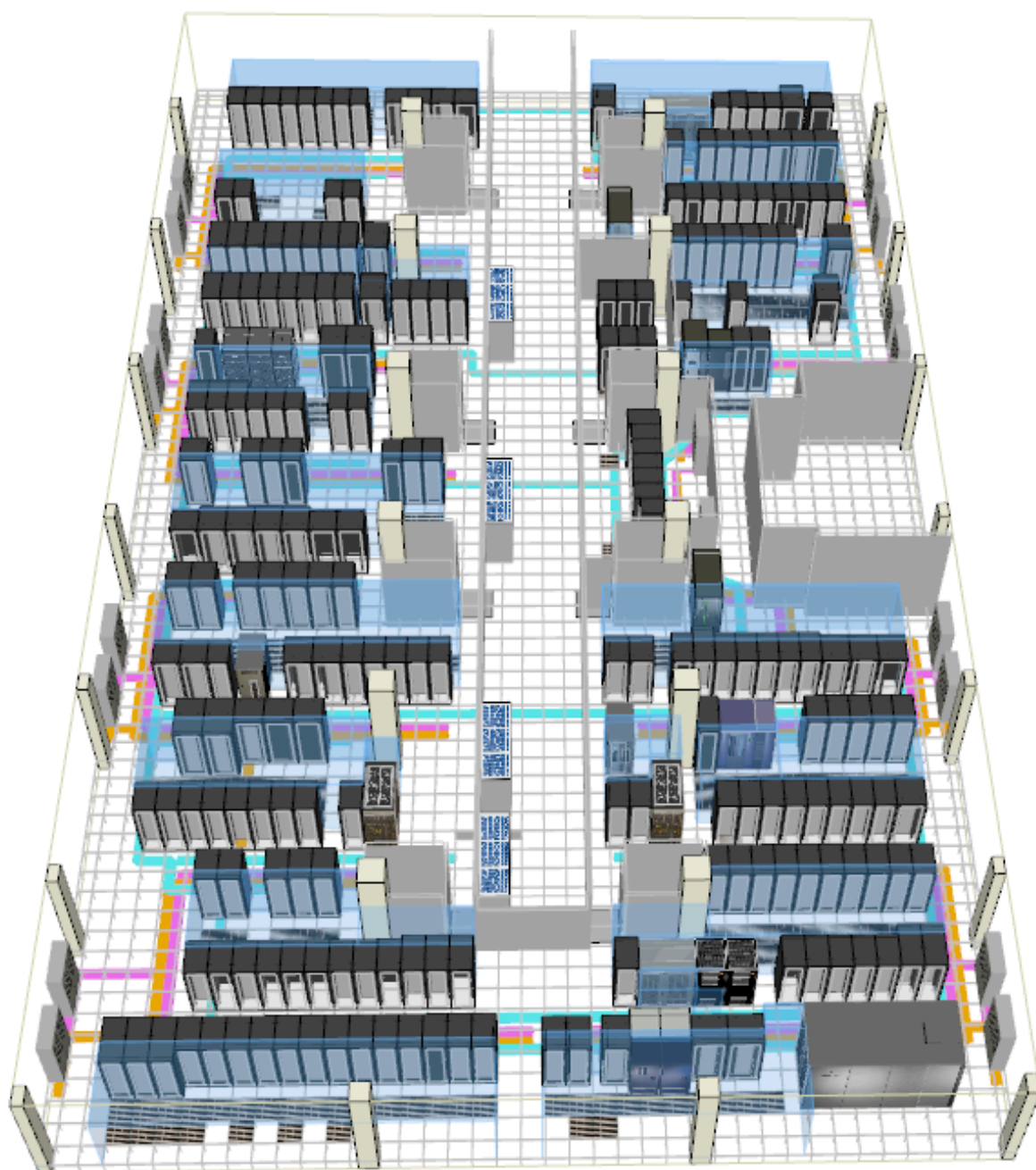
Toutes les allées froides sont confinées à l'aide de solutions souples afin de bloquer les recirculations d'air chaud vues dans les deux cas précédents.

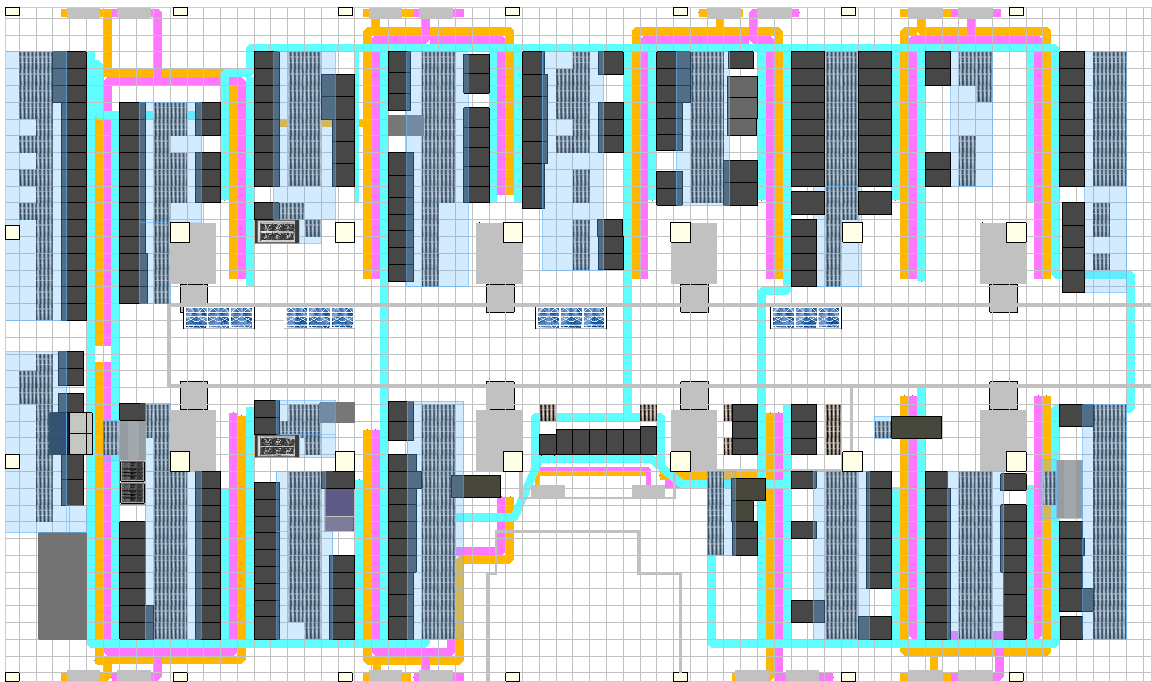
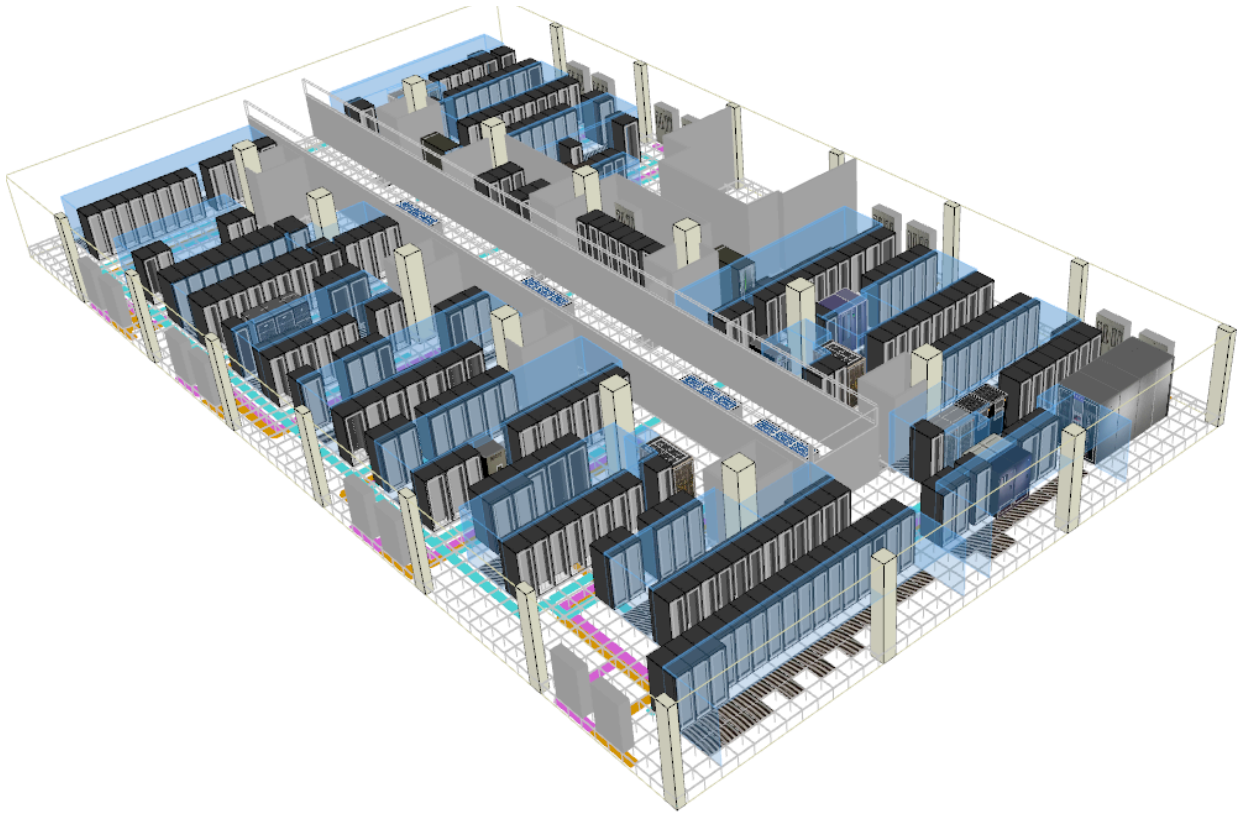
Le nombre de dalles perforées est augmentée (348 dalles) de cette manière le débit en air frais augmente dans les allées ce qui augmente l'approvisionnement en air frais des serveurs.

L'intégralité des U inoccupés dans les baies sont obturés pour garantir l'étanchéité des baies.

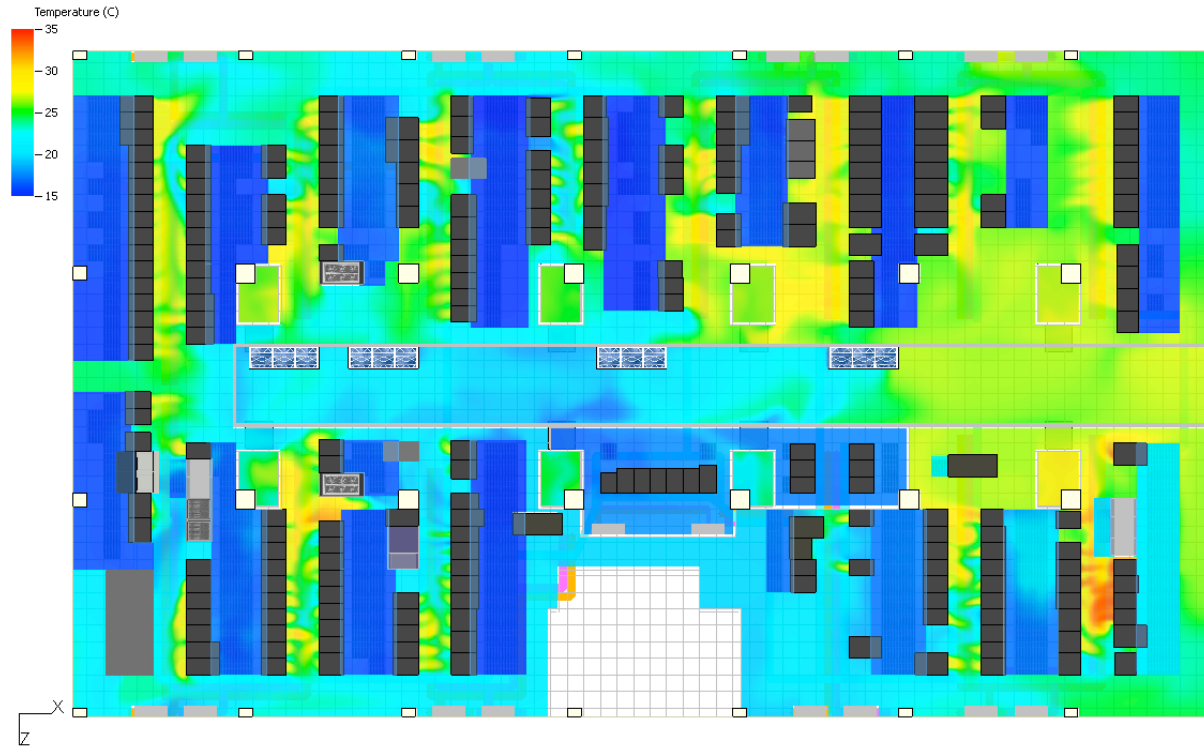
Vue de la salle confinée :



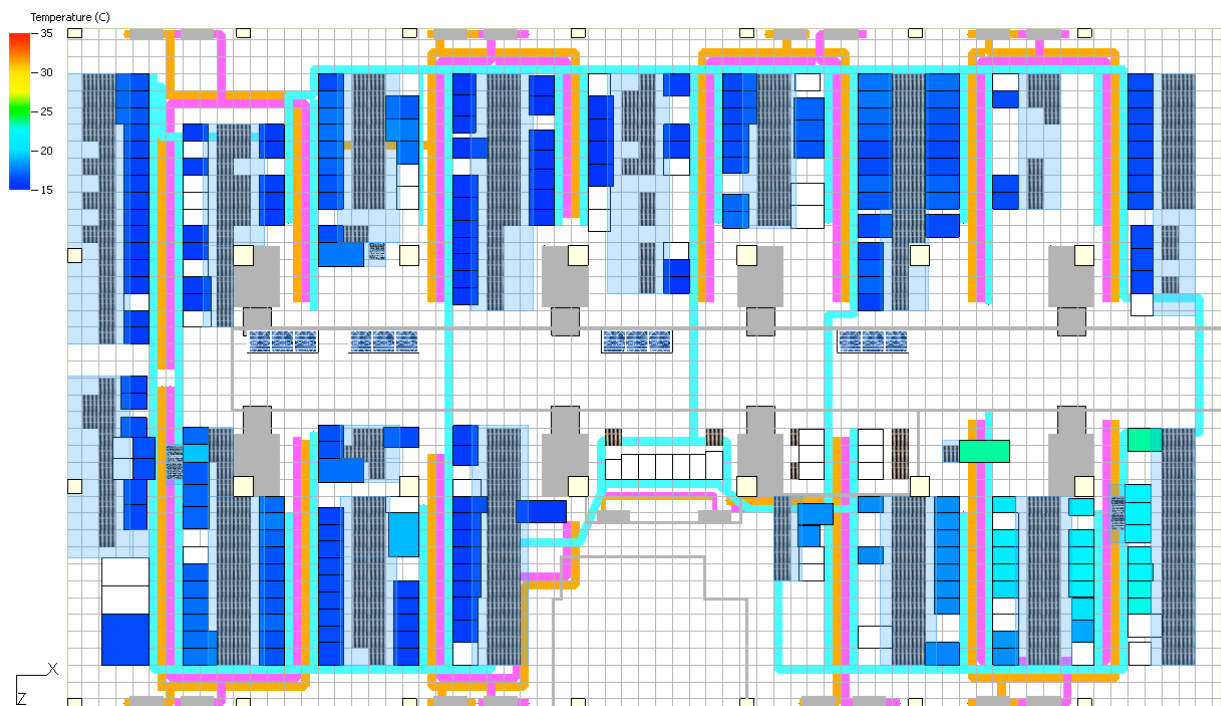




Coupe de température à 1,5m du faux plancher (optimisation b).



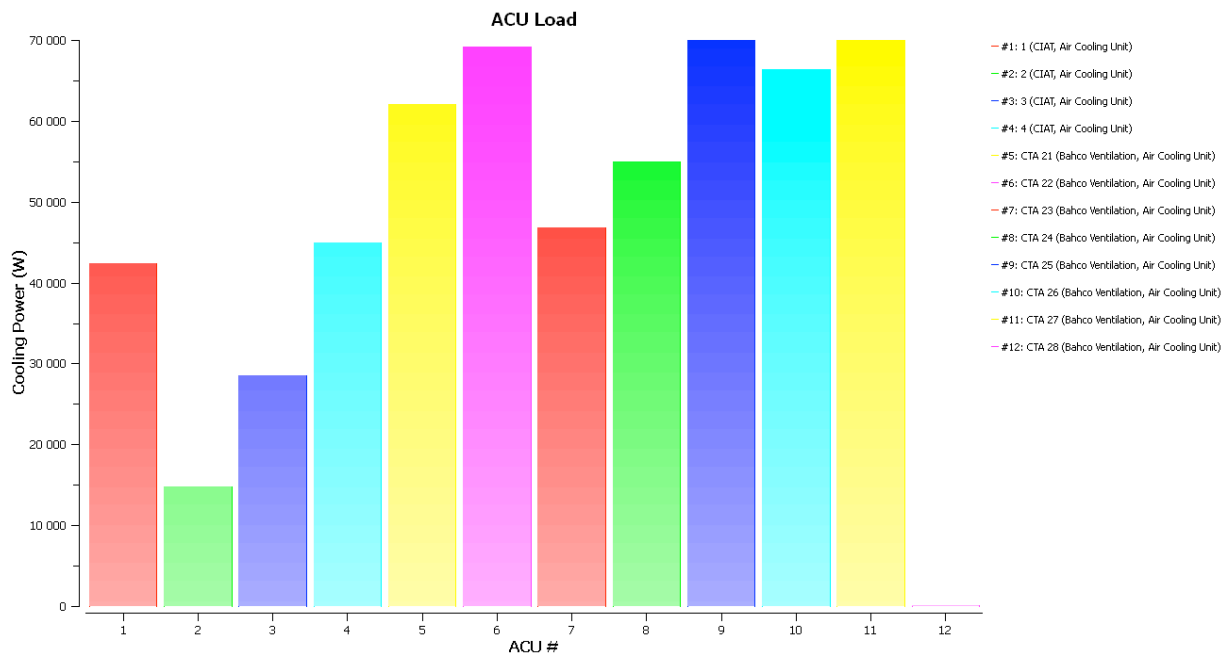
Vue des températures moyennes aux entrées d'air :



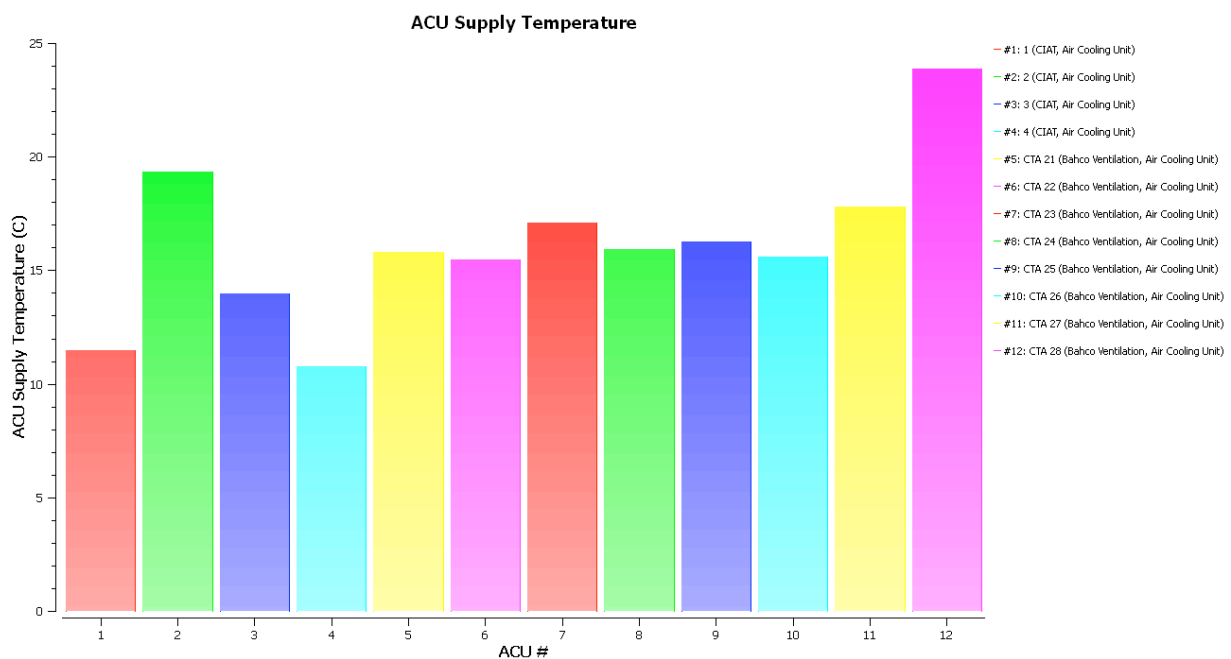
Les températures d'air des entrées de toutes les baies n'excèdent pas les 20° sauf dans la zone en bas à gauche de la salle. Le confinement engendre comme on le voit une augmentation du nombre de dalles perforées. La distribution d'air est parfaite, on observe une diminution de la température en sortie de machine.

En ce qui concerne l'élévation de température de la zone en bas à droite de la salle il est dû à la régulation en reprise et au déport des soufflages par rapport aux reprise.

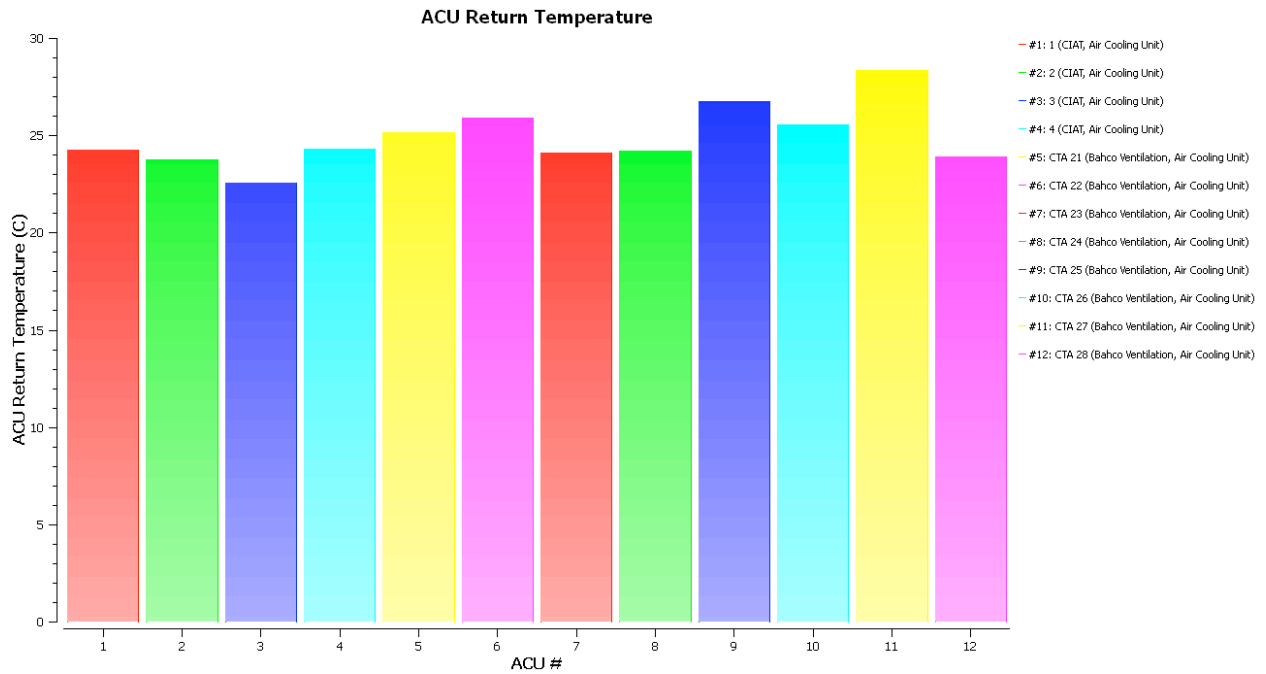
En effet la CTA 2.8 refroidi la zone en bas à droite mais sa reprise se situe dans la zone centrale basse de la salle, zone peut chargée. De ce faite la sonde de température à la reprise détecte des températures qui ne reflète pas la réalité de la zone ou le soufflage agit. Par conséquent la climatisation n'est pas chargée et souffle de l'air à 24°. L'effet inverse se produit sur la CTA 2.7 qui reçoit de l'air chaud en reprise et souffle de l'air froid qui va être directement récupéré par la CTA 2.8.



Cette vue nous confirme le fait que la CTA 2.8 n'est absolument pas chargée

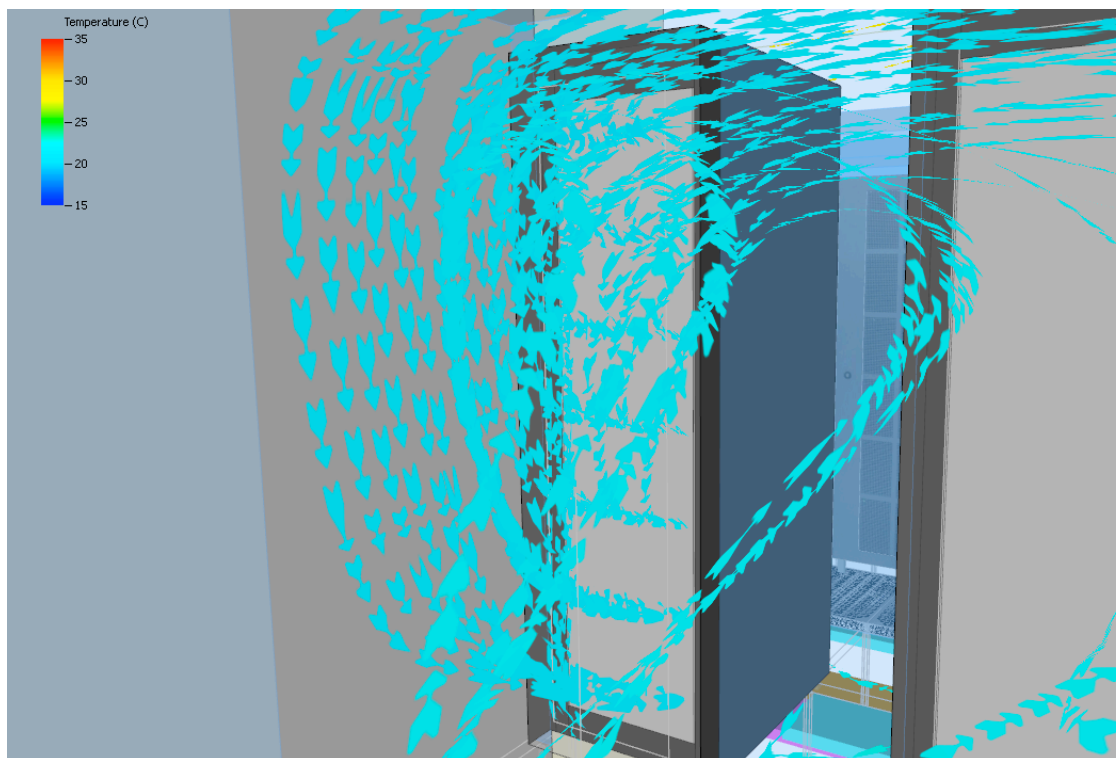
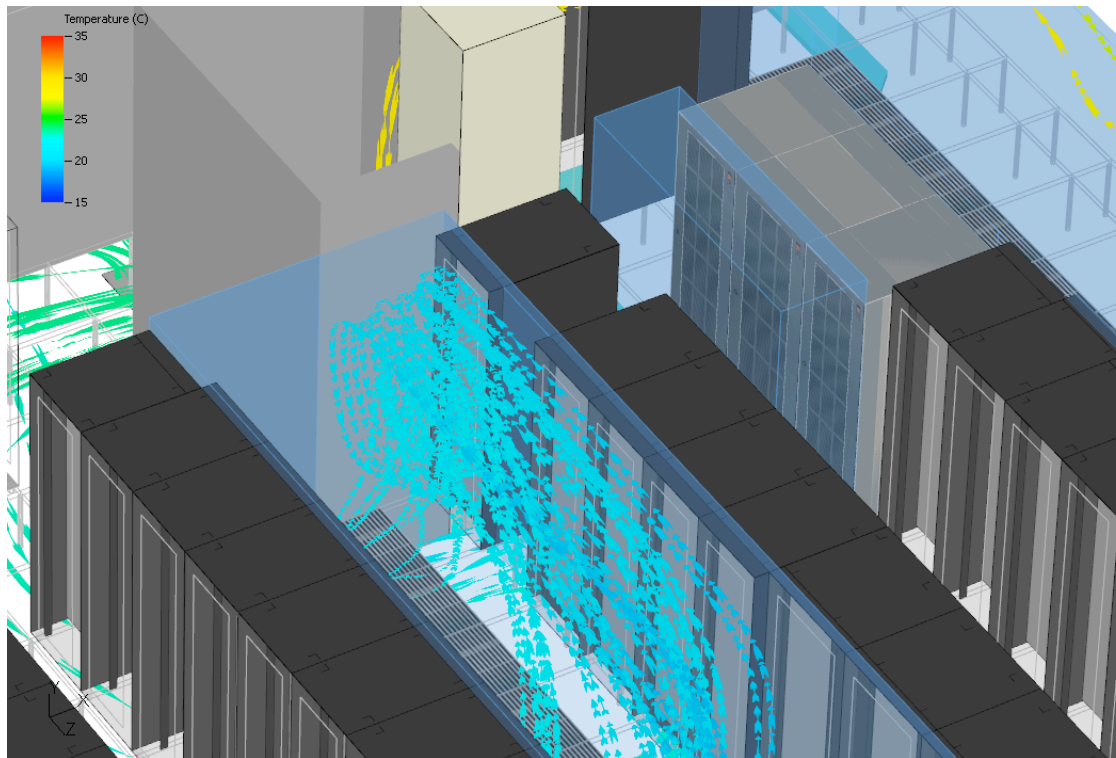


Ici on remarque que la CTA 2.8 souffle de l'air à 24° du fait qu'elle n'est pas chargée.



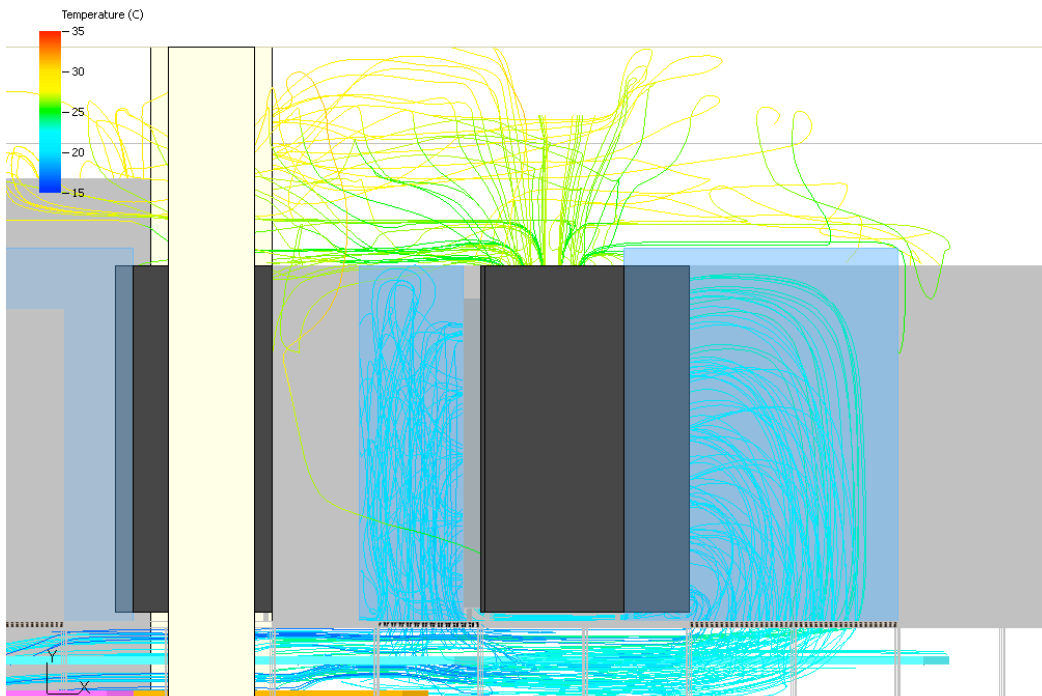
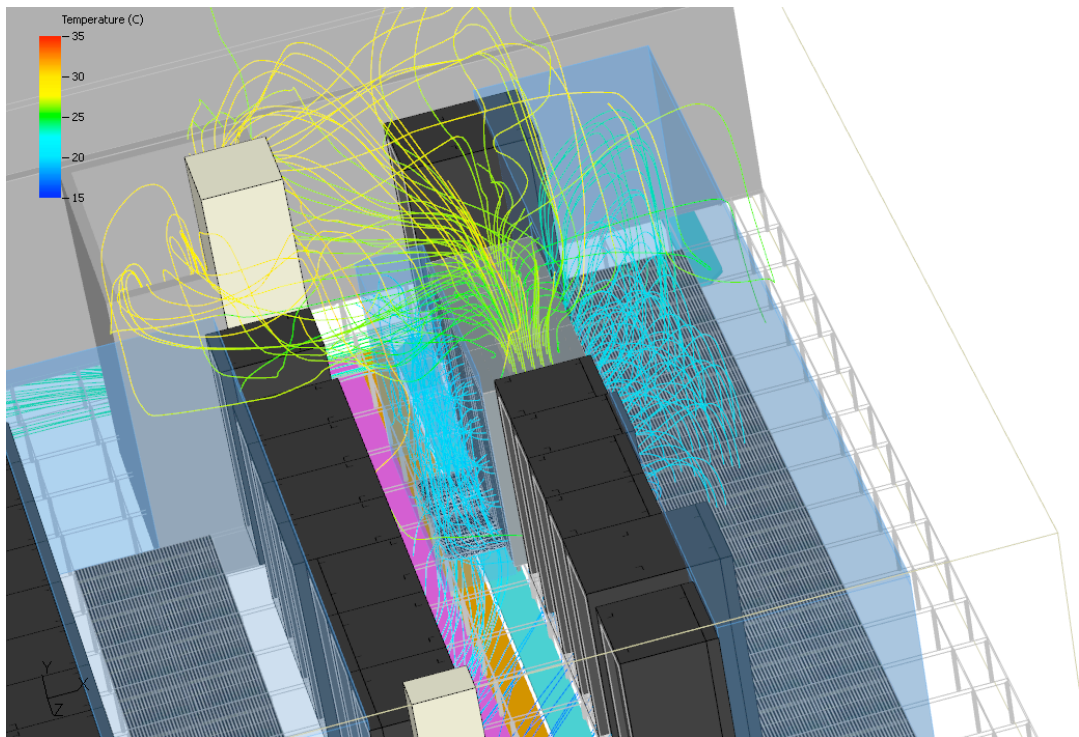
Ce dernier graphe montre la raison pour lequel la CTA 2.8 n'est pas chargée ceci est du à la température de reprise de 24° ce qui est inférieur à la consigne.

Vues de l'effet des confinements observés sur une baie :



Il n'y a plus aucune contamination de l'arrivée d'air par de l'air chaud. L'allée confinée est une vraie prolongation du faux plancher. On voit en effet que l'air frais provient de toute l'allée et plus seulement de la grille situé devant la baie.

Exemple de baie particulière avec refroidissement en face avant/arrière :



Le confinement permet d'avoir un air 20° aux entrées d'air, il n'y a plus de points chauds. L'air en sortie est compris entre 25° et 30°, de plus les confinements éliminent le phénomène de recirculation.

OPTIMISATION 3

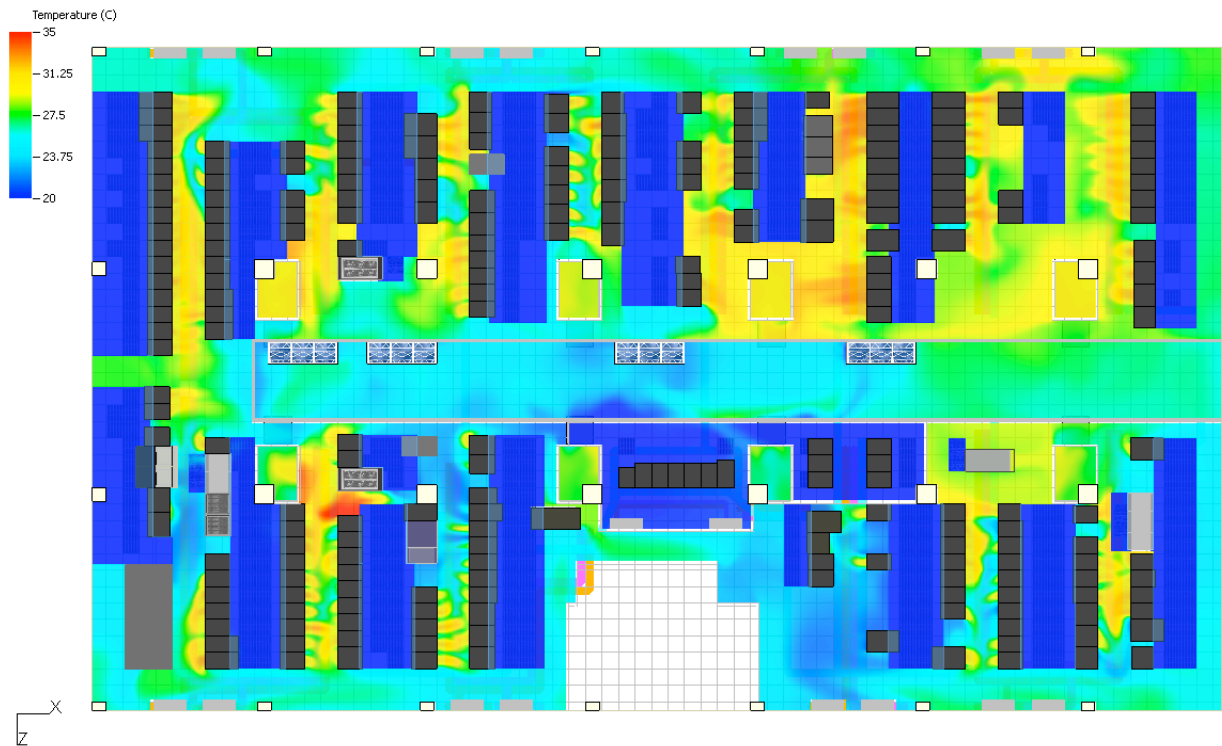
La régulation se fait au soufflage pour éviter le problème de conflit entre les CTA. La consigne de températures est définie à 20° pour cette simulation.

Toutes les allées froides sont confinées à l'aide de solutions souples afin de bloquer les recirculations d'air chaud vues dans les deux cas précédents.

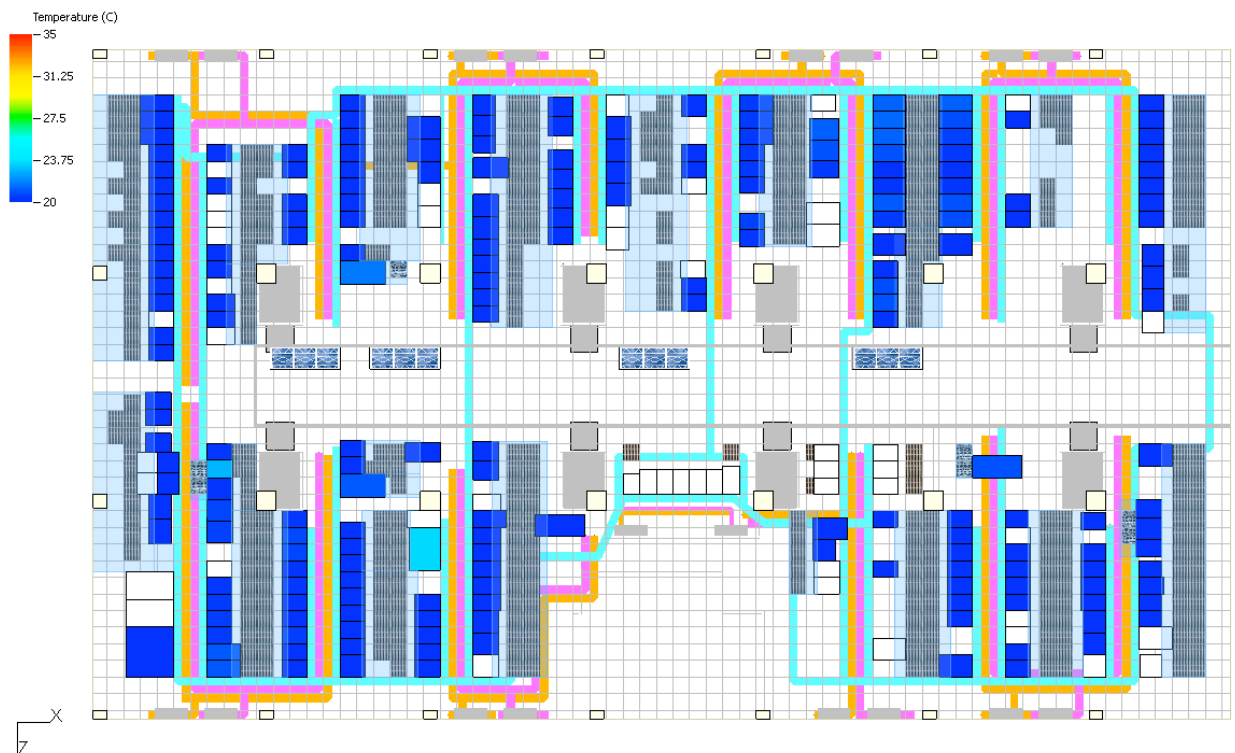
Le nombre de dalles perforées est augmentée (348 dalles) de cette manière le débit en air frais augmente dans les allées ce qui garantit un approvisionnement autorégulé en air frais des serveurs.

L'intégralité des U inoccupés dans les baies sont obturés pour garantir l'étanchéité des baies en complément du confinement des travées.

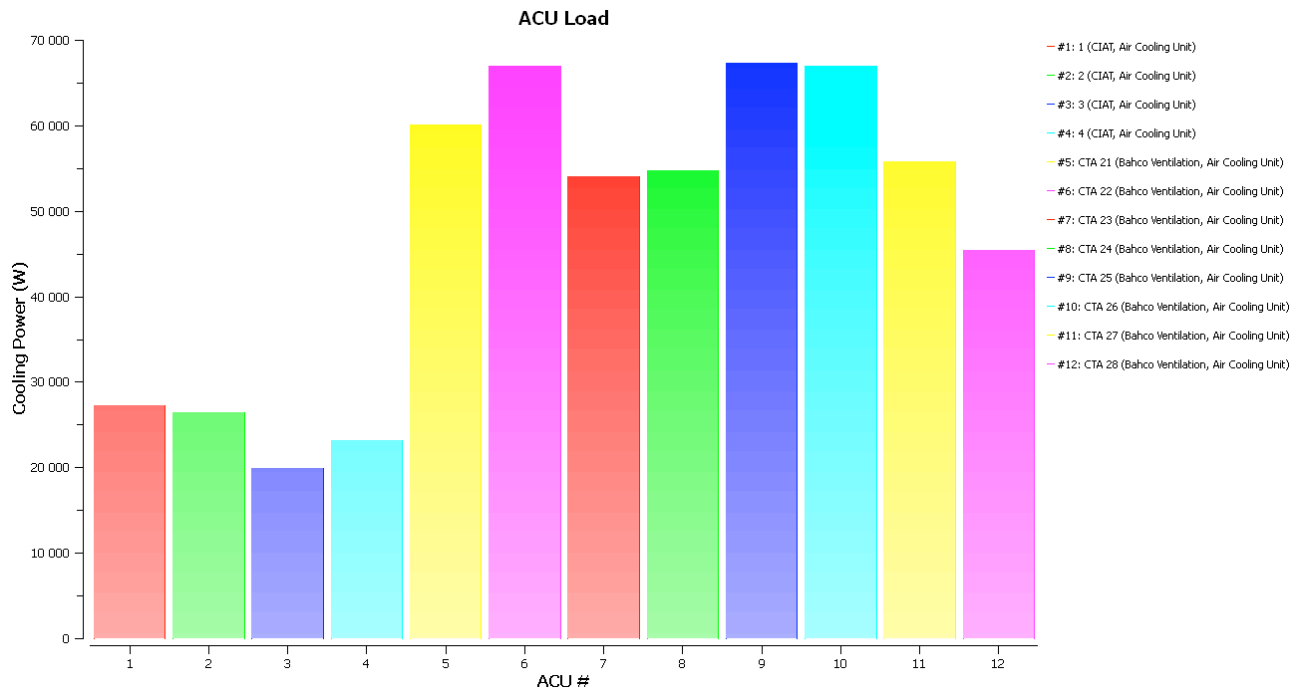
Coupe de température à 1,5m du faux plancher (optimisation 3).



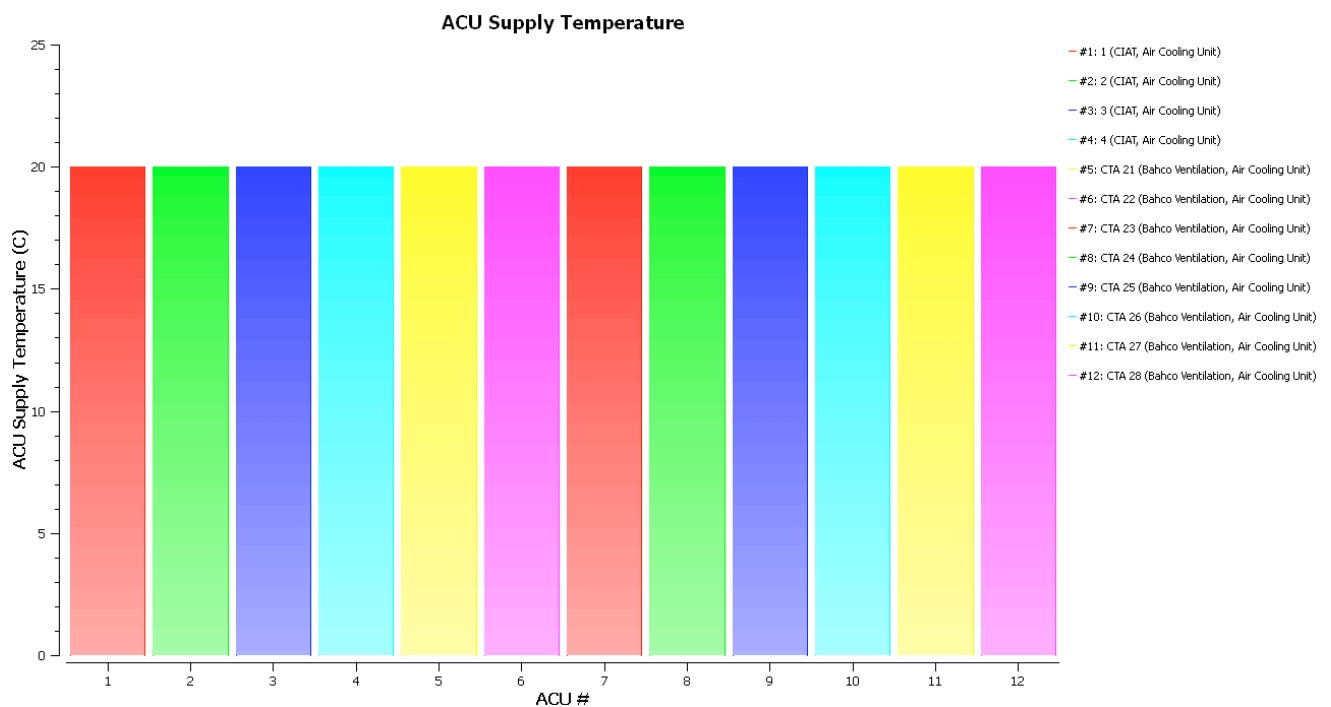
Vue des températures moyennes aux entrées d'air :



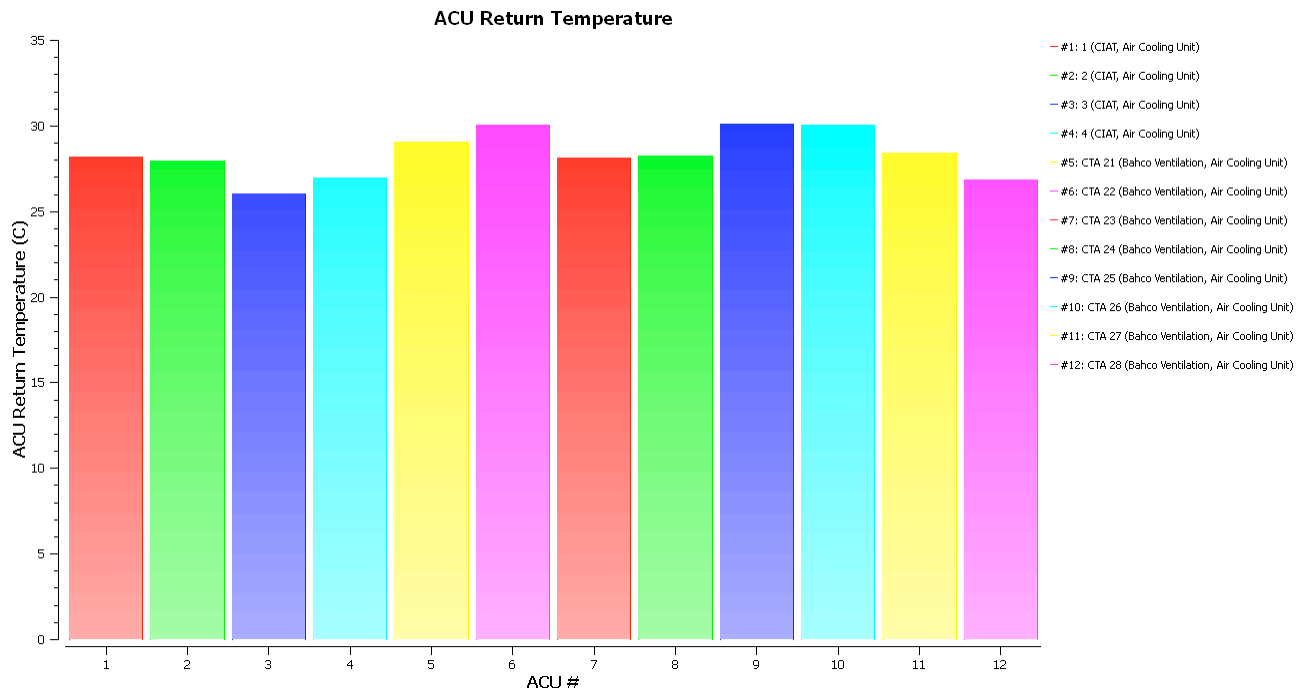
La distribution d'air est parfaite, toutes les allées froides sont à 20°. Il n'y a plus de conflit entre les CTA.



La charge des différentes CTA et armoire de clim est bien plus homogène de 43 à 96% de leur capacités frigorifique contre 0 à 100% précédemment.



La température de soufflage est la même en sortie de chaque CTA et armoire de clim. Ceci permet de fournir tous les équipements avec un air à la même température.



En soufflant à 20° les températures de reprise sont plus élevées et beaucoup plus homogènes. Le delta T maxi entre le soufflage et la reprise ne dépasse pas les 10° indiquant une capacité en froid encore disponible, et dans ces conditions de fonctionnement, a tout endroit de la salle.

Bilan aeraulique et thermique

BILAN DES PUISSANCES ET DES TEMPERATURES DE REPRISE/SOUFFLAGE DES CTA ET ACU (ETAT INITIAL)						
Manufacturer	Unique ID	Normal Flow (m3/s)	Net Sensible Cooling (kW)	Cooling Power initial (kW)	Mean Temperature In initial (°C)	Mean Temperature Out initial (°C)
Bahco Ventilation	CTA 21	20000	70	61,8	25,15	15,85
Bahco Ventilation	CTA 22	20000	70	69,17	25,9	15,48
Bahco Ventilation	CTA 23	20000	70	50,3	24,65	17,08
Bahco Ventilation	CTA 24	20000	70	58,65	24,62	15,8
Bahco Ventilation	CTA 25	20000	70	70,06	28,85	18,31
Bahco Ventilation	CTA 26	20000	70	70,05	28,92	18,38
Bahco Ventilation	CTA 27	20000	70	70	31,29	20,75
Bahco Ventilation	CTA 28	20000	70	3,15	24,43	23,96
CIAT	1	10000	46	36,65	25,91	14,88
CIAT	2	10000	46	6,08	23,74	21,91
CIAT	3	10000	46	33,06	23,94	13,99
CIAT	4	10000	46	37,31	27,88	16,65
		TOTAL :	744	566,28		

BILAN DES PUISSANCES ET DES TEMPERATURES DE REPRISE/SOUFFLAGE DES CTA ET ACU (OPTIMISATION 1)						
Manufacturer	Unique ID	Normal Flow (m3/s)	Net Sensible Cooling (kW)	Cooling Power (kW) opti 1	Mean Temperature In opti 1 (°C)	Mean Temperature Out opti 1 (°C)
Bahco Ventilation	CTA 21	20000	70	62,11	25,16	15,82
Bahco Ventilation	CTA 22	20000	70	69,22	25,9	15,48
Bahco Ventilation	CTA 23	20000	70	46,85	24,13	17,08
Bahco Ventilation	CTA 24	20000	70	54,93	24,22	15,95
Bahco Ventilation	CTA 25	20000	70	69,97	26,78	16,25
Bahco Ventilation	CTA 26	20000	70	66,38	25,58	15,59
Bahco Ventilation	CTA 27	20000	70	69,95	28,33	17,8
Bahco Ventilation	CTA 28	20000	70	0,162	23,92	23,89
CIAT	1	10000	46	42,43	24,25	11,47
CIAT	2	10000	46	14,81	23,78	19,33
CIAT	3	10000	46	28,51	22,54	13,96
CIAT	4	10000	46	44,99	24,3	10,76
		TOTAL :	744	570,312		

BILAN DES PUISSANCES ET DES TEMPERATURES DE REPRISE/SOUFFLAGE DES CTA ET ACU (OPTIMISATION 2)						
Manufacturer	Unique ID	Normal Flow (m3/s)	Net Sensible Cooling (kW)	Cooling Power (kW) opti 2	Mean Temperature In opti 2 (°C)	Mean Temperature Out opti 2 (°C)
Bahco Ventilation	CTA 21	20000	70	62,11	25,16	15,82
Bahco Ventilation	CTA 22	20000	70	69,22	25,9	15,48
Bahco Ventilation	CTA 23	20000	70	46,85	24,13	17,08
Bahco Ventilation	CTA 24	20000	70	54,93	24,22	15,95
Bahco Ventilation	CTA 25	20000	70	69,97	26,78	16,25
Bahco Ventilation	CTA 26	20000	70	66,38	25,58	15,59
Bahco Ventilation	CTA 27	20000	70	69,95	28,33	17,8
Bahco Ventilation	CTA 28	20000	70	0,162	23,92	23,89
CIAT	1	10000	46	42,43	24,25	11,47
CIAT	2	10000	46	14,81	23,78	19,33
CIAT	3	10000	46	28,51	22,54	13,96
CIAT	4	10000	46	44,99	24,3	10,76
		TOTAL :	744	570,312		

BILAN DES PUISSANCES ET DES TEMPERATURES DE REPRISE/SOUFFLAGE DES CTA ET ACU (OPTIMISATION 3)						
Manufacturer	Unique ID	Normal Flow (m3/s)	Net Sensible Cooling (kW)	Cooling Power (kW) opti 3	Mean Temperature In opti 3 (°C)	Mean Temperature Out opti 3 (°C)
Bahco Ventilation	CTA 21	20000	70	60,09	29,04	20
Bahco Ventilation	CTA 22	20000	70	66,92	30,07	20
Bahco Ventilation	CTA 23	20000	70	54,09	28,14	20
Bahco Ventilation	CTA 24	20000	70	54,72	28,24	20
Bahco Ventilation	CTA 25	20000	70	67,35	30,14	20
Bahco Ventilation	CTA 26	20000	70	66,92	30,07	20
Bahco Ventilation	CTA 27	20000	70	55,8	28,4	20
Bahco Ventilation	CTA 28	20000	70	45,45	26,84	20
CIAT	1	10000	46	27,26	28,21	20
CIAT	2	10000	46	26,41	27,95	20
CIAT	3	10000	46	19,95	26,01	20
CIAT	4	10000	46	23,17	26,97	20
		TOTAL :	744	568,13		

On remarque dans tous les cas qu'il reste de la puissance frigorifique disponible. La salle peut être montée en puissance avec confinement obligatoire.

Sinon à sa puissance actuelle, la salle a les moyens pour fonctionner en mode dégradé en N+1 avec une CTA arrêtée mais toute augmentation de capacité devra être traitée avec précaution à cause du débit d'air un peu limite en N-1 à puissance actuelle.

Conclusion / Recommendations

Cette étude montre que la création des alignement en allées Chaudes et Froides est une des contraintes techniques pour un bon refroidissement des équipements informatiques, mais n'est pas une condition unique et suffisante pour garantir un bon refroidissement de ces équipements informatiques.

En l'état l'environnement actuel n'est absolument pas stable et de qualité suffisante pour un refroidissement sans risques d'exploitation. Les déséquilibres de fonctionnement des CTA sont importants. Les températures maxi d'entrée d'air de certains équipements informatiques dépassent les 40° localement. Outre un arrêt possible sur haute température, la durée de vie de ces équipements en est fortement réduite.

L'optimisation 1 apporte certe des effets bénéfiques forts sans pour cela corriger la totalité des problèmes de refroidissement. Il reste des problèmes de point chaud sur la zone basse, droite de la salle, pour établir des températures conformes aux attendus.

L'optimisation 2 par un confinement total des travées, permet la réduction des températures avec une homogénéité de qualité dans la salle. Par contre il existe une instabilité de fonctionnement par un non équilibrage des puissances sur les CTA.

La solution la plus performante est l'optimisation 3. En complément d'un confinement de qualité, le changement du mode de régulation des CTAs apporte un équilibrage total des températures. Cette régulation au soufflage établit une température de 18-20°C constante sur toutes les machines et élimine les interactions nocives entre CTA, interactions observées lors de ces études.

L'optimisation 3 permet des gains en capacité frigorifique de l'ordre de 15 %. Cette optimisation apporte aussi des gains énergétiques sur la consommation électrique de la production frigorifique de l'ordre de 10% par une augmentation des Delta T au sein des CTA. Ces gains pourraient justifier les investissements requis pour le confinement et les modifications de la régulation.

Fin du Document