UTILISATION D'OUTILS DE SIMULATIONS DYNAMIQUES POUR L'OPTIMISATION DES PERFORMANCES D'UN BATIMENTS EN CLIMAT TROPICAL

Franck Lucas, Laetitia Adelard, Frédéric Miranville, François Garde, Harry Boyer
Laboratoire de Physique du Bâtiment et des Systèmes
Université de La Réunion
Saint Pierre, Ile de La Réunion, France.

RESUME

Lors de la construction d'un nouveau bâtiment, en phase d'avant projet, une procédure d'optimisation permet d'obtenir des améliorations sensibles des performances énergétiques. Dans le cadre d'une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage, une étude complète sur une médiathèque située en climat tropical humide montre que le confort, la consommation énergétique et la salubrité du bâtiment peuvent être amélioré grâce à l'utilisation d'outils de simulations dynamiques. Ces outils, un code de simulation dynamique, un générateur de séquences climatiques spécifiques et un logiciel d'évaluation des indices de confort, permettent d'évaluer précisément l'impact des améliorations envisagées. L'étude, basée sur une méthode d'optimisation itérative, propose un ensemble cohérent de solutions passives améliorant la gestion des énergies mais aussi les conditions de confort. Cet article traite ainsi des caractéristiques de l'enveloppe, de l'influence du taux de ventilation, de la disposition de protections solaires et de l'utilisation de systèmes de conditionnement d'air suivant différents scenarii.

INTRODUCTION

L'optimisation de la conception des bâtiments est de nos jours indispensable compte tenu des contraintes économique, énergétiques et écologiques s'appliquant au cours d'un projet de construction. Un tel projet voit de nombreux intérêts contradictoires s'affronter. Les différents intervenant ayant des contraintes financières fortes, l'arbitrage de la maîtrise d'oeuvre est nécessaire lors de la phase de réalisation, pour faire respecter les attentes du maître d'ouvrage. En revanche, en phase d'avant projet, le maître d'ouvrage négocie principalement avec le maître d'œuvre confronté lui-même à ses propres contraintes financières. En conséquence, le temps consacré à la recherche de solutions de conception optimum est souvent réduit et les méthodes employées empiriques. Dans cette phase cruciale ou des choix de conception essentiels sont fait, il est important de disposer d'outils d'aide à la décision qui puissent être mis en œuvre simplement et qui apportent des réponses précises. Actuellement, les outils disponibles sont de plusieurs niveaux de complexité, allant des règles expertes regroupant des prescriptions simples sur différents supports, aux outils de simulations dynamiques incluant des algorithmes d'optimisation. Parmi ces outils, un grand nombre n'est pas utilisable par un maître d'œuvre car incompatibles avec les contraintes de celui-ci. Comme le souligne Garde (Garde-Bentaleb et al., 2002) les bureaux d'études sont souvent à la recherche d'outils simples d'apprentissage, permettant une description rapide du projet et nécessitant des données numériques facilement disponibles. Les règles expertes ne peuvent pas tenir compte des spécificités du projet et sont souvent élaborées à l'échelle d'une région (Garde et al. 1998). Les logiciels d'optimisation de coût financier, énergétique ou environnemental nécessitent souvent des données indisponibles en phase avant projet. Entre ces deux méthodes, l'utilisation d'outils de simulations simples combinés à l'expertise du concepteur permet de mener une démarche d'optimisation.

De nombreuses recherches ont été menées récemment sur les méthodes d'optimisation de la conception des bâtiments. Il est possible de distinguer deux méthodes d'optimisation :

- Les méthodes d'optimisation par essais / erreurs s'appuient sur des outils de simulations et/ou sur l'expertise du concepteur (Collet da Graça et al. 2005). Celui-ci décide de la meilleure option possible en utilisant son expérience. Ce sont des méthodes itératives qui nécessitent un investissement en temps important. Elles permettent cependant d'obtenir des améliorations à des problèmes ciblés et de quantifier ces améliorations. Par ces méthodes, il est difficile de prendre en compte un grand nombre de paramètres et seule l'expertise du concepteur permet de gérer les contradictions entre les différents objectifs.
- Les méthodes s'appuyant sur les outils mathématiques d'optimisation (Gero et al., 983), (Wetter, 2004) ou des algorithmes génétiques (Coley, 2001), (Radford, 80), (Wang et al., 2004), (Wright et al., 2002). En aval de la phase de simulation, le concepteur utilise les

algorithmes d'optimisation pour définir la solution la plus judicieuse. Cette approche globale permet de tenir compte de contraintes contradictoires et d'identifier une solution optimum assurant un ou plusieurs objectifs. Cette solution peut tenir compte d'aspect énergétique et financier (Wright et al. 2002), (Peippo et al. 98) d'aspect confort et énergétique (Choudhary 2004) ou d'aspect écologique et financier (Wang et al. 2004), (Wang et al. 2005).

Il est cependant important de noter qu'en amont de ces deux méthodes des outils de simulations dynamiques sont nécessaires et, que d'autre part, des procédures simples d'optimisation peuvent être menées à partir d'outils de modélisation. Cette démarche, utilisée au cours de cette étude, s'accorde bien avec la mission d'assistance à la maîtrise d'ouvrage proposé par un bureau d'étude technique. Les contraintes financières ne permettent pas aux bureaux d'étude de mener une réflexion globale et le maître d'œuvre est souvent en attente de réponses simples à des problèmes spécifiques. Dans ce cas, les méthodes itératives, combinant des outils de simulations dynamiques simples et une certaine expertise du comportement des bâtiments, aident le concepteur à proposer une amélioration significative de la performance du bâtiment en phase d'avant projet. Un exemple de cette démarche appliquée à un bâtiment tertiaire est proposé dans cet article.

DESCRIPTION DU PROJET

Le bâtiment concerné est une médiathèque destinée aux activités multimédia. L'étude est menée lors de la phase « avant projet descriptif » sur la base des plans fournis par l'architecte au maître d'oeuvre. Le bâtiment (Figure 8) comporte trois niveaux avec une architecture moderne basée sur l'utilisation de nombreuses façades vitrées. Il peut être divisé en deux parties : une zone administrative et un atrium. La zone administrative comporte les bureaux des gestionnaires du site, une salle de réunion, une salle informatique et des locaux de stockages. L'atrium est le lieu de réception du public avec les espaces de lectures et les zones multimédia. Au milieu de l'atrium, un patio de végétation tropical s'ouvre sur les trois niveaux du bâtiment. La médiathèque dispose, en outre, d'un auditorium et d'un atelier d'expression. Le bâtiment est situé dans une l'hémisphère sud en climat tropical humide à une altitude de 540m. Les conditions extérieures peuvent être qualifiées de chaudes en été et fraîches en hiver.

METHODES ET OUTILS DE SIMULATION

Afin d'évaluer la performance du bâtiment, plusieurs outils de simulations dynamiques sont nécessaires. Les séquences climatiques correspondant aux conditions météorologiques moyennes et extrêmes sont obtenues par un générateur spécifique aux climats chauds et humides appelé NewRunéole. Le bâtiment est modélisé à l'aide du logiciel de simulations dynamiques de bâtiment Codyrun, développé à l'université de La Réunion. Les résultats des simulations fournis par Codyrun sont soit utilisés directement (températures sèches, résultantes, humidité relatives, rayonnement solaires incident…) soit alimentent des modules d'analyse du confort en traçant les diagrammes ou en calculant des indices.

Le générateur de climat NewRuneole

NewRuneole (Adelard et al. 2000) est un générateur de climats. Il est utilisé dans cette étude pour générer des séquences climatiques été et hiver extrêmes. NewRunéole crée des modèles mathématiques et physiques à partir de données météorologiques existantes, et exploite ces modèles pour la génération de nouvelles données. Il faut, en premier, sélectionner des séquences de valeurs moyennes représentatives, courantes et extrêmes et comportant des informations sur les fréquences d'occurrence. Elles peuvent être choisies à l'aide de classifications statistiques. Les corrélations et les coefficients autorégressifs sont utilisés pour la modélisation de données horaires par réseaux de neurones. Les données artificielles sont générées par des chaînes de Markov suivant l'algorithme de la Figure 1 .

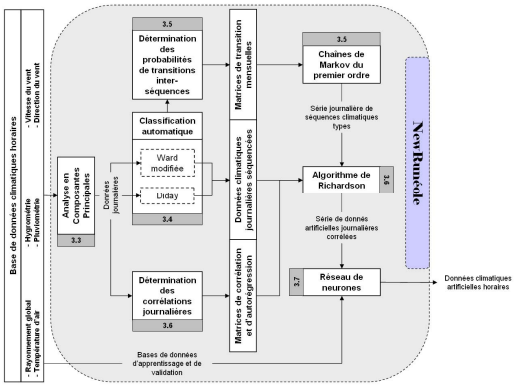


Figure 1: Algorithme de NewRuneole

Le logiciel de simulation thermique de bâtiment

Le logiciel Codyrun (Boyer 1998) permet la simulation thermo aéraulique de bâtiments multizones. Sous Windows, il permet de décrire le bâtiment étudié en le décomposant en éléments tels que zones thermiques, composants parois, etc. A partir d'un fichier de sollicitations météorologiques à pas de temps quelconque, il permet de connaître l'évolution temporelle des grandeurs physiques liées au bâtiment décrit (températures, flux, humidités, pressions, ...). Le logiciel étant multizone, le noyau de calcul évalue les paramètres thermiques, hydriques et aérauliques des différentes zones, de manière itérative. Le modèle aéraulique intégré

permet le calcul effectif des débits aérauliques, entres les différentes zones et avec l'extérieur. Basé sur un modèle en pression, il intègre les effets du vent, du tirage thermique ainsi que les grandes ouvertures.

Les modules d'analyse du confort

Le module confort développé a pour objectif d'évaluer les conditions de confort dans une ambiance donnée, à partir des paramètres (température d'air, température radiante moyenne, température résultante, l'humidité relative), déterminés par le code de simulation thermique de bâtiment Codyrun. La sortie peut être au choix, un ensemble de grandeurs représentatives du confort thermique, les indices de confort, ou un indicateur plus visuel, le diagramme de confort. Le module confort se présente sous la forme d'un programme autonome, développé à partir de l'environnement MATLAB. Les deux principales sorties utilisées dans cette étude sont les indices de confort et les diagrammes de confort.

Les indices de confort : Le calcul des indices de confort est effectué à l'aide d'un sous module exploitant en partie les calcul du logiciel Codyrun. Plusieurs indices de confort sont disponibles, le PMV, le PPD, le PMV* et le DISC. Ainsi, au départ des paramètres d'ambiance saisis, l'utilisateur obtient un ou l'ensemble des indices ci-dessus. De plus, il est possible d'utiliser des profils pour la vêture et la vitesse d'air dans l'ambiance, ce qui permet de se rapprocher de conditions réalistes pour l'évaluation des indices de confort. Compte tenu de l'altitude du site (540m) et des conditions climatiques extérieures et intérieures, l'indice de confort retenu pour l'étude du projet est l'indice PMV (Predicted Mean Vote) (Fanger 2002).

Le diagramme de confort de Givoni : Ce diagramme est lui aussi calculé à l'aide d'un sous module, dont les entrées sont issues des simulations dynamiques du bâtiment. Cet outil permet de faire apparaître sur un diagramme de l'air humide les points représentant les conditions de température et d'humidité. Trois zones sont représentées (Figure 2), elles correspondent aux conditions pour lesquelles le confort est obtenu si la vitesse de circulation de l'air sur les occupants est de 0, 0,5 et 1m/s.

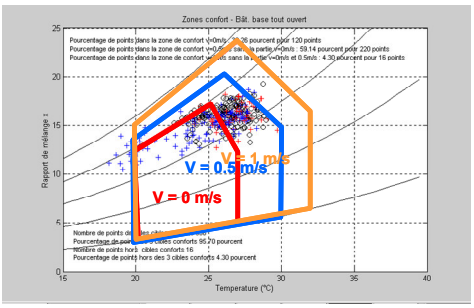


Figure 2. Diagramme de confort de Givoni

Méthodes et scenarii

La méthode utilisée est présentée dans l'organigramme de la Figure 3. L'enchaînement des étapes depuis l'évaluation du projet « à priori » jusqu'à la validation des solutions proposées doit permettre d'identifier les problèmes clefs du bâtiment et de définir les contraintes et les objectifs. La première étape d'analyse « à priori » permet de confronter les choix du maître d'œuvre aux attentes du maître d'ouvrage et met souvent en évidence un grand nombre de contradictions. Les principaux problèmes identifiés, dans cette étude, sont liés aux conditions de confort en été et en hiver. De plus, la présence d'un patio et de grandes surfaces vitrées fait craindre un fort risque de condensation sur l'enveloppe du bâtiment. La principale contrainte imposée par la maîtrise d'ouvrage est le respect du calendrier de la phase « avant projet descriptif ». L'étude complète doit donc être menée dans un délai de quelques semaines. Il existe aussi évidemment de fortes contraintes financières sur le coût de réalisation du projet qui a déjà été négocié sur la base de financement publics mais aussi sur le coût de fonctionnement qui doit être optimisé. Il s'agit donc principalement d'assurer le confort des occupants en limitant le recours aux systèmes de conditionnement d'air qui grèvent le budget global du projet.

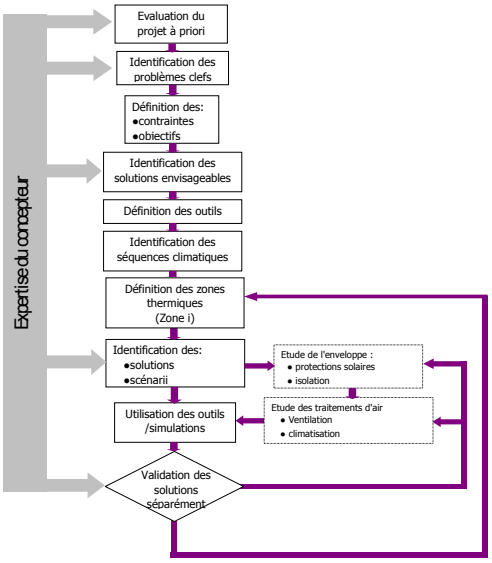


Figure 3. Méthode d'analyse du bâtiment

Après le choix des outils, expliqué plus haut, il convient d'identifier les différentes zones thermiques du bâtiment afin de proposer un traitement spécifique pour chacune d'elles. L'étude proposée se concentre principalement sur deux zones thermiques :

- La « zone administration » composée de bureaux, de salles de réunion et de stockages de documents.

- La « zone publique » destinée à accueillir les lecteurs.

Afin d'expliquer la méthodologie et compte tenu des contraintes, le nombre de solutions envisagées est réduits et concerne :

- Les caractéristiques de l'enveloppe.
- Les traitements de l'air.

Traitement de l'enveloppe

Cette partie a pour objectif d'optimiser la protection solaire des parois vitrées et l'isolation des parois opaques. Les protections solaires envisagées sont des joues latérales, des brises soleil de type persienne ou de type casquette et des stores vénitiens. Afin de limiter le coût des modifications envisagées seules les parois vitrées les plus exposées seront traitées. D'autre part certaines parois sont prévues sans isolation ou avec des épaisseurs réduites dans le projet initial, l'objectif est de déterminer s'il existe un intérêt d'isoler ces parois et d'évaluer l'épaisseur nécessaire. Les différents cas étudiés sont reportés dans la Table 3.

Table 1:
Protections solaires étudiées

	Casquette horizontale	**Store intérieur**	**Joue latérale**
Cas 1	Sans	Sans	Sans
Cas 2	80 cm	Sans	Sans
Cas 3	80 cm	Avec	Sans
Cas 4	80 cm	Avec	Avec
Cas 5	Infinie	Sans	Sans

Etude des traitements d'air

Plusieurs scenarii de traitement d'air sont étudiés en combinant les procédés suivants : ventilation naturelle (VN) des locaux, ventilation mécanique contrôlée (VMC), brasseurs d'air (BA), surventilation nocturne ou diurne (SVMC) et climatisation (AC). La ventilation naturelle est obtenue par ouvertures des fenêtres sur certaines périodes de la journée. La ventilation mécanique contrôlée correspond à un débit hygiénique de 18m^3/h par personne. Des brasseurs d'air plafonniers sont envisagés pour assurer une ventilation ponctuelle. La surventilation nocturne est assurée, par un débit de renouvellement d'air de 350m^3/h par personne. La surventilation diurne est dimensionnée pour évacuer les charges latente ou sensibles internes. Parallèlement, il est important d'étudier l'influence de l'éclairage artificiel (EA) et naturel (EN) sur les conditions intérieures afin de prévenir une éventuelle surchauffe due à l'augmentation des charges internes. Les tableaux suivants résument les stratégies envisagées pour l'étude des traitements d'air pour deux zones thermiques étudiées :

Table 2
Traitement zone administration

Sans climatisation

Cas	**Type**	**Débit**	**Profil**
1.1	VMC	18m^3/h/pers	0h à 24h
1.2	VMC + SVMC	18m^3/h/per 350m^3/h/pers	7h à 20h 20h à 7h
1.3	VMC + VN	18m^3/h/pers Par fenêtres	0h à 24h 15h à 17h
1.4	VMC + VN + SVMC	18m^3/h/pers Par fenêtres 350m^3/h/pers	7h à 20h 15h à 17h 20h à 7h

Avec climatisation ou brasseurs d'air

2.1	AC	-	0h à 24h
2.2	AC + EA	- -	13h à 17h 13h à 17h
2.3	AC+ VMC + SVMC+	- 18m^3/h/pers 350m^3/h/pers	13h à 17h 0h à 24h 20h à 7h
2.4	BA VMC + SVMC+	1h/jour 18m^3/h/pers 350m^3/h/pers	13h à 14h 0h à 24h 20h à 7h
2.5	BA VMC + SVMC+ EA	3h/jour 18m^3/h/pers 350m^3/h/pers -	13h à 16h 0h à 24h 20h à 7h 13h à 17h

Table 3:
Traitement zone publique

Cas	**Type**	**Débit total**	**Profil**
3.1	Aucun	-	-
3.2	VMC	9000m^3/h	7h à 20h
3.3	VMC	9000m^3/h	0h à 24h
3.4	SVMC	18000m^3/h	0h à 24h
3.5	SVMC	50 000m^3/h	0h à 24h

AC : Climatisation VMC : Ventilation mécanique contrôlée
BA : Brasseurs d'air SVNC : Surventilation
VN : Ventilation naturelle EA : Eclairage artificiel

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Etudes des protections solaires

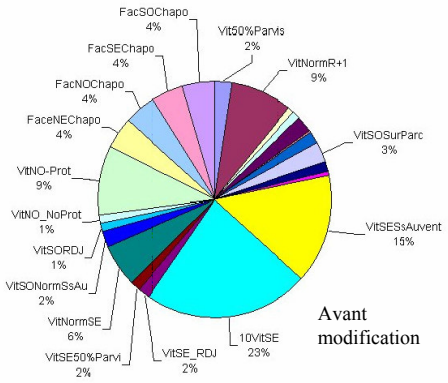
Différentes sorties sont utilisées pour l'interprétation des résultats. Les températures résultantes permettent de comparer et de quantifier l'intérêt des différentes configurations étudiées. L'évolution de la température résultante d'une salle de la zone administration et l'étude des valeurs moyennes et maximales données à la Table 4 montrent que la protection solaire par brise-soleil horizontaux permet de diminuer de 0,7°C cette température résultante dans les bureaux. De même, l'ajout de stores vénitiens intérieurs de couleur claire permet de gagner 1°C supplémentaire par rapport au cas précédent (avec casquette horizontale).

Table 4
Températures résultantes pour les protections solaires étudiées

	Moyenne des maxima	**maximum**
Cas 1	27,1	29,1
Cas 2	26,3	27,7
Cas 3	25,3	26,3
Cas 4	25	25,9

Cas 5	25,5	26,3

L'évolution du coefficient d'ensoleillement des vitrages pour l'été et l'hiver donnée à la Figure 9, montre que les joues verticales assurent aussi une protection efficace des baies. Le coefficient d'ensoleillement évalue le rapport entre la surface ensoleillée du vitrage et sa surface totale. Les joues verticales permettent de diminuer ce coefficient d'ensoleillement surtout en mars et retardent ainsi l'ensoleillement direct des vitrages de 2 h (16h00 au lieu de 14h00). De plus, elles permettent de baisser la température résultante intérieure de 0,3°C en été. En hiver, au mois de juin, l'absence de joues contribue à augmenter la température intérieure de 0,5°C, ce qui constitue un apport appréciable. En revanche en cette saison, la présence des joues limite fortement l'ensoleillement et l'intensité de l'éclairage naturel puisque le coefficient d'ensoleillement est nul. En hiver, les fenêtres sud ouest sont à l'ombre toute la journée. Les occupants doivent alors recourir à l'éclairage artificiel pour travailler. Afin de pouvoir faire varier l'ensoleillement en fonction de la saison il convient d'utiliser une protection solaire ajustable de type stores intérieurs permettant de moduler l'éclairage naturel. En hiver, les gains solaires gratuits doivent être exploités pour améliorer les conditions de confort thermique. En conclusion, la protection solaire optimum pour ce type de vitrage est de type brises soleil horizontaux couplée à des stores vénitiens de couleur claire.



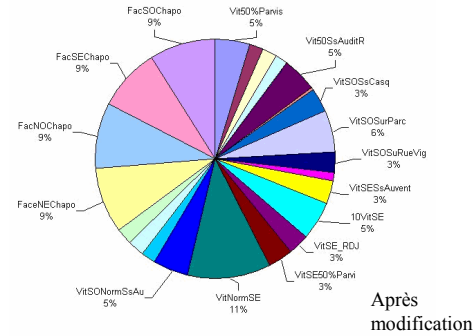


Figure 4. Répartition du rayonnement diffus sur les vitrages pour le mois de décembre avant et après modification

En été (Décembre), la répartition du flux solaire transmis par les vitrages est de 20% de direct et 80% de diffus. En hiver (Juin), elle est de 1/3 de direct et 2/3 de diffus. Il est, par conséquent, necessaire de diminuer prioritairement des apports solaires diffus. La Figure 4 propose la répartition du rayonnement diffus transmi par l'ensemble des vitrages de la zone publique. Ce flux radiatifs correspond à un apport énergétique de 38 000 kWh sur le mois de décembre. Ce graphique permet d'identifier 4 vitrages à traiter en priorité car responsable de 56% des apports radiatifs diffus. Pour diminuer l'ensoleillement dans cette zone, l'utilisation de stores déroulants intérieurs ou de rideaux est encore la meilleur solution. Ce type de protection permet de réduire la transmission du rayonnement, spécifiquement au travers des vitrages Est et Ouest sans modifier l'architecture du batiment. La solution stores intérieurs permet aussi aux usagers un meilleur contrôle du confort visuel (diminution du risque d'éblouissement, diffusion du rayonnement direct traversant, uniformisation de l'éclairage. Après modification l'énergie transmise à travers les vitrages pendant le mois est de 19 300 kWh, soit une diminution de 50%. Parallèlement, ce traitement des vitrages entraine une diminution de 12% des apports dus au rayonnement direct.

Etude des traitements d'air

Pour la zone administration, les deux meilleurs scénarii sont les cas 1.2 et 1.4, avec une baisse de la température résulante de plus de 4 degrés en début de journée grâce à la surventilation nocturne. En cours de journée, la température reste inférieure à 25°C jusqu'à 14h00 environ et monte jusqu'à 26.3°C pendant la période extrême. L'ouverture des fenêtres l'après midi fait baisser de 1°C de plus la température dans les bureaux. La température moyenne l'après-midi est proche de 25°C pendant tout le mois de la période chaude, ce qui est très satisfaisant. Le même résultat est constaté avec l'utilisation des diagrammes de confort (Figure 5). Les conditions de confort correspondant à une vitesse de circulation d'air de 0,5m/s sont atteintes pour les cas 1.2 et 1.4. Cette vitesse d'air peut être obtenue par un brasseur d'air en vitesse moyenne ou en ouvrant la fenêtre. Le meilleur résultat est obtenu pour le scénario 1.4. Dans tous les cas, si l'occupant souhaite laisser sa fenêtre fermée pour des raisons acoustiques, il peut être en condition de confort 100% du temps avec un brasseur d'air. L'évaluation de l'indice de confort PMV pour le cas 1.2 (Figure 6) en période d'été montre que les conditions de confort sont acceptables sans recourir à un système de climatisation. Il faut noter, que les valeurs négatives extrêmes de l'indice apparaissent pendant la nuit lorsque le bâtiment est inoccupé.

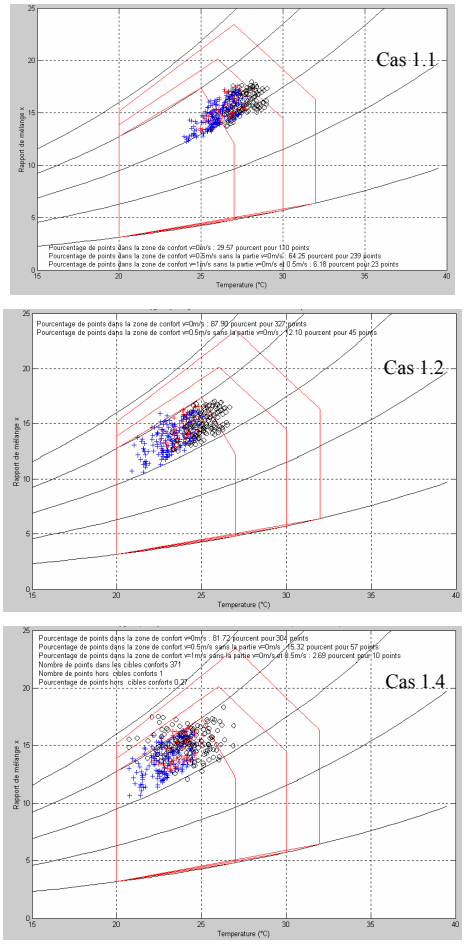


Figure 5: Diagrammes de confort - cas 1.1, 1.2 et 1.4

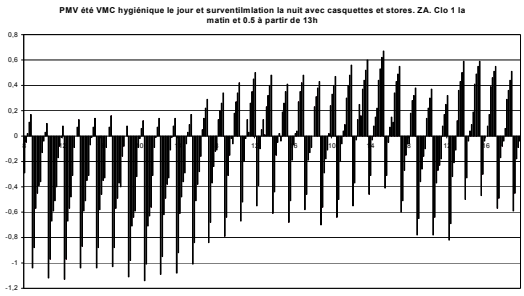


Figure 6: Evolution du PMV pour le cas 1.2.

Les cas 2.1 à 2.5 permettent d'évaluer les performances énergétiques des solutions s'appuyant sur la climatisation. La Table 5 donne la puissance frigorifique nécessaire, la consommation mensuelle liée à la climatisation et la consommation électrique totale. L'utilisation de l'éclairage artificiel seulement l'après midi augmente l'appel de puissance et la consommation électrique totale de plus de 35 % en moyenne en cas d'utilisation de la climatisation. Le recours à la surventilation nocturne permet de retarder l'utilisation de la climatisation et de diminuer notablement l'appel de puissance et la consommation énergétique sur une période mensuelle. Si l'on compare les cas 2.2 et 2.3, l'appel de puissance et la consommation énergétique ont chuté de 40 %. La meilleure solution énergétique reste évidemment le recours aux brasseurs d'air puisque pour un bureau, la consommation et l'appel de puissance sont 12 fois plus faibles par rapport à une solution de climatisation conventionnelle.

Table 5:

Puissance et consommation des cas 2.1 à 2.5.

cas	**P_{max} kW**	***Ratio W/m²***	**E_{frigo} kWh**	**$E_{élec\ tot}$ kWh**	***Ratio kWh/m²***
2.1	1.77	*33.75*	145.91	48.64	*0.93*
2.2	2.44	*46.52*	226.08	75.36	*1.44*
2.3	1.54	*29.36*	44.54	14.85	*0.28*
2.4	0.2	*3.8*	-	4	*0.076*
2.5	0.2	*3.8*	-	9.8	*0.18*

Pmax : Puissance frigorifique maximale
E frigo tot : Energie frigorifique mensuelle consommée
E élec tot : Energie électrique totale mensuelle consommée

Pour la zone publique, caractérisée par de nombreuses parois vitrées, prévenir la condensation est primordiale. Celle-ci apparaît généralement la nuit et le matin. Elle est due à une humidité relative ambiante élevée, à des échanges radiatifs important avec la voûte céleste et à l'utilisation de vitrages simples. L'objectif est donc de déterminer les améliorations des conditions de confort et des problèmes de condensation qu'il est possible d'obtenir en modulant le débit de ventilation dans la zone. La base de calcul est le débit volumique de renouvellement d'air hygiénique, évalué à 9 000 m3/h pour l'ensemble de la zone. Le risque de condensation sur les surfaces opaques ou vitrées apparaît principalement pendant la saison froide (mois de juin). La Figure 10 donne en ordonnée la durée d'apparition de la condensation en heures et en abscisse les différentes parois vitrées de la zone publique. Le cas 3.4 correspond à un débit de ventilation de 18 000 m^3/h permettant d'éviter complètement l'apparition de film de condensation sur les parois.

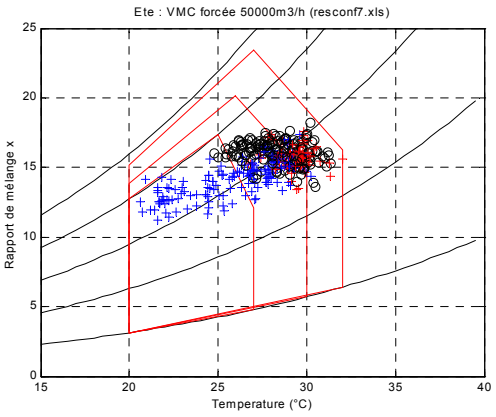


Figure 7. Diagramme de confort, zone publique, cas 3.5

L'étude du confort en période d'été grâce à l'évolution du PMV donnée à la Figure 11 montre qu'une surventilation de 18 000 m^3/h (cas 3.4) n'est pas suffisante pour évacuer les charges internes sensibles. En augmentant le débit à 50 000 m^3/h (cas 3.5), correspondant au débit maximum compte tenu de la dimension des tourelles d'extraction, le confort s'améliore en restant chaud. Le diagramme de confort pour le cas 3.5 (Figure 7) montre qu'une vitesse d'air de 1m/s assurée par des brasseurs plafonniers permet un confort relatif pendant les périodes extrêmes.

Les exemples présentés ci-dessus montrent qu'un certain nombre d'améliorations du bâtiment peuvent etre proposées à un maitre d'ouvrage pour assurer le confort des occupant en limitant le recours aux systèmes de climatisation .

CONCLUSION

Cette étude permet de proposer une optimisation de la conception du bâtiment en utilisant des outils simples de simulations dynamiques. La méthode itérative utilisée est non systématique mais s'appuie sur une nécessaire expertise du concepteur, afin de définir les pistes de solutions et d'en estimer la validité. Dans cette démarche, une description simplifiée du bâtiment est nécessaire. Elle s'appuie sur les données disponibles en phase avant projet. Le concepteur peut alors proposer des améliorations concernant de nombreux aspects de la conception. Dans cette étude, il est proposé une réflexion sur l'amélioration de l'enveloppe et les traitements de l'air. Il apparaît que sur certaines zones du bâtiment le recours à la climatisation peut être évité en combinant plusieurs prescriptions.

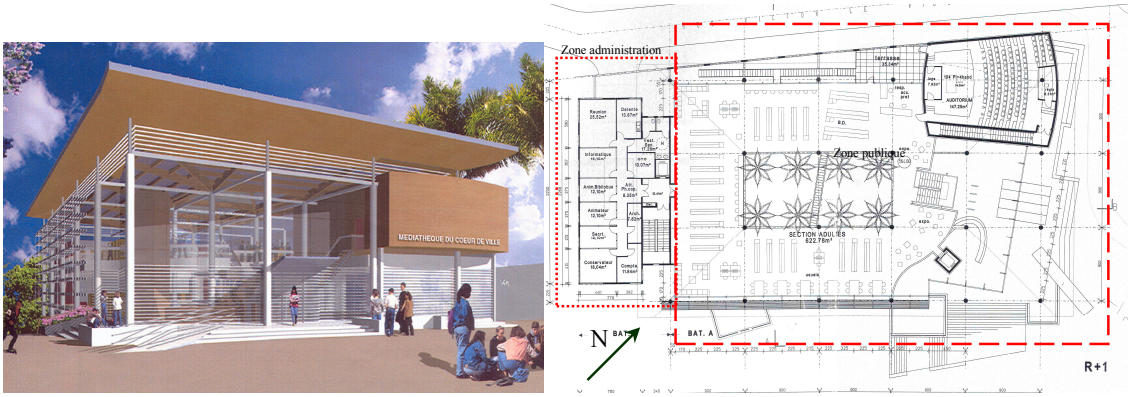


Figure 8: Bâtiment étudié : façade (Nord Est) et plan du niveau R+1

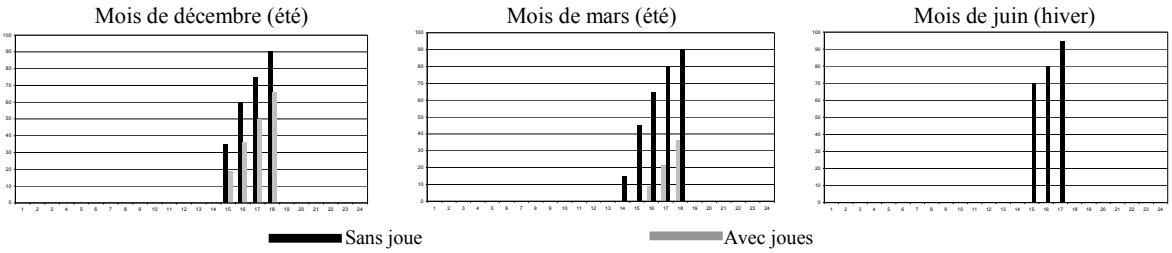


Figure 9. Evolution du coefficient d'ensoleillement d'un vitrage Sud Ouest pour décembre, mars et juin.

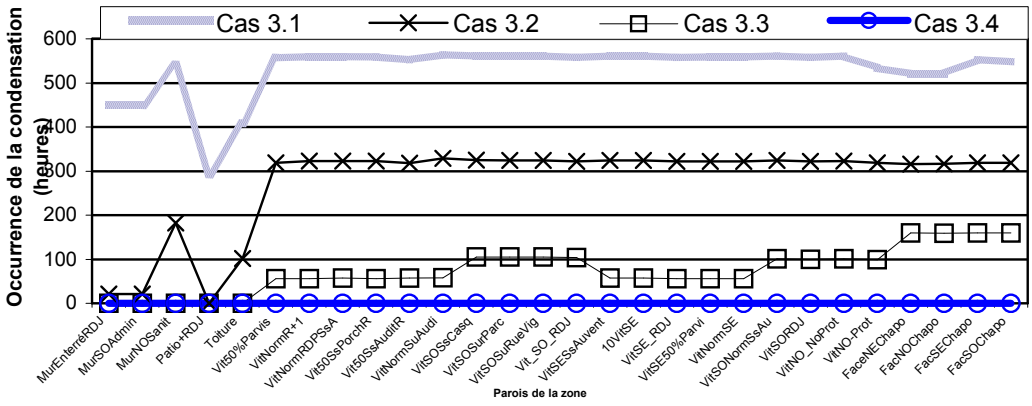


Figure 10: Occurrence de la condensation (en heures) sur les parois vitrées de la zone publique

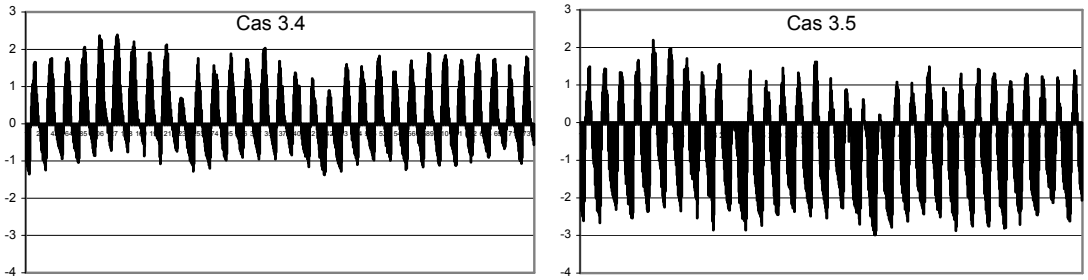


Figure 11: Evolution du PMV en période d'été pour la zone publique dans les cas 3.4 et 3.5

REFERENCES

Adelard L., Boyer H., Garde F., Gatina J.C.. 2000. A detailed weather data generator for building simulation. Energy and Buildings. 31:75-88.

Boyer H., Garde F., Gatina J.C., Brau J. 1998. A multi model approach of thermal building simulation for design and research purposes. Energy and Buildings 28 (1):71-79.

Choudhary R., Malkawi A., Papalambros P.Y.. August 2005. Analytic target cascading in simulation-based building design. Automation in Construction, Volume 14, Issue 4, Pages 551-568

Collet da Graça V. A., Cornelie Knatz Kowaltowski D. C., Petreche J. R D. 2005. An evaluation method for school building design at the preliminary phase with optimisation of aspects of environmental comfort for the school system of the State São Paulo in Brazil. Building and Environment, In Press, Corrected Proof, Available online 5 December 2005.

Coley D. A., Schukat S.. December 2002. Low-energy design: combining computer-based optimisation and human judgement. Building and Environment, Volume 37, Issue 12, Pages 1241-1247.

Fanger P. O., Toftum J. July 2002. Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates. Energy and Buildings, Volume 34, Issue 6, Pages 533-536.

Garde-Bentaleb F., Boyer H., Miranville F., Depecker P. 2002. Bringing scientific knowledge from research to the professional fields : the case of the thermal and airflow design of buildings under tropical climates. Energy and Buildings, 34 (5): 511-521.

Garde F., Boyer H., Gatina J.C. 1998. Demand side management in tropical island buildings. Elaboration of global quality standards for natural and low energy cooling in buildings. Building and Environment, 34 1, pp. 71-84.

Gero J. S., D'Cruz N, Radford A. D.. 1983. Energy in context: A multicriteria model for building design. Building and Environment, Volume 18, Issue 3, Pages 99-107.

Peippo K., Lund P. D., Vartiainen E. 1999. Multivariate optimization of design trade-offs for solar low energy buildings. Energy and Buildings, Volume 29, Issue 2, Pages 189-205.

Radford A. D., Gero J. S. 1980. On optimization in computer aided architectural design. Building and Environment, Volume 15, Issue 2, Pages 73-80.

Wang W., Rivard H, Zmeureanu R. January 2005. An object-oriented framework for simulation-based green building design optimization with genetic algorithms. Advanced Engineering Informatics, Volume 19, Issue 1, Pages 5-23.

Wang W., Zmeureanu R., Rivard H. November 2005. Applying multi-objective genetic algorithms in green building design optimization. Building and Environment, Volume 40, Issue 11, Pages 1512-1525.

Wetter M., Polak. E. June 2005. Building design optimization using a convergent pattern search algorithm with adaptive precision simulations. Energy and Buildings, Volume 37, Issue 6, Pages 603-612

Wright J. A., Loosemore H. A., Farmani R. October 2002. Optimization of building thermal design and control by multi-criterion genetic algorithm. Energy and Buildings, Volume 34, Issue 9, Pages 959-972.