



CoDyBA

Tests paramétriques sur bâtiments de taille réelle

Jean NOËL



Jean NOËL (JNLOG)
Ingénieur-Conseil
15 place Carnot
69002 Lyon
France

Rapport n° 0403



Résumé

Ce rapport présente les résultats obtenus par CoDyBa sur deux bâtiments de taille différente.

CoDyBa est un logiciel utilisé pour déterminer les flux énergétiques dans un bâtiment. CoDyBa est spécialement orienté vers l'optimisation des performances énergétiques des bâtiments.

De façon à tester ce logiciel dans des cas où le bâtiment comporte un grand nombre de pièces, deux cas sont étudiés. Les géométries sont celles d'une maison traditionnelle et d'un immeuble de bureaux.

Les données de la maison sont représentatives du cas traité. Les données de l'immeuble de bureaux sont volontairement simplifiées pour faciliter l'interprétation des résultats.

Les résultats détaillés présentent les consommations mensuelles de chauffage et de climatisation, ainsi que les charges ponctuelles. Ce type de résultats sont ceux habituellement présentés dans les tests de référence (BESTEST [BR]).

Les données paramétriques sont l'orientation de la géométrie et les données de météo (les météos de 10 villes de France sont utilisées).

Des résultats classiques sont trouvés dans le cas du chauffage (corrélation entre l'énergie de chauffage et le nombre de degrés-jour). Pour l'énergie de climatisation, on montre que des études sont nécessaires du fait de l'importance de la position du bâtiment. Les résultats présentés montre que CoDyBa donne des résultats classiques.

Remerciements

L'auteur est très reconnaissant au Professeur Jean-Jacques ROUX pour l'aide qu'il lui a accordé dans la réalisation de ce travail.

Jean-Jacques ROUX

INSA de Lyon - Bât. Freyssinet
40 avenue des Arts
69100 Villeurbanne
France



Table of contents

I - INTRODUCTION.....	4
I - 1 - CE QU'EST CODYBA	4
I - 2 - DESCRIPTION DES CAS	4
II - DONNEES DES CAS.....	5
II - 1 - DONNEES DE METEO	5
II - 2 - MATERIAUX	6
II - 3 - COEFFICIENTS D'ECHANGE CONVECTIFS	6
II - 4 - REGULATION	6
II - 5 - DONNEES DE CALCUL	6
III - LA MAISON TRADITIONNELLE	7
III - 1 - DONNEES	7
III - 1 - 1 - Géométrie.....	7
III - 1 - 2 - Parois et portes.....	8
III - 1 - 3 - Fenêtres.....	8
III - 1 - 4 - Régulation.....	8
III - 1 - 5 - Décompte des éléments présents dans la maison traditionnelle	9
III - 2 - RESULTATS	9
III - 2 - 1 - Rotation de la géométrie.....	9
III - 2 - 2 - Influence de la météo	10
IV - IMMEUBLE DE BUREAUX.....	11
IV - 1 - DONNEES	11
IV - 1 - 1 - Géométrie.....	11
IV - 1 - 2 - Parois et portes.....	12
IV - 1 - 3 - Fenêtres.....	12
IV - 1 - 4 - Régulation.....	13
IV - 1 - 5 - Décompte des éléments présents dans l'immeuble de bureaux.....	13
IV - 2 - RESULTATS POUR L'IMMEUBLE DE BUREAUX SANS ISOLATION.....	14
IV - 2 - 1 - Rotation de la géométrie	14
IV - 2 - 2 - Influence de la météo.....	15
IV - 3 - RESULTATS POUR L'IMMEUBLE DE BUREAUX ISOLE	17
IV - 3 - 1 - Rotation de la géométrie	17
IV - 2 - 2 - Influence de la météo.....	18
IV - 4 - RESULTATS POUR L'IMMEUBLE DE BUREAUX ISOLE AVEC STORES	19
IV - 4 - 1 - Rotation de la géométrie	19
IV - 4 - 2 - Influence de l'angle des lamelles pour différents climats.....	20
IV - 4 - 3 - Influence de la position du store pour différents climats	21
IV - 5 - RESULTATS POUR L'IMMEUBLE ISOLE AVEC VENTILATION NOCTURNE.....	22
V - CONCLUSIONS.....	22
VI - BIBLIOGRAPHIE.....	22



List of tables

TABLEAU T1 : DONNEES DE METEO ANNUELLES POUR 10 VILLES DE FRANCE	5
TABLEAU T2 : CARACTERISTIQUES DES METEOS EN FEVRIER POUR 10 VILLES DE FRANCE.....	5
TABLEAU T2 : CARACTERISTIQUES DES METEOS EN JUILLET POUR 10 VILLES DE FRANCE	5
TABLEAU T4 : DONNEES GENERALES DES METEOS	5
TABLEAU T5 : DETAIL DES PROPRIETES DES MATERIAUX	6
TABLEAU T6 : COEFFICIENTS D'ECHANGE THERMIQUE CONVectifs.....	6
TABLEAU T7 : COMPOSITION DES SURFACES	8
TABLEAU T8 : DONNEES GENERALES DES FENETRES	8
TABLEAU T9 : DIMENSIONS DES FENETRES.....	8
TABLEAU T10 : DECOMPTE DES ELEMENTS PRESENTS DANS LA MAISON TRADITIONNELLE	9
TABLEAU T11 : RESULTATS DE LA ROTATION DE LA MAISON TRADITIONNELLE POUR LE MOIS DE FEVRIER A CARPENTRAS	9
TABLEAU T12 : RESULTATS DE DIFFERENTS CLIMATS SUR LA MAISON TRADITIONNELLE POUR LE MOIS DE FEVRIER	10
TABLEAU T13 : PLAN DE L'IMMEUBLE DE BUREAUX.....	11
TABLEAU T14 : DONNEES DE L'IMMEUBLE DE BUREAUX	11
TABLEAU T15 : COMPOSITION DES SURFACES	12
TABLEAU T16 : DONNEES GENERALES DES FENETRES	12
TABLEAU T17 : DIMENSIONS DES FENETRES.....	12
TABLEAU T18 : DONNEES DES LAMELLES DU STORE VENITIEN	12
TABLEAU T19 : DECOMPTE DES ELEMENTS PRESENTS DANS L'IMMEUBLE DE BUREAUX	13
TABLEAU T20 : RESULTATS DE LA ROTATION DE L'IMMEUBLE NON ISOLE POUR LES MOIS DE FEVRIER ET JUILLET A CARPENTRAS	14
TABLEAU T21 : RESULTATS DE DIFFERENTS CLIMATS SUR L'IMMEUBLE NON ISOLE POUR LES MOIS DE FEVRIER ET JUILLET	15
TABLEAU T22 : RESULTATS DE LA ROTATION DE L'IMMEUBLE ISOLE POUR LES MOIS DE FEVRIER ET JUILLET A CARPENTRAS	17
TABLEAU T23 : RESULTATS DE DIFFERENTS CLIMATS SUR L'IMMEUBLE ISOLE AU COURS DES MOIS DE FEVRIER ET JUILLET	18
TABLEAU T24 : RESULTATS DE LA ROTATION DE L'IMMEUBLE ISOLE AVEC STORES EN JUILLET A CARPENTRAS	19
TABLEAU T25 : RESULTATS DE DIFFERENTS ANGLES DE LAMELLES SUR L'IMMEUBLE ISOLE AVEC STORES	20
TABLEAU T26 : RESULTATS DE LA POSITION DU STORE SUR L'IMMEUBLE ISOLE AVEC STORES POUR DIFFERENTS CLIMATS	21
TABLEAU T27 : RESULTATS DE LA VENTILATION NOCTURNE SUR L'IMMEUBLE ISOLE EN JUILLET POUR DIFFERENTS CLIMATS	22

List of result figures

FIGURE F1 : VUE GENERALE DE LA GEOMETRIE	7
FIGURE F2 : VUE INTERIEURE DE LA GEOMETRIE	7
FIGURE F3 : PLAN DE LA MAISON TRADITIONNELLE	7
FIG. R1 : INFLUENCE SUR LE CHAUFFAGE DE LA ROTATION DE LA MAISON INDIVIDUELLE EN FEVRIER A CARPENTRAS	9
FIG. R2 : ENERGIES DE CHAUFFAGE EN FEVRIER EN FONCTION DU NOMBRE DE DEGRES-JOUR POUR LA MAISON TRADITIONNELLE	10
FIGURE F4 : VUE GENERALE DE LA GEOMETRIE	11
FIGURE F5 : DEFINITION DE L'ANGLE DES LAMELLES	13
FIG. R3 : INFLUENCE SUR LE CHAUFFAGE DE LA ROTATION DE L'IMMEUBLE NON ISOLE EN FEVRIER A CARPENTRAS.....	14
FIG. R4 : INFLUENCE SUR LA CLIMATISATION DE LA ROTATION DE L'IMMEUBLE NON ISOLE EN JUILLET A CARPENTRAS.....	14
FIG. R5 : ENERGIES DE CHAUFFAGE EN FEVRIER EN FONCTION DU NOMBRE DE DEGRES-JOUR POUR L'IMMEUBLE NON ISOLE.....	15
FIG. R6 : ENERGIES DE CLIMATISATION EN JUILLET SELON LE FLUX SOLAIRE HOR. GLOBAL POUR L'IMMEUBLE NON ISOLE	15
FIG. R7 : INFLUENCE SUR LA CLIMATISATION DE LA ROTATION DE L'IMMEUBLE DE BUREAUX EN JUILLET A AJACCIO	16
FIG. R8 : FLUX SOLAIRES GLOBAUX REÇUS PAR DES SURFACES POUR LES VILLES D'AJACCIO ET CARPENTRAS	16
FIG. R9 : INFLUENCE SUR LE CHAUFFAGE DE LA ROTATION DU BATIMENT DE BUREAUX NON ISOLE EN FEVRIER A CARPENTRAS ...	17
FIG. R10 : INFLUENCE SUR LA CLIMATISATION DE LA ROTATION DE L'IMMEUBLE NON ISOLE EN JUILLET A CARPENTRAS.....	17
FIG. R11 : ENERGIES DE CHAUFFAGE EN FEVRIER EN FONCTION DU NOMBRE DE DEGRES-JOUR POUR L'IMMEUBLE ISOLE	18
FIG. R12 : INFLUENCE SUR LA CLIMATISATION DE LA ROTATION DE L'IMMEUBLE ISOLE AVEC STORES EN JUILLET A CARPENTRAS POUR DIFFERENTS ANGLES DE LAMELLES	19
FIG. R13 : ENERGIES DE CLIMATISATION EN JUILLET SELON L'ANGLE DES LAMELLES POUR L'IMMEUBLE DE BUREAUX ISOLE.....	20
FIG. R14 : ENERGIES DE CLIMATISATION EN JUILLET SELON LA POSITION DU STORE POUR L'IMMEUBLE ISOLE.....	21



I - Introduction

I - 1 - Ce qu'est CoDyBa

CoDyBa [CDB] est un logiciel, développé par un ingénieur indépendant en informatique [JNL] avec l'aide de quelques chercheurs du CETHIL (Centre de Thermique de l'INSA de Lyon, [CET]), sans aucune aide d'un organisme d'Etat. Ce logiciel est destiné aux bureaux d'études, aux organismes de recherche et d'enseignement.

CoDyBa est un logiciel utilisé pour la détermination des flux thermiques d'un bâtiment. Il permet d'estimer les puissances instantanées de chauffage ou de refroidissement nécessaires pour maintenir une consigne donnée, ou de calculer les températures lorsque le système de chauffage ou de refroidissement est insuffisant. Le traitement de l'humidité est identique.

Cet outil permet d'étudier des stratégies de chauffage et de climatisation, de conditionnement d'air et de ventilation, et d'installation de matériaux d'isolation. L'occupation des locaux est incluse. CoDyBa ne permet pas le comportement d'un équipement particulier : son objectif principal est la prévision de la consommation énergétique et le domaine d'évolution de la température.

CoDyBa fonctionne sur des PC ordinaires. Le bâtiment est décrit de façon précise et la géométrie est saisie à l'aide d'une interface graphique. CoDyBa est basé sur l'assemblage de "briques" élémentaires pour représenter un bâtiment avec ses équipements. L'assemblage est réalisé de façon à minimiser la place mémoire et le temps de calcul. Les modèles physiques de CoDyBa sont ceux couramment admis, mais les algorithmes de calcul sont spécifiques.

CoDyBa passe avec succès les tests du benchmark BESTEST [BR], mis au point par l'Agence Internationale de l'Energie. Ce benchmark est le plus précis et le plus fiable qui existe actuellement. Ainsi CoDyBa peut simuler les performances des 155 géométries du benchmark, et dans presque tous les cas est en accord avec les résultats des programmes de référence.

Les calculs présentés dans ce rapport ont été effectués avec la version V641b de CoDyBa.

I - 2 - Description des cas

Les cas de calcul présentés dans ce rapport sont destinés à démontrer la capacité de calcul de CoDyBa dans des configurations réelles volumineuses.

Les deux cas traités correspondent à une maison traditionnelle et à un immeuble de bureaux.

La maison traditionnelle est un petit pavillon sur un niveau.

L'immeuble de bureaux comporte 7 étages de 10 bureaux chacun. Il est volontairement simplifié pour comporter le minimum de données. Sa forme symétrique est destinée à permettre la validation de CoDyBa dans des cas où on peut le comparer à lui-même.

Pour chacune des configurations, deux types de résultats sont présentés :

- 1, L'un consiste à faire tourner le bâtiment par tranche de 30° et d'étudier l'influence du soleil.
2. L'autre consiste à passer le même cas de calcul avec des climats différents et à corréler les résultats obtenus avec des caractéristiques des climats (degrés-jour pour les résultats de chauffage et les flux solaires moyens pour la climatisation).

L'immeuble de bureaux porte le nom de "**buro**" et la maison traditionnelle celui de "**jaspe**" dans les exemples fournis avec le logiciel CoDyBa.

II - Données des cas

II - 1 - Données de météo

Les météos utilisées sont celles de 10 villes de France. Leurs caractéristiques sont résumées dans les tableaux suivants. Noter que pour les données annuelles, les degrés-jour sont donnés pour l'année entière, et non sur un certain nombre de mois.

Ville	Latitude	Température (°C)			Degrés-jour Chauffage à 18 °C	Flux solaires horizontaux (W/m ²)		
		Min	Max	Moy		Direct	Diffus	Total
Agen	44°2	-6,0	35,3	12,0	2526	649	576	1226
Ajaccio	41°55'	-3,9	33,5	14,4	1753	926	553	1480
Carpentras	44°05'	-5,3	35,6	12,9	2331	922	572	1494
LaRoche	46°09'	-4,6	29,8	12,3	2295	730	540	1270
Limoges	45°85'	-5,5	32,0	10,3	2990	609	549	1158
Macon	46°3	-10,1	32,1	10,6	2963	630	557	1187
Millau	44°1	-12,9	31,3	10,2	3038	755	508	1263
Nancy	48°68'	-8,1	31,9	9,4	3295	517	562	1079
Rennes	48°04'	-4,2	29,5	10,5	2852	545	596	1142
Trappes	48°46'	-6,5	33,7	10,0	3091	442	626	1068

Tableau T1 : données de météo annuelles pour 10 villes de France

Ville	Température (°C)			Degrés-jour Chauffage à 18 °C	Flux solaires horizontaux (W/m ²)		
	Min	Max	Moy		Direct	Diffuse	Total
Agen	-3,1	17	6,4	325	23	28	51
Ajaccio	-0,4	18,1	9,09	250	41	30	71
Carpentras	-1,8	17,1	7,18	303	32	29	61
LaRoche	-2,7	17,6	7,23	301	22	25	47
Limoges	-3,7	14,9	4,19	387	18	25	43
Macon	-6,1	13,7	3,64	402	10	29	40
Millau	-3,4	14,9	4,44	379	24	24	47
Nancy	-7	8,2	1,64	458	19	26	44
Rennes	-3,8	10,4	4,28	384	18	27	45
Trappes	-4,9	13,5	3,77	398	9,7	25	35

Tableau T2 : caractéristiques des météos en février pour 10 villes de France

Ville	Température (°C)			Degrés-jour Chauffage à 18 °C	Flux solaires horizontaux (W/m ²)		
	Min	Max	Moy		Direct	Diffuse	Total
Agen	7	35,3	19,4	45	103	77	180
Ajaccio	12,1	33,5	21,3	14	145	67	213
Carpentras	11,2	35,6	21,5	25	155	63	218
LaRoche	11,5	29,8	19	28	117	73	189
Limoges	8,7	30	16,7	83	83	75	158
Macon	9,9	32,1	19	43	115	69	184
Millau	10	29,8	19,3	38	125	66	191
Nancy	6,7	28,8	17,7	62	79	81	160
Rennes	5,9	29,5	17,5	65	88	78	166
Trappes	8,4	28,4	17,5	63	66	91	157

Tableau T3 : caractéristiques des météos en juillet pour 10 villes de France

Les degrés-jour sont calculés selon une méthode 'intégrale'.

Les données suivantes sont utilisées pour toutes les villes :

Vitesse du vent	0 m/s
Albedo	0,2

Tableau T4 : données générales des météos

II - 2 - Matériaux

Les propriétés des matériaux utilisés sont détaillées dans le tableau T5.

Matériaux	Conductivité (W/m ² /K)	Densité (kg/m ³)	Capacité (J/kg.°C)	Absorption (---)	Transmission (---)
Air	0,026	1,2	1007	--	--
Plaque de plâtre	0,25	825	1000	--	--
Béton plancher	2	2450	1000	--	--
Bois	0,2	750	1600	--	--
Tuile	0,7	1700	1000	--	--
Maçonnerie	0,7	1300	800	--	--
Parement	1,75	1000	600	--	--
Isolant mur	0,04	100	900	--	--
Isolant plafond	0,04	100	900	--	--
Isolant plancher	0,04	100	900	--	--
Verre	1,15	2700	840	0,08	0,85

Tableau T5 : détail des propriétés des matériaux

II - 3 - Coefficients d'échange convectifs

Les coefficients d'échange thermique convectifs utilisés par CoDyBa sont détaillés dans le tableau T6 :

Surface	Coefficients d'échange convectifs (W/m ² .K)		Emissivité (---)	Absorptivité (---)
	Extérieur	Intérieur	Intérieur / Extérieur	Intérieur / Extérieur
Plafond	20,5	5,5	0,9	0,6
Vertical	20,5	3,19		
Plancher	20,5	1,38		

Tableau T6 : coefficients d'échange thermique convectifs

Les coefficients des surfaces vitrées sont supposés identiques à ceux des surfaces des parois opaques.

Le plancher en contact avec le sol possède une condition de flux nul.

II - 4 - Régulation

Les conditions suivantes sont prises :

- Il n'y a pas de sources de chaleur internes (pas de machine, pas de source de lumière, pas d'occupant).
- Il n'y a pas de ventilation (excepté pour un cas spécifique), ni d'infiltration.
- Les bâtiments sont vides (pas de mobilier).
- Les consignes de chauffage et climatisation sont respectivement 18 °C et 27 °C.

La ventilation est seulement traitée dans le cas de l'immeuble de bureaux isolé, pour la comparaison des effets de la ventilation nocturne et des protections solaires.

II - 5 - Données de calcul

Le nombre de jour d'initialisation est de 20 pour tous les cas de calcul.

Le pas de temps est horaire.

III - La maison traditionnelle

III - 1 - Données

III - 1 - 1 - Géométrie

La géométrie de la maison traditionnelle est la suivante :



Figure F1 : vue générale de la géométrie



Figure F2 : vue intérieure de la géométrie

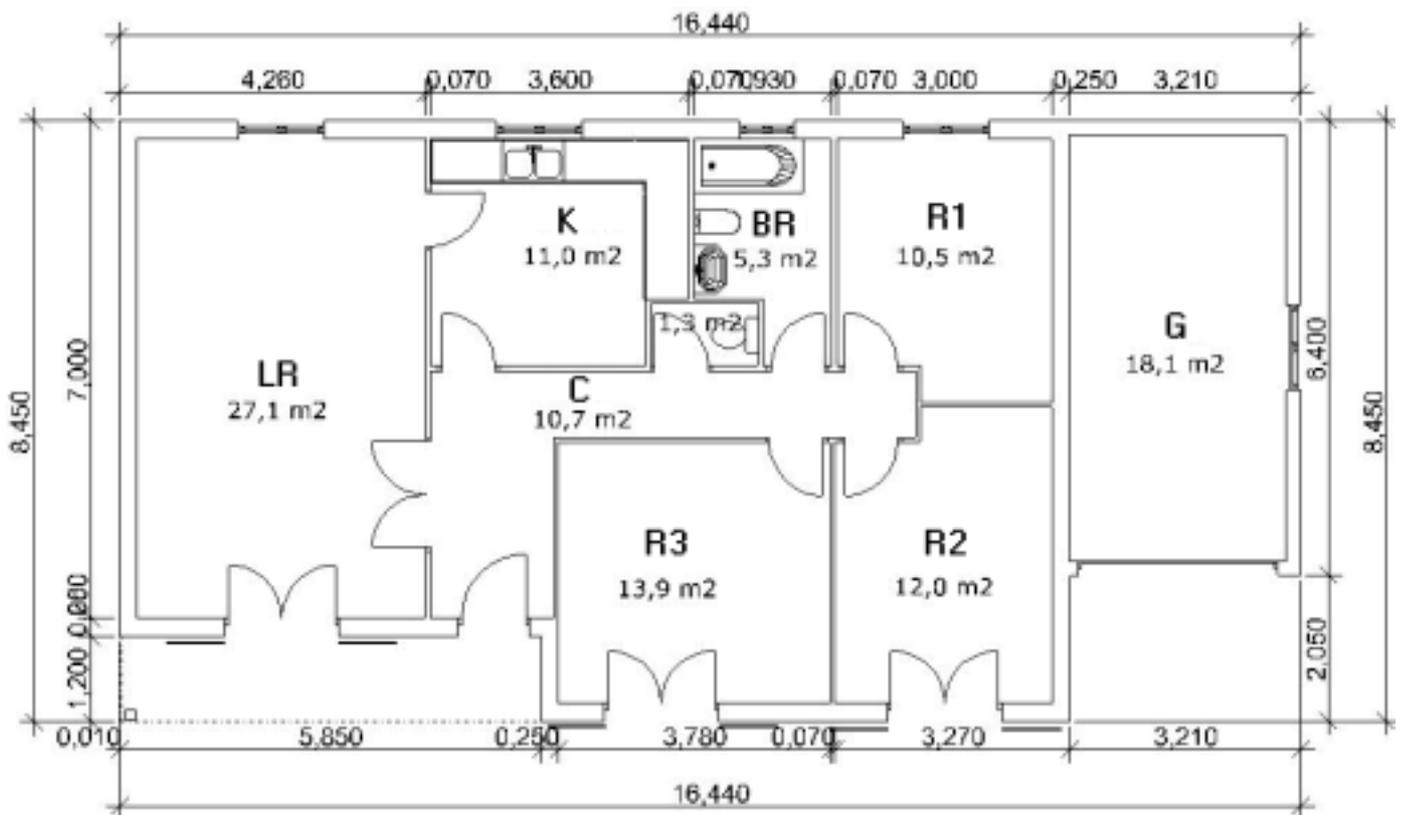


Figure F3 : plan de la maison traditionnelle

LR : séjour - K : cuisine - R1,2,3 : chambres - BR : salle de bains - G : garage

L'avancée du toit est prise en compte sous la forme de masques associés aux fenêtres.

III - 1 - 2 - Parois et portes

Le tableau suivant présente les couches des parois, de l'intérieur vers l'extérieur :

Surface	Matériau	Épaisseur (mm)
Mur interne	Plaque de plâtre	13
	Isolant mur	40
	Plaque de plâtre	13
Mur externe	Plaque de plâtre	13
	Isolant mur	80
	Maçonnerie	150
	Parement	10
Toit	Tuile	20
Plancher	Béton plancher	200
	Isolant plancher ⁽¹⁾	80
Plafond	Plaque de plâtre	13
	Isolant plafond	160
Porte intérieure extérieure Porte du garage	Bois	40

Tableau T7 : composition des surfaces

⁽¹⁾ Le plancher a comme condition à la limite un flux nul (sous l'isolant du plancher).

III - 1 - 3 - Fenêtres

Les données générales des fenêtres sont présentées dans le Tableau T8 :

Nombre de verre	2
Épaisseur d'un verre	3 mm
Espace entre les verres	12 mm
Pourcentage de clair	77 %
Valeur U entre l'air intérieur et l'air extérieur	2,55 W/m ² .K

Tableau T8 : données générales des fenêtres

Le tableau suivant récapitule les données des fenêtres utilisées dans le cas de calcul :

	Largeur	Hauteur	Profondeur ⁽¹⁾
Petite fenêtre (BR)	0,75	0,75	0,05
Grande fenêtre (LR, R1, K)	1,2	0,9	0,05
Porte fenêtre (R2 & 3, LR)	1,5	2	0,05

Tableau T9 : dimensions des fenêtres

⁽¹⁾ la profondeur est la distance entre la surface externe de la vitre et la surface externe du mur.

L'avancée du toit est prise en compte sous la forme de masques associés aux fenêtres. L'avancée de toit du côté sud (nord) est considérée comme courant le long de toute la façade sud (nord).

Dans cette version du rapport, les volets que l'on peut voir sur le dessin (figure F3) sont considérés comme toujours ouverts.

III - 1 - 4 - Régulation

Les combles et le garage sont ventilés à 1/2 vol/h. Toutes les pièces de l'habitation sont chauffées de la même façon, sauf les combles et le garage, qui ne sont pas chauffés.

Cette maison possède un chauffage dont la consigne est 18 °C. Il n'y a pas de climatisation.

III - 1 - 5 - Décompte des éléments présents dans la maison traditionnelle

Eléments	Nombres
Volumes d'air	10
Plafonds externes	4
Planchers externes	9
Portes et parois externes	16
Fenêtres	8
Planchers internes	0
Portes et parois internes	24
Appareils de chauffage	8
Appareils de climatisation	0

Tableau T10 : décompte des éléments présents dans la maison traditionnelle

III - 2 - Résultats

III - 2 - 1 - Rotation de la géométrie

Le bâtiment subi une rotation par pas de 30°. La météo est celle de la ville de Carpentras, et le mois considéré est celui de février.

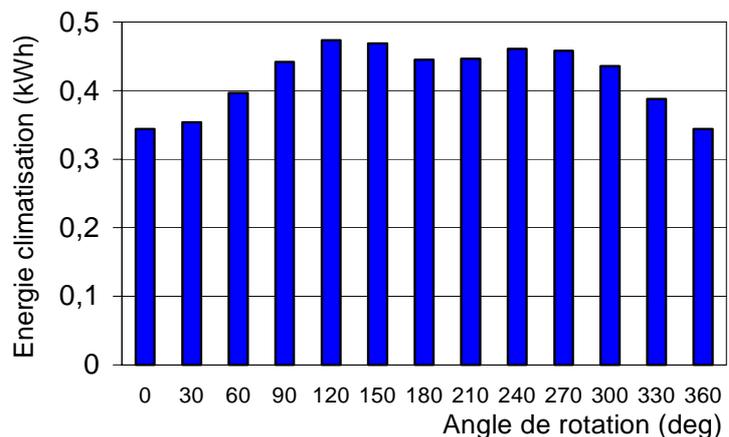
Angle Rotation Bâtiment	Février - Chauffage	
	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)
0	0,344	0,494
30	0,354	0,493
60	0,397	0,496
90	0,442	0,501
120	0,474	0,504
150	0,469	0,505
180	0,445	0,503
210	0,447	0,502
240	0,461	0,503
270	0,458	0,504
300	0,436	0,503
330	0,388	0,5
360	0,344	0,494

Tableau T11 : résultats de la rotation de la maison traditionnelle pour le mois de février à Carpentras

Les résultats obtenus par une rotation de la géométrie sont présentés sur la figure R1.

Fig. R1 : influence sur le chauffage de la rotation de la maison individuelle en février à Carpentras

On constate que la rotation du bâtiment n'a que peu d'influence sur l'énergie de chauffage (+/- 16%).



III - 2 - 2 - Influence de la météo

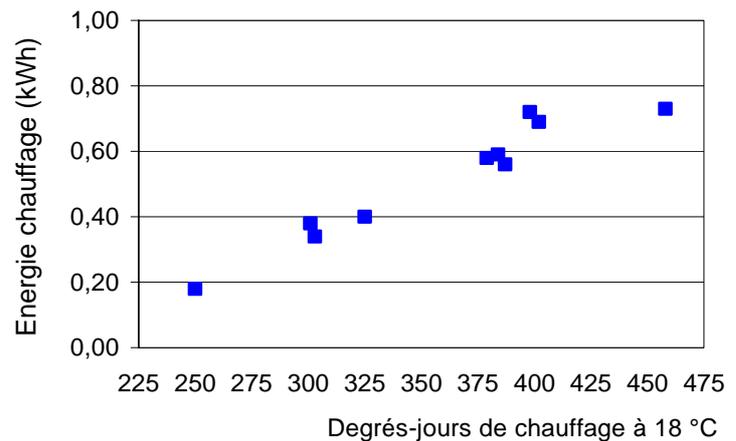
Ville	Février - Chauffage			
	Résultats		Météo	
	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)	DCJ18 (---)	FSH (W/m ²)
Agen	0,40	0,46	325	51
Ajaccio	0,18	0,32	250	71
Carpentras	0,34	0,49	303	61
LaRochelle	0,38	0,53	301	47
Limoges	0,56	0,49	387	43
Macon	0,69	0,61	402	40
Millau	0,58	0,52	379	47
Nancy	0,73	0,59	458	44
Rennes	0,59	0,53	384	45
Trappes	0,72	0,64	398	35

Tableau T12 : résultats de différents climats sur la maison traditionnelle pour le mois de février

DCJ18 : Degrés-jour de chauffage à 18 °C
 FSH : Flux solaires horizontaux globaux moyens

Fig. R2 : énergies de chauffage en février en fonction du nombre de degrés-jour pour la maison traditionnelle

On observe une bonne corrélation entre le nombre de degrés-jour et la consommation d'énergie de chauffage.



IV - Immeuble de bureaux

IV - 1 - Données

IV - 1 - 1 - Géométrie

La géométrie correspond à un immeuble de bureaux de 7 étages.

Chaque étage comprend 10 bureaux, 5 par face de l'immeuble. Les bureaux sont séparés par un couloir.

Les cages d'escaliers sont situées aux extrémités de l'immeuble. Elles sont séparées des couloirs par une porte à double battants.

L'immeuble possède une symétrie telle qu'une rotation de 180° le rend identique à lui-même. Cette symétrie est voulue pour des tests où l'on compare le bâtiment à lui-même : un résultat obtenu pour un angle de rotation de $\theta+180^\circ$ doit être identique à un résultat obtenu pour un angle θ .



Figure F4 : vue générale de la géométrie

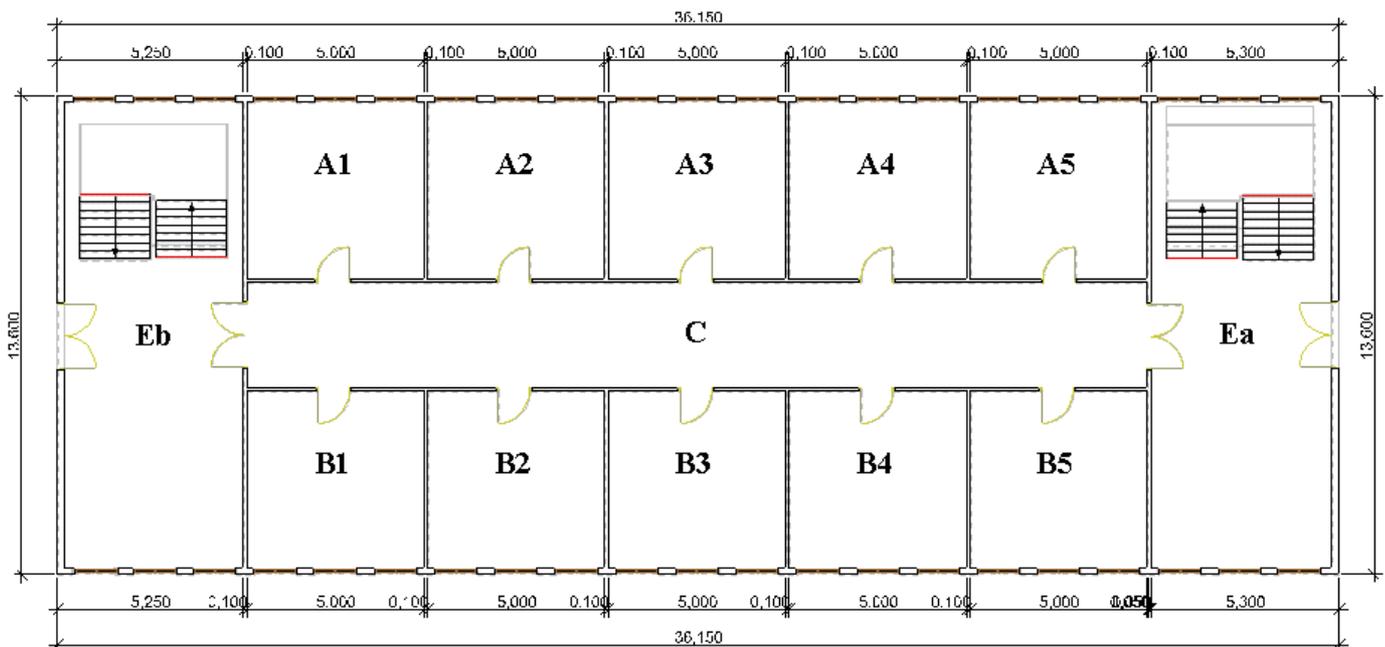


Tableau T13 : plan de l'immeuble de bureaux

Hauteur de chaque étage	2,5 m
Surface du couloir	3x25 m ²
Surface des bureaux (A1-5/B1-5)	5x5 m ²
Surface d'un palier de l'escalier	5x13 m ²
Surface d'une porte	0,9x2 m (1 battant) ou 2x0,9x2 m (2 battants)

Tableau T14 : dimensions de l'immeuble de bureaux

Pour simplifier les saisies, on néglige les épaisseurs de parois dans le calcul des surfaces de murs et de planchers.

IV - 1 - 2 - Parois et portes

Surface	Matériaux	Epaisseur (mm)	Surface (mm)
Cloisons (entre bureaux)	Plaque de plâtre	50	
Parois externes (escaliers, murs extérieurs des bureaux)	Béton plancher	100	
Plafond, plancher	Béton plancher	200	
Porte interne	Bois	40	1,8 (1 battant)
Porte externe	Bois	40	3,6 (2 battants)

Tableau T15 : composition des surfaces

Immeuble non isolé : toutes les parois en contact avec l'extérieur sont données dans le tableau T15.

Immeuble isolé : toutes les parois en contact avec l'extérieur comportent en plus une couche de 8 cm d'isolant (sur la face interne). Cela concerne toutes les parois verticales extérieures, ainsi que le plafond du dernier étage.

Le plancher du premier niveau a comme condition à la limite un flux nul.

Les cages d'escalier sont supposées former chacune une seule zone thermique.

Les portes extérieures et les portes séparant le couloir de l'escalier sont à double battants. Chaque battant a les caractéristiques d'une porte de bureau. Toutes les portes sont fermées en permanence.

IV - 1 - 3 - Fenêtres

IV - 1 - 3 - 1 - Verres et châssis

Les données générales des fenêtres sont présentées dans le tableau T16 :

Nombre de verre	2
Epaisseur d'un verre	3 mm
Espace entre les verres	13 mm
Pourcentage de clair	66 %
Valeur U entre l'air intérieur et l'air extérieur	3 W/m ² .K

Tableau T16 : données générales des fenêtres

Les tableaux suivants récapitulent les données des fenêtres utilisées dans le cas :

	Largeur	Hauteur	Profondeur ⁽¹⁾
Fenêtre	1,2	0,9	0

Tableau T17 : dimensions des fenêtres

⁽¹⁾ La profondeur est la distance entre la surface externe de la vitre et la surface externe du mur.

IV - 1 - 3 - 2 - Protections solaires

Pour l'immeuble de bureau avec protections solaires, un store vénitien est ajouté sur chaque fenêtre (bureaux et escaliers). Trois cas sont considérés : stores intérieurs, intégrés ou extérieurs.

Les données des lamelles sont détaillées dans le tableau T18 :

Données des lamelles		Valeurs
Absorption	α	0,67 (--)
Réflexion	ρ	0,33 (--)
Transmission	τ	0 (--)
Emissivité	ε	0,9 (--)
Largeur	W	28 mm
Espacement	P	22 mm

Tableau T18 : données des lamelles du store vénitien

La définition de l'angle des lamelles est explicitée sur la figure F5.

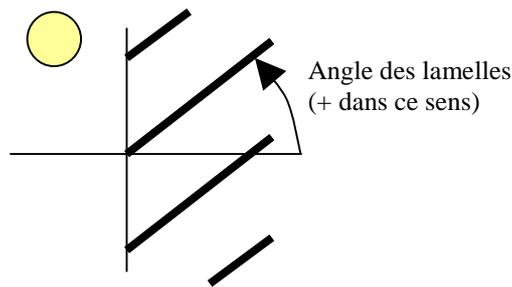


Figure F5 : définition de l'angle des lamelles

IV - 1 - 4 - Régulation

Dans chaque bureau se trouve un chauffage (consigne à 18 °C, fonctionnement en février uniquement) et une climatisation (consigne à 27 °C, fonctionnement en juillet uniquement). Les appareils de chauffage et de climatisation sont actifs tout le temps. Les deux escaliers ne sont ni climatisés, ni chauffés.

Il n'y a pas de ventilation.

La ventilation n'intervient que dans l'immeuble isolé : chaque bureau reçoit 250 m³/h tiré de l'extérieur (soit 4 volumes/heure) et un débit équivalent vers le couloir assure l'équilibre. Ensuite un débit de 5*250 m³/h des couloirs vers l'escalier assure à nouveau l'équilibre, tandis qu'un débit de 7*5*250 m³/h est rejeté des escaliers vers l'extérieur. La ventilation est en service de 0 à 6 h du matin. (ventilation nocturne).

IV - 1 - 5 - Décompte des éléments présents dans l'immeuble de bureaux

Eléments	Nombres
Volumes d'air	79
Plafonds externes	13
Planchers externes	13
Portes et parois externes	114
Fenêtres	98
Planchers internes	66
Portes et parois internes	252
Appareils de chauffage	70
Appareils de climatisation	70

Tableau T19 : décompte des éléments présents dans l'immeuble de bureaux

Dans le cas de l'immeuble avec ventilation nocturne, il faut rajouter 105 objets de ventilation ("régulateur de pression").

IV - 2 - Résultats pour l'immeuble de bureaux sans isolation

IV - 2 - 1 - Rotation de la géométrie

Le bâtiment subi une rotation par pas de 30°. La météo est celle de la ville de Carpentras, et les mois considérés sont ceux de février et de juillet.

Angle Rotation Bâtiment	Février - Chauffage		Juillet - Climatisation	
	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)
0	31,58	2,57	7,59	1,80
30	31,74	2,58	8,98	1,93
60	32,54	2,58	11,74	2,07
90	33,17	2,58	12,79	2,09
120	33,27	2,58	11,99	2,02
150	32,55	2,58	9,60	1,85
180	31,57	2,57	7,61	1,80
210	31,74	2,57	8,98	1,94
240	32,57	2,57	11,74	2,08
270	33,20	2,56	12,77	2,10
300	33,30	2,57	11,97	2,03
330	32,57	2,57	9,58	1,86
360	31,58	2,57	7,59	1,80

Tableau T20 : résultats de la rotation de l'immeuble non isolé pour les mois de février et juillet à Carpentras

Fig. R3 : influence sur le chauffage de la rotation de l'immeuble non isolé en février à Carpentras

On observe bien la similitude des résultats ($\text{résultat}(\theta+180^\circ)=\text{résultat}(\theta)$).

La rotation du bâtiment a peu d'influence sur l'énergie de chauffage (+/- 3%).

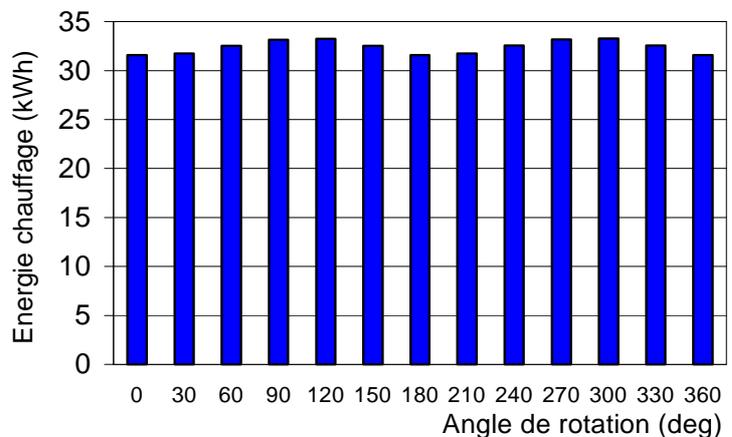
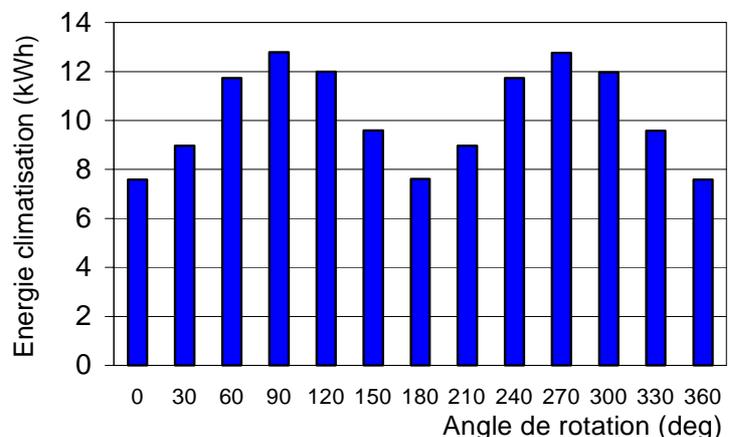


Fig. R4 : influence sur la climatisation de la rotation de l'immeuble non isolé en juillet à Carpentras

On observe bien la similitude des résultats ($\text{résultat}(\theta+180^\circ)=\text{résultat}(\theta)$).

On observe l'influence très importante de l'orientation du bâtiment sur l'énergie de climatisation (+/- 26 %).



IV - 2 - 2 - Influence de la météo

Ville	Février - Chauffage				Juillet - Climatisation			
	Résultats		Météo		Résultats		Météo	
	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)	DJC18 (---)	FSH (W/m ²)	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)	Temp. Moy (°C)	FSH (W/m ²)
Agen	34,20	2,58	325	51	1,95	1,53	19,4	180
Ajaccio	22,94	1,99	250	71	2,45	1,01	21,3	213
Carpentras	31,60	2,57	303	61	7,59	1,80	21,5	218
LaRoche	32,42	2,86	301	47	0,65	1,05	19	189
Limoges	42,22	2,88	387	43	0,29	0,80	16,7	158
Macon	47,32	3,18	402	40	1,98	1,58	19	184
Millau	41,96	2,76	379	47	1,84	1,23	19,3	191
Nancy	52,78	3,39	458	44	0,97	1,12	17,7	160
Rennes	43,61	3,02	384	45	0,41	1,01	17,5	166
Trappes	48,11	3,29	398	35	0,76	1,06	17,5	157

Tableau T21 : résultats de différents climats sur l'immeuble non isolé pour les mois de février et juillet

DJC18 : Degrés-jour de chauffage à 18 °C
 FSH : Flux solaires horizontaux globaux moyens

Fig. R5 : énergies de chauffage en février en fonction du nombre de degrés-jour pour l'immeuble non isolé

On observe une excellente corrélation entre le nombre de degrés-jour et l'énergie de chauffage.

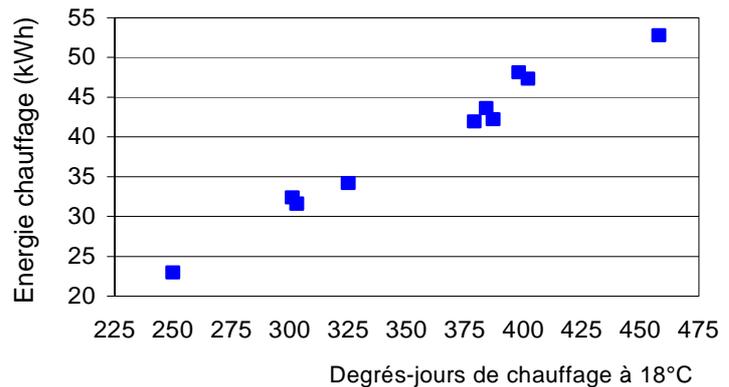
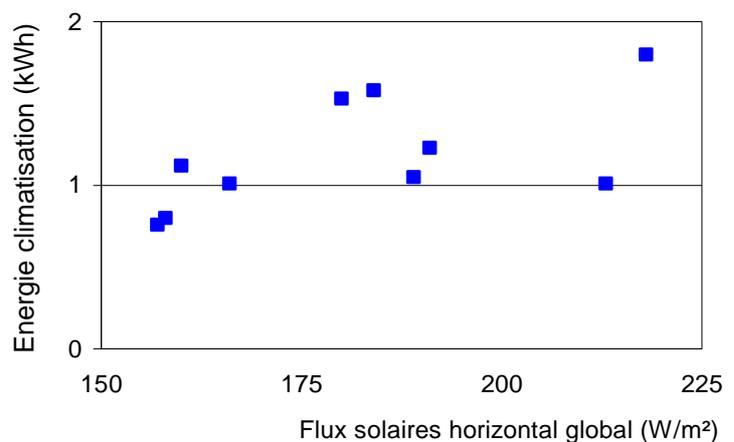


Fig. R6 : énergies de climatisation en juillet selon le flux solaire hor. global pour l'immeuble non isolé

On constate l'absence de corrélation évidente.

De plus, on observe une anomalie entre les deux points les plus à droite du tracé (villes d'Ajaccio et de Carpentras) : les énergies de climatisation sont très différentes alors que les flux solaires moyens sont équivalents.

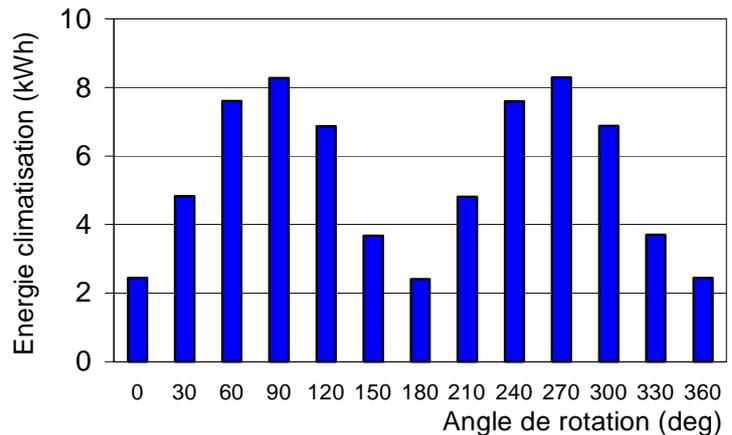


IV - 2 - 3 - Comparaison entre Carpentras et Ajaccio pour la climatisation en juillet

Fig. R7 : influence sur la climatisation de la rotation de l'immeuble de bureaux en juillet à Ajaccio

On observe bien la similitude des résultats ($\text{résultat}(\theta+180^\circ)=\text{résultat}(\theta)$).

On observe l'influence très importante de l'orientation du bâtiment sur l'énergie de climatisation (+/- 54 %).

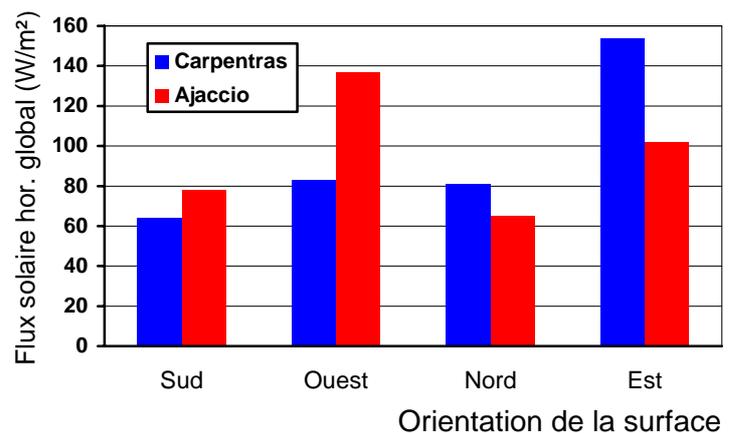


La météo de la ville d'Ajaccio est en moyenne assez peu différente de celle de Carpentras pour le mois de juillet. En effet, on y observe les mêmes températures moyennes et les mêmes flux solaires horizontaux (voir tableau T3).

On observe malgré tout une forte différence dans l'énergie de climatisation.

La différence observée entre l'énergie de climatisation nécessaire à Ajaccio et à Carpentras s'explique par la différence de répartition dans la journée des flux solaires. La figure R8 donne la répartition des flux solaires moyens au cours de la journée sur des surfaces orientées différemment (mois de juillet).

Fig. R8 : flux solaires globaux reçus par des surfaces pour les villes d'Ajaccio et Carpentras



On constate nettement une dissymétrie des répartitions. Le fait que pour Carpentras le soleil agisse dès le matin conduit à des températures supérieures, et donc à une climatisation plus importante.

IV - 3 - Résultats pour l'immeuble de bureaux isolé

IV - 3 - 1 - Rotation de la géométrie

Le bâtiment subi une rotation par pas de 30°. La météo est celle de la ville de Carpentras, et les mois considérés sont ceux de février et de juillet.

Angle Rotation Bâtiment	Février - Chauffage		Juillet - Climatisation	
	Energie (kWh)	Puissance Max (kW)	Energie (kWh)	Puissance Max (kW)
0	7,34	0,671	7,07	0,68
30	7,47	0,671	8,60	0,83
60	8,03	0,672	11,59	0,96
90	8,41	0,674	12,83	1,02
120	8,48	0,674	12,00	0,96
150	7,98	0,674	9,41	0,78
180	7,34	0,672	7,07	0,68
210	7,47	0,671	8,60	0,83
240	8,02	0,672	11,59	0,97
270	8,41	0,673	12,84	1,03
300	8,47	0,673	11,99	0,97
330	7,98	0,673	9,41	0,79
360	7,34	0,671	7,07	0,68

Tableau T22 : résultats de la rotation de l'immeuble isolé pour les mois de février et juillet à Carpentras

Fig. R9 : influence sur le chauffage de la rotation du bâtiment de bureaux isolé en février à Carpentras

La rotation du bâtiment a peu d'influence sur la consommation de chauffage.

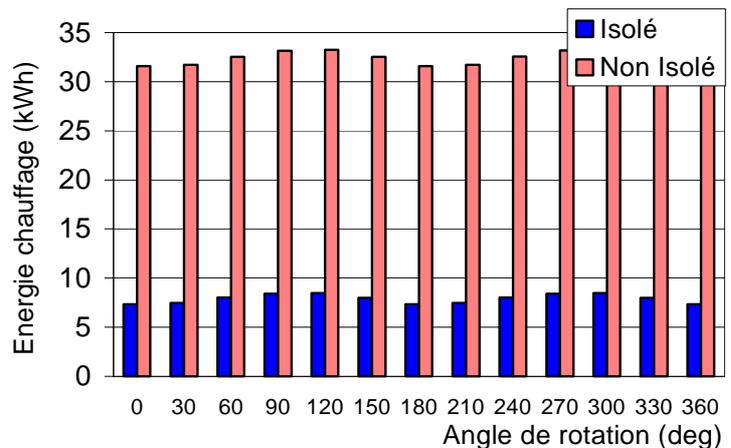
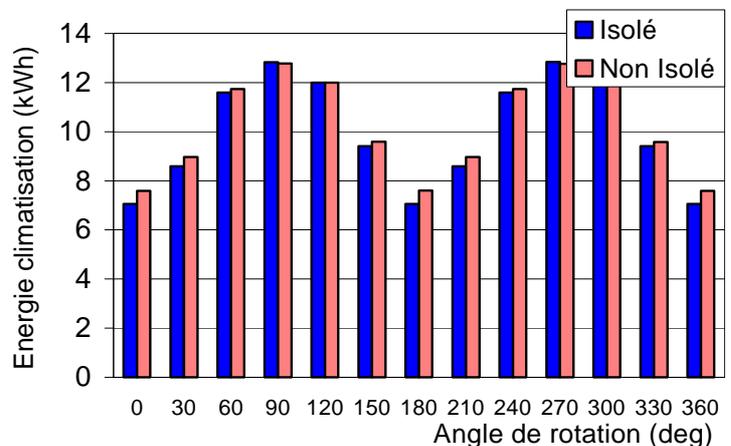


Fig. R10 : influence sur la climatisation de la rotation de l'immeuble isolé en juillet à Carpentras

On observe bien la similitude des résultats (résultat($\theta+180^\circ$)=résultat(θ)).

On constate la faible influence de l'isolation sur la consommation de climatisation.



IV - 2 - 2 - Influence de la météo

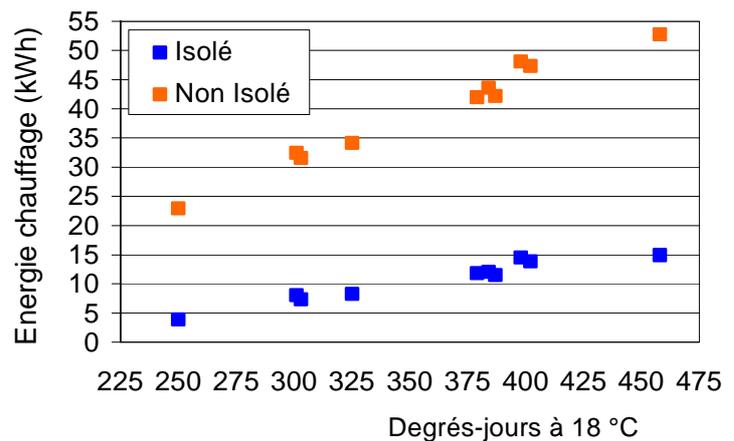
Ville	Février - Chauffage				Juillet - Climatisation			
	Résultats		Météo		Résultats		Météo	
	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)	DCJ18 (---)	FSH (W/m ²)	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)	Temp. Moy (°C)	FSH (W/m ²)
Agen	8,29	0,65	325	51	3,28	0,61	19,4	180
Ajaccio	3,90	0,48	250	71	5,07	0,64	21,3	213
Carpentras	7,34	0,67	303	61	7,07	0,68	21,5	218
LaRochelle	8,06	0,79	301	47	2,82	0,51	19	189
Limoges	11,49	0,77	387	43	0,99	0,43	16,7	158
Macon	13,86	0,90	402	40	3,81	0,62	19	184
Millau	11,83	0,78	379	47	3,35	0,54	19,3	191
Nancy	14,95	0,90	458	44	2,59	0,51	17,7	160
Rennes	12,04	0,81	384	45	1,48	0,47	17,5	166
Trappes	14,53	0,94	398	35	1,80	0,49	17,5	157

Tableau T23 : résultats de différents climats sur l'immeuble isolé au cours des mois de février et juillet

DJC18 : Degrés-jour de chauffage à 18 °C
 FSH : Flux solaires horizontaux globaux moyens

Fig. R11 : énergies de chauffage en février en fonction du nombre de degrés-jour pour l'immeuble isolé

On observe une excellente corrélation entre le nombre de degrés-jour et l'énergie de chauffage.



IV - 4 - Résultats pour l'immeuble de bureaux isolé avec stores

IV - 4 - 1 - Rotation de la géométrie

Les conditions de calcul sont identiques à celles données au paragraphe IV-2-1,

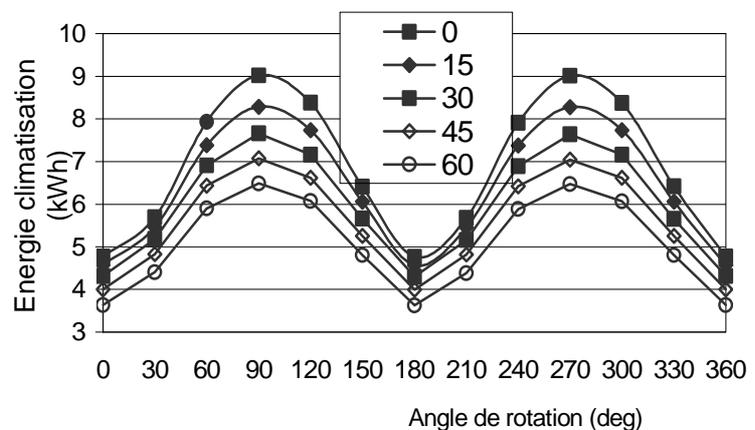
Angle Rotation Bâtiment	Résultats pour différents angles des lamelles									
	0		15		30		45		60	
	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)
0	4,774	0,619	4,574	0,616	4,318	0,608	4,004	0,596	3,637	0,58
30	5,694	0,794	5,466	0,787	5,177	0,776	4,827	0,76	4,406	0,739
60	7,934	0,932	7,385	0,953	6,908	0,935	6,436	0,913	5,897	0,886
90	9,018	0,979	8,286	0,998	7,656	0,997	7,074	0,972	6,486	0,944
120	8,379	0,912	7,736	0,931	7,165	0,942	6,62	0,938	6,074	0,91
150	6,414	0,763	6,06	0,781	5,664	0,793	5,255	0,776	4,804	0,754
180	4,768	0,62	4,568	0,616	4,302	0,608	3,998	0,596	3,629	0,58
210	5,679	0,797	5,458	0,79	5,158	0,779	4,818	0,763	4,388	0,742
240	7,915	0,937	7,374	0,958	6,896	0,941	6,421	0,918	5,885	0,891
270	9,013	0,985	8,28	1,005	7,637	1,005	7,048	0,98	6,475	0,952
300	8,372	0,92	7,734	0,939	7,164	0,951	6,622	0,947	6,071	0,92
330	6,422	0,771	6,062	0,789	5,658	0,802	5,254	0,785	4,803	0,763
360	4,774	0,619	4,574	0,616	4,318	0,608	4,004	0,596	3,637	0,58

Tableau T24 : résultats de la rotation de l'immeuble isolé avec stores en juillet à Carpentras

Fig. R12 : influence sur la climatisation de la rotation de l'immeuble isolé avec stores en juillet à Carpentras pour différents angles de lamelles

On observe bien la similitude des résultats (résultat($\theta+180^\circ$)=résultat(θ)).

On observe l'influence de l'angle des lamelles sur la climatisation, quelque soit l'angle du bâtiment.

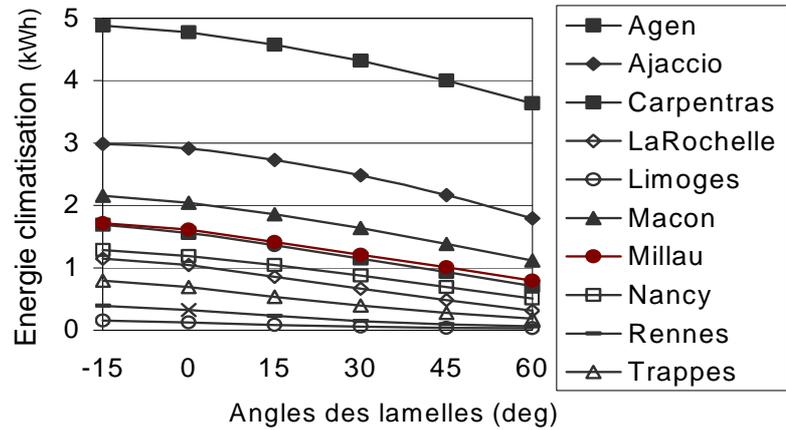


IV - 4 - 2 - Influence de l'angle des lamelles pour différents climats

Ville	Résultats pour différents angles des lamelles											
	-15		0		15		30		45		60	
	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)
Agen	1,691	0,554	1,553	0,551	1,36	0,542	1,146	0,53	0,927	0,512	0,705	0,489
Ajaccio	2,985	0,601	2,913	0,599	2,724	0,59	2,477	0,577	2,165	0,558	1,794	0,535
Carpentras	4,877	0,62	4,774	0,619	4,574	0,616	4,316	0,608	4,004	0,596	3,637	0,58
LaRoche	1,146	0,444	1,043	0,437	0,854	0,422	0,665	0,4	0,483	0,371	0,311	0,341
Limoges	0,152	0,348	0,12	0,335	0,083	0,312	0,058	0,283	0,039	0,251	0,026	0,221
Macon	2,152	0,551	2,044	0,549	1,856	0,542	1,638	0,533	1,379	0,522	1,116	0,508
Millau	1,714	0,507	1,612	0,502	1,411	0,489	1,206	0,474	1,006	0,456	0,792	0,434
Nancy	1,285	0,439	1,189	0,434	1,043	0,423	0,872	0,407	0,694	0,401	0,508	0,382
Rennes	0,39	0,397	0,32	0,387	0,226	0,369	0,146	0,347	0,092	0,32	0,059	0,295
Trappes	0,793	0,419	0,692	0,409	0,533	0,391	0,396	0,37	0,275	0,348	0,179	0,32

Tableau T25 : résultats de différents angles de lamelles sur l'immeuble isolé avec stores

Fig. R13 : énergies de climatisation en juillet selon l'angle des lamelles pour l'immeuble de bureaux isolé



IV - 4 - 3 - Influence de la position du store pour différents climats

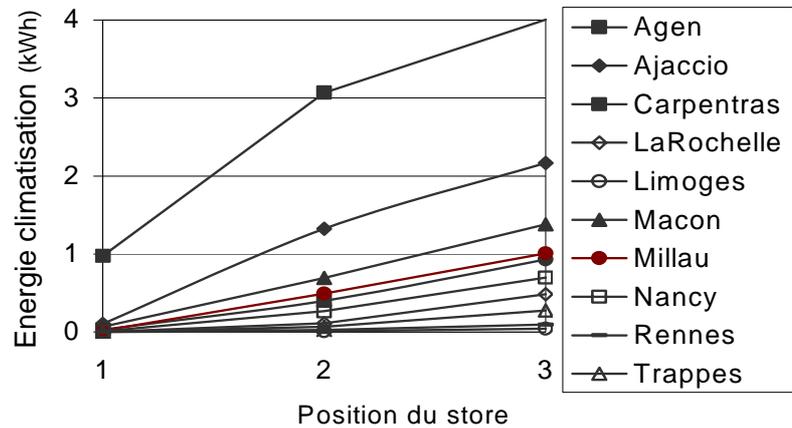
Ville	Position du store vénitien					
	Externe		Intégré		Interne	
	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)
Agen	0,03	0,201	0,398	0,44	0,927	0,512
Ajaccio	0,099	0,192	1,321	0,469	2,165	0,558
Carpentras	0,973	0,425	3,066	0,551	4,004	0,596
LaRoche	0	0	0,111	0,276	0,483	0,371
Limoges	0	0	0,008	0,15	0,039	0,251
Macon	0,064	0,314	0,691	0,483	1,379	0,522
Millau	0,015	0,137	0,49	0,38	1,006	0,456
Nancy	0,007	0,106	0,263	0,327	0,694	0,401
Rennes	0	0	0,025	0,237	0,092	0,32
Trappes	0	0	0,067	0,256	0,275	0,348

Tableau T26 : résultats de la position du store sur l'immeuble isolé avec stores pour différents climats

Fig. R14 : énergies de climatisation en juillet selon la position du store pour l'immeuble isolé

L'angle des lamelles est de 45°.

(1 : externe, 2 : intégré, 3 : interne)



IV - 5 - Résultats pour l'immeuble isolé avec ventilation nocturne

Ville	Résultats			
	Sans ventilation		Avec ventilation	
	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)	Energie (kWh)	Puiss. Max (kW)
Agen	3,28	0,61	0,257	0,464
Ajaccio	5,07	0,64	1,33	0,546
Carpentras	7,07	0,68	2,069	0,572
LaRochelle	2,82	0,51	0,151	0,354
Limoges	0,99	0,43	0,014	0,188
Macon	3,81	0,62	0,259	0,497
Millau	3,35	0,54	0,569	0,454
Nancy	2,59	0,51	0,093	0,297
Rennes	1,48	0,47	0,021	0,254
Trappes	1,80	0,49	0,109	0,328

Tableau T27 : résultats de la ventilation nocturne sur l'immeuble isolé en juillet pour différents climats

On constate aisément que la ventilation nocturne abaisse grandement les besoins de climatisation.

V - Conclusions

Le traitement d'un grand nombre de locaux est une nécessité pour un logiciel de thermique du bâtiment. En effet, si on veut limiter l'intervention humaine dans la modélisation des zones thermiques, il est nécessaire de représenter chaque pièce du bâtiment par une zone thermique ("un pour un"). L'objectif est à terme de disposer d'une passerelle permettant une traduction automatique d'un plan de bâtiment en données de calcul.

Les résultats présentés dans ce rapport montrent de façon qualitative que CoDyBa est capable de traiter un grand bâtiment.

VI - Bibliographie

- [BR] BESTEST Report
"International Energy Agency Building energy Simulation Test (BESTET) and diagnostic Method."
JUDKOFF, R., and NEYMARK J.
NREL/TP-472-6231, Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.
<http://www.nrel.gov/docs/legosti/old/6231.pdf>
- "CoDyBa Bestest Qualification"
Jean NOEL, July 2004
http://www.jnlog.com/pdf/codyba_bestest.pdf
- [CDB] CODYBA, a design tool for buildings performance simulation
J. Noel, J.-J. Roux, P. S. Schneider
Building Simulation 2001, Rio de Janeiro, Brazil, August 13-15, 2001
- [CET] <http://cethyl.insa-lyon.fr/>
- [JNL] Web site : jnlog.com
Mail : contact@jnlog.com
- [BRP] http://www.jnlog.com/pdf/blinds_report.pdf