LE POINT EN RECHERCHE

Série technique 99-120

MÉTHODE D'ESTIMATION ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS D'HABITATION BASÉE SUR L'APPLICATION DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Introduction

L'efficacité énergétique des bâtiments est une préoccupation importante de notre société. Les méthodes d'analyse nécessaires à l'évaluation de la performance énergétique des bâtiments doivent donc être fiables et efficaces. Les méthodes utilisées pour ces fins sont les méthodes simplifiées (règles du pouce, tranches des températures (BIN), degrés-jours, etc.) et les méthodes détaillées où interviennent des logiciels d'analyse détaillée (DOE-2, BLAST). Les méthodes simplifiées sont rapides et faciles d'utilisation, mais elles sont peu précises et la gamme de leurs résultats est limitée. De leur côté, les méthodes détaillées d'analyse énergétiques n'ont pas les inconvénients mentionnés ci-dessus, mais elles exigent une collecte de données assez fastidieuse. Pour remédier à cette situation, une méthode qui conserve les avantages des méthodes simplifiées et qui possède une précision comparable aux analyses énergétiques détaillées a été développée, comblant ainsi le vide entre les méthodes simplifiées et détaillées.

Objectif du projet de recherche

L'objectif du projet était d'établir une méthode rapide d'estimation énergétique des bâtiments d'habitation. En plus d'être rapide, la méthode doit donner une large gamme de résultats tels les consommations totales d'énergie, les appels de puissance, les consommations de chauffage ou de refroidissement. La précision de la méthode doit être comparable à celle des logiciels de simulation énergétique détaillée des bâtiments.

Méthodologie

Pour atteindre l'objectif de la recherche, nous avons choisi d'appliquer les réseaux de neurones. Cette application requiert une base de connaissance qui sert à effectuer l'apprentissage des réseaux de neurones. La base de données relative aux bâtiments existants étant insuffisante, nous avons décidé de créer cette base en faisant les simulations énergétiques des bâtiments à l'aide du logiciel DOE-2. La méthode développée est appliquée aux bâtiments d'habitation de cinq à 25 étages. Elle comporte les étapes suivantes :

1. Création des bases de données
2. Apprentissage des réseaux de neurones et validation des résultats d'apprentissage
3. Utilisation des résultats d'apprentissage et la conception d'un Système d'Aide aux Estimations Énergétiques (SAEE) des bâtiments d'habitation
4. Validation du Système SAEE.

Création des bases de données

Afin de tenir compte des particularités des bâtiments d'habitation qui influencent fortement la consommation d'énergie, les bases de données étaient créées aux niveaux d'appartements et de corridors. Cela a permis de déterminer la consommation d'énergie en fonction de plusieurs paramètres qui sont présentés dans le tableau 1.

La qualité de la base des données est un facteur crucial pour la précision de l'outil d'estimation énergétique. Par conséquent, nous avons créé, dans le logiciel DOE-2, huit modèles d'appartement (quatre situés aux coins et quatre pour les orientations principales) et un modèle de corridor par étage type. Les étages types sont les suivants : le rez-de-chaussée, l'étage au niveau neutre du point de vue de l'effet de cheminée et le dernier étage sans et avec toiture. De plus, on a élaboré et introduit dans le logiciel DOE-2 trois nouvelles fonctions qui permettent la simulation des opérations spécifiques relatives aux contrôles : (1) de l'éclairage et des rideaux, (2) de l'ouverture des fenêtres et (3) de l'opération du système de ventilation des corridors.

SCHL CMHC

AU COEUR DE L'HABITATION

Canada

62557

Tableau 1: Paramètres variables utilisés pour la création de bases de données		
Paramètres		
Relatifs au bâtiment	**Relatifs aux appartements**	**Relatifs aux corridors**
Région climatique	Orientations des murs extérieurs	Superficie
Résistance des murs extérieurs	Superficie	Taux de ventilation
Résistance de la toiture	Ratio longueur/largeur	Éclairage
Type de fenêtres	Fenestration	
Infiltration	Cédule d'occupation	
Nombre d'étages	Utilisation de la climatisation	
Cédule d'opération du système de ventilation des corridors		

Application des réseaux de neurones

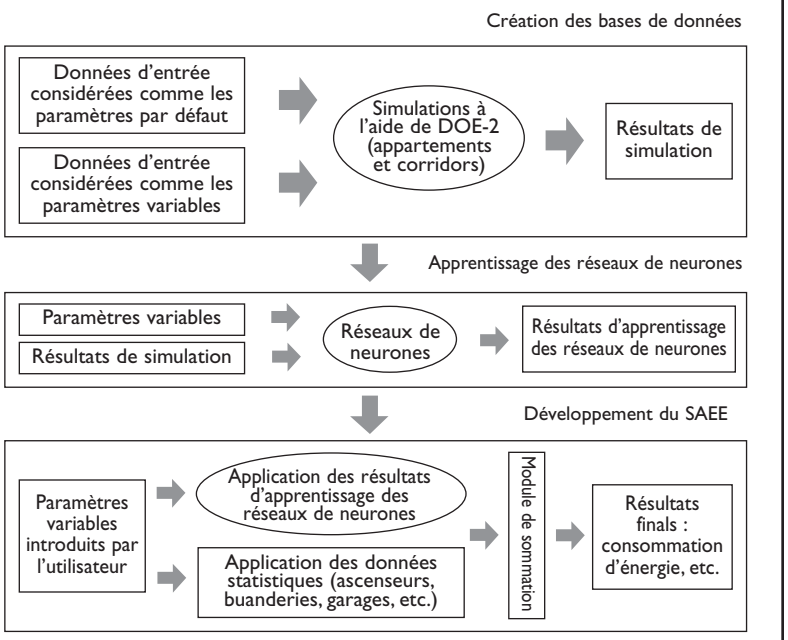
Vingt-sept réseaux de neurones ont été utilisés : trois réseaux de neurones pour l'estimation de la consommation d'énergie des corridors et 24 réseaux pour l'estimation de la consommation d'énergie des appartements. Les bases de données d'apprentissage comportent les résultats des 500 à 841 simulations. La validation de l'apprentissage des réseaux de neurones a été réalisée sur une base de données indépendante comportant les résultats de 200 simulations. Les résultats de l'analyse statistique pour valider l'apprentissage des réseaux de neurones sont présentés dans le tableau 2. On ne présente que les résultats relatifs aux quelques orientations pour démontrer les coefficients de variation (CV) les plus élevés. Les CV pour les autres orientations sont meilleurs.

L'analyse des résultats permet de constater que les coefficients de variation sont très faibles, sauf pour les appartements orientés au sud situés à l'étage du milieu et au dernier étage sans toiture (en particulier pour le chauffage). Cela s'explique par les grandeurs des résultats de simulations obtenues. Une analyse des coefficients de variation CV et des écarts types (ET) par tranches de consommation d'énergie de ces appartements a démontré que le CV peut être relativement élevé même si l'écart type est très faible (parfois presque négligeable).

Tableau 2 : Résultats d'apprentissage des réseaux de neurones							
		Consommation d'électricité de base		**Consommation d'électricité de chauffage**		**Consommation d'électricité de refroidissement**	
Étage	orientation	CV[%]	ET [kWh]	CV [%]	ET [kWh]	CV [%]	ET [kWh]
Premier étage	nord	0,49	19,59	1,95	219,16	1,12	8,11
	sud	0,55	22,07	1,83	166,26	1,42	14,06
	ouest	0,39	15,27	1,17	134,71	1,33	13,61
	sud-ouest	0,77	30,72	2,89	570,85	1,96	22,58
Étage du milieu	nord	mêmes résultats que pour le premier étage	mêmes résultats que pour le premier étage	3,08	29,14	0,81	7,11
	sud			6,10	16,74	0,85	7,11
	ouest			2,35	43,73	1,00	11,99
	sud-ouest			3,21	67,60	1,39	19,17
Dernier étage sans toit	nord	mêmes résultats que pour le premier étage	mêmes résultats que pour le premier étage	3,88	26,49	0,79	7,21
	sud			7,94	12,23	0,93	11,13
	ouest			4,80	25,31	1,04	12,96
	sud-ouest			5,58	50,34	1,04	20,19
Dernier étage avec toit	nord	mêmes résultats que pour le premier étage	mêmes résultats que pour le premier étage	1,33	53,99	0,93	6,90
	sud			2,44	56,35	1,04	10,59
	ouest			1,69	59,01	1,15	12,19
	sud-ouest			2,43	96,47	1,89	23,88

Utilisation des résultats d'apprentissage et la conception d'un Système d'Aide aux Estimations Énergétiques (SAEE) des bâtiments d'habitation

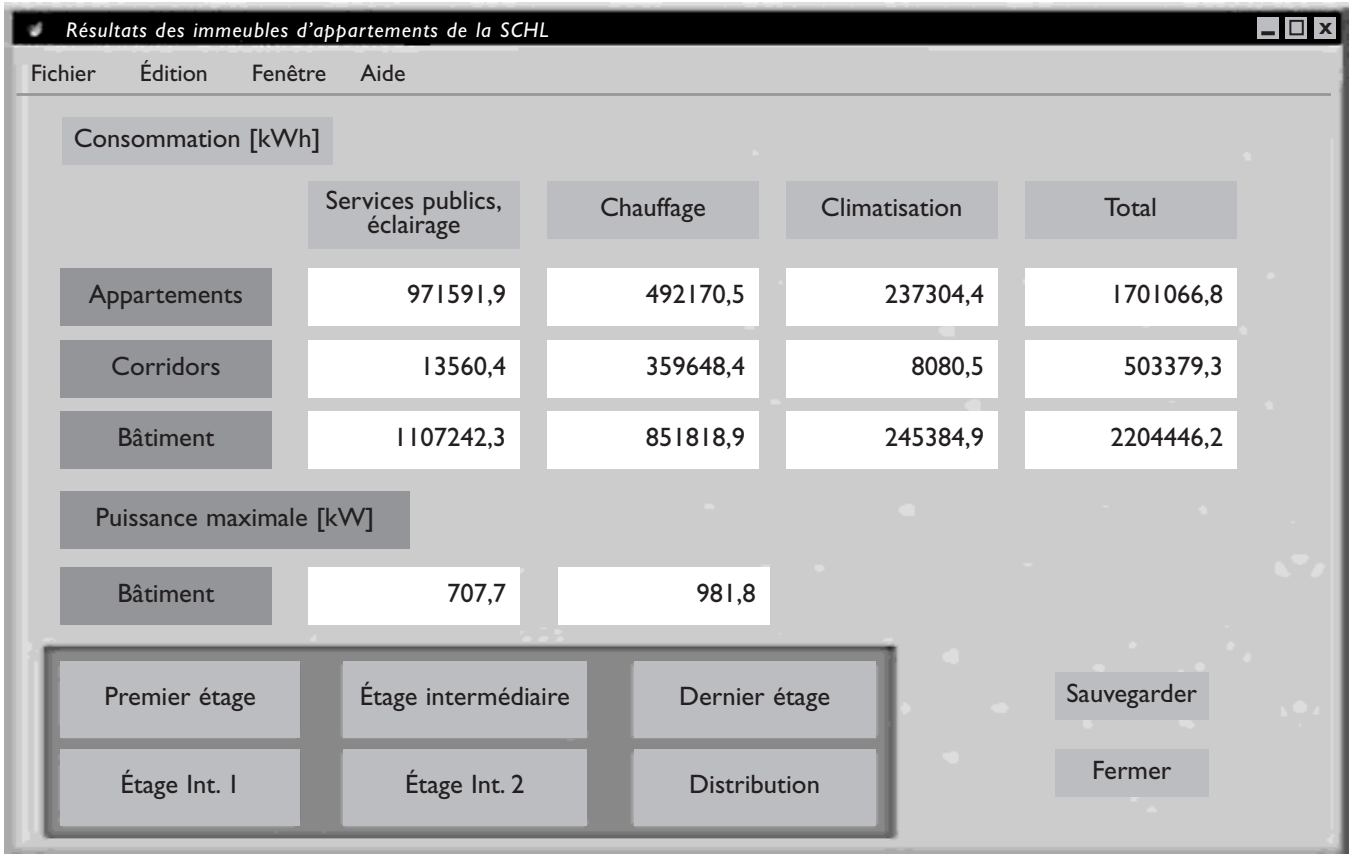
Figure 1: Schéma simplifié du SAEE



Pour rendre l'estimation de la consommation d'énergie plus facile, nous avons conçu trois interfaces utilisateurs développant ainsi un Système d'Aide aux Estimations Énergétiques (SAEE) des bâtiment d'habitation de cinq à 25 étages. Ces interfaces ne sont actuellement accessibles qu'avec le logiciel MATLAB, mais le code du SAEE peut être traduit en langage C++.

Les paramètres d'entrée utilisés dans le SAEE sont les mêmes que ceux présentés dans le tableau 1. Ils permettent de déterminer les consommations d'énergie des appartements et des corridors. Les consommations d'énergie de certains postes tels les ascenseurs, l'éclairage extérieur, les garages souterrains etc. peuvent provenir des données statistiques relatives à ce type de bâtiments. Les données ainsi fournies peuvent être ajoutées aux résultats obtenus par l'application des réseaux de neurones. Un module de sommation permettrait dans ce cas de calculer la consommation totale du bâtiment. La figure 1 présente les étapes du développement et le schéma du SAEE. Il est à souligner que le module de sommation ne s'applique actuellement qu'aux résultats relatifs aux appartements et corridors.

Figure 2 : Exemple des résultats du SAEE (fenêtre principale des résultats)



Consommation [kWh]	Services publics, éclairage	Chauffage	Climatisation	Total
Appartements	971591,9	492170,5	237304,4	1701066,8
Corridors	13560,4	359648,4	8080,5	503379,3
Bâtiment	1107242,3	851818,9	245384,9	2204446,2

Puissance maximale [kW]		
Bâtiment	707,7	981,8

La figure 2 présente l'exemple des résultats du SAEE. En réalité, ils sont beaucoup plus détaillés parce qu'ils peuvent être présentés par type d'appartements en tenant compte de leur orientation et de l'emplacement (étage).

Validation du SAEE

La comparaison des résultats obtenus par le SAEE et les consommations d'énergie enregistrées dans un bâtiment situé à Ottawa révèle une très bonne précision du SAEE (l'erreur est de 0 % pour l'horaire d'occupation n° 2 et de 5 % pour l'horaire d'occupation n° 1). Il faut quand même souligner que l'horaire d'occupation n° 2 correspond mieux à ce bâtiment qui est habité par des personnes âgées.

Conclusion

Le système SAEE permet de déterminer, en faisant varier les paramètres variables, la consommation annuelle d'énergie de chauffage, de refroidissement et de base (utilitaires et éclairage) pour appartements et corridors en fonction de leur emplacement. Le SAEE permet aussi d'analyser l'impact de ces paramètres sur la consommation d'énergie dans les bâtiments d'habitation tout en tenant compte de l'interaction entre les systèmes CVCA (chauffage, ventilation et conditionnement d'air) et l'enveloppe du bâtiment étudié.

Le SAEE est développé pour les conditions climatiques d'Ottawa. Pour l'utiliser dans des conditions climatiques différentes, il faut faire une correction appropriée de la consommation de chauffage et de refroidissement. Pour éviter ces corrections, dans la prochaine application de la méthode développée pour ce projet, il faudrait envisager de considérer certaines caractéristiques de fichier climatique comme des paramètres variables. Il est évident que l'étape de la création de la base des données pour l'apprentissage des réseaux de neurones doit être modifiée en conséquence.

Directeur de projet : Sandra Marshall

Consultants de recherche : Stanislas Kajl, Marc-Antoine Roberge École de technologie supérieure Montréal.

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la *Loi nationale sur l'habitation,* le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent feuillet documentaire fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets *Le Point en recherche* et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web à

www.cmhc-schl.gc.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : 1 800 668-2642
Télécopieur : 1 800 245-9274

NOTRE ADRESSE SUR LE WEB : www.cmhc-schl.gc.ca

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La SCHL se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.