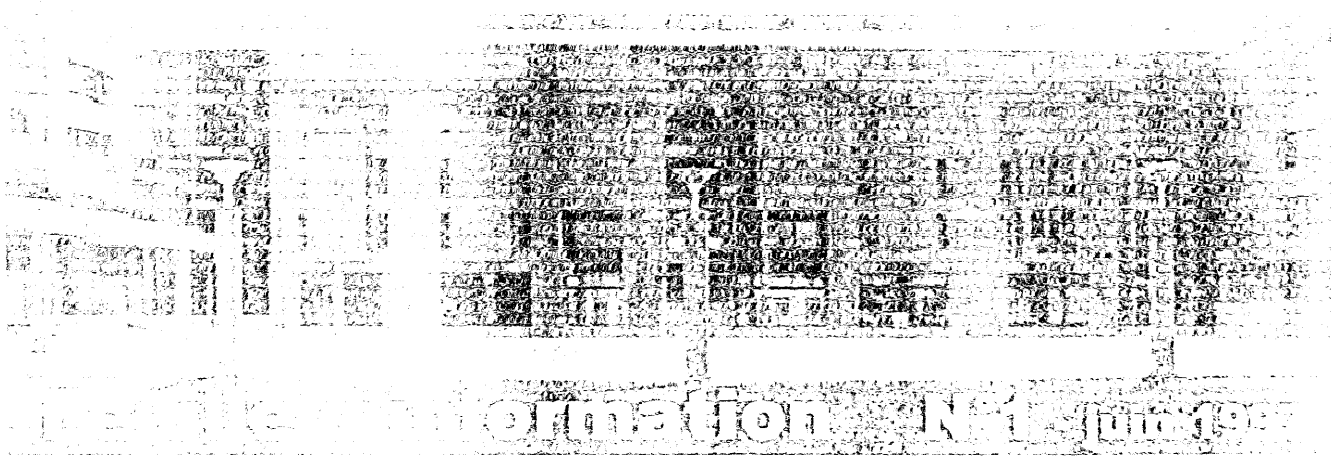
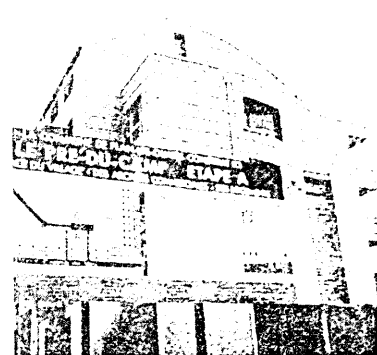


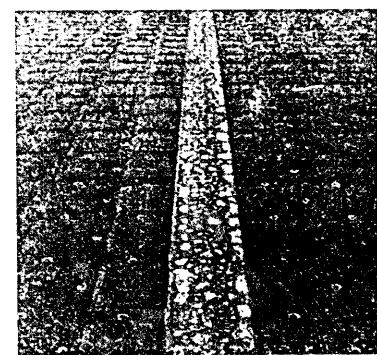


Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie • 19 avenue de la jonction • CH-1205 Genève • Tel 022 705.72.30 • Fax 022 705.72.31

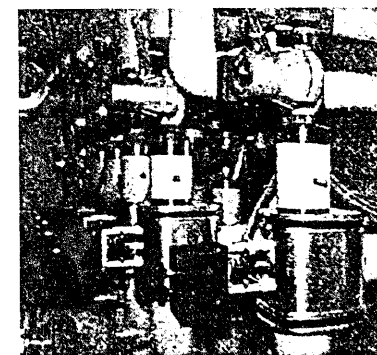


Pourquoi cette feuille ?

Si l'impulsion à la mise au point d'un projet de recherche scientifique est venue de l'extérieur, la poursuite de ce projet est le résultat d'un processus complexe et continu. Ce processus est influencé par de nombreux facteurs, dont la disponibilité des ressources, les compétences des chercheurs, les relations avec les partenaires, et la motivation des acteurs. La mise en œuvre d'un projet de recherche est un processus complexe et continu, qui nécessite une coordination efficace des ressources et des compétences.



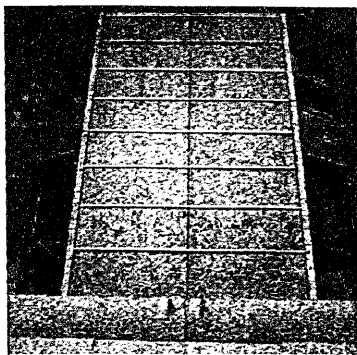
La mise en œuvre d'un projet de recherche est un processus complexe et continu, qui nécessite une coordination efficace des ressources et des compétences. Ce processus est influencé par de nombreux facteurs, dont la disponibilité des ressources, les compétences des chercheurs, les relations avec les partenaires, et la motivation des acteurs. La mise en œuvre d'un projet de recherche est un processus complexe et continu, qui nécessite une coordination efficace des ressources et des compétences.



La mise en œuvre d'un projet de recherche est un processus complexe et continu, qui nécessite une coordination efficace des ressources et des compétences. Ce processus est influencé par de nombreux facteurs, dont la disponibilité des ressources, les compétences des chercheurs, les relations avec les partenaires, et la motivation des acteurs. La mise en œuvre d'un projet de recherche est un processus complexe et continu, qui nécessite une coordination efficace des ressources et des compétences.

La mise en œuvre d'un projet de recherche est un processus complexe et continu, qui nécessite une coordination efficace des ressources et des compétences. Ce processus est influencé par de nombreux facteurs, dont la disponibilité des ressources, les compétences des chercheurs, les relations avec les partenaires, et la motivation des acteurs. La mise en œuvre d'un projet de recherche est un processus complexe et continu, qui nécessite une coordination efficace des ressources et des compétences.

La mise en œuvre d'un projet de recherche est un processus complexe et continu, qui nécessite une coordination efficace des ressources et des compétences. Ce processus est influencé par de nombreux facteurs, dont la disponibilité des ressources, les compétences des chercheurs, les relations avec les partenaires, et la motivation des acteurs. La mise en œuvre d'un projet de recherche est un processus complexe et continu, qui nécessite une coordination efficace des ressources et des compétences.



Première analyse de l'enveloppe et demande d'énergie de chauffage du bâtiment

L'étude de l'enveloppe permet d'évaluer les besoins de chaud et de froid que les installations techniques doivent couvrir pour assurer le confort thermique dans les bâtiments. Avec un bon fonctionnement et une bonne complémentarité des installations et de l'enveloppe, les besoins calculés doivent correspondre aux consommations mesurées.

L'analyse de l'enveloppe du bâtiment a été effectuée élément par élément (voir illustrations). En termes d'énergie, on peut relever l'efficacité des détails constructifs et des choix de composants de l'enveloppe qui ont été faits sur cet ensemble. En particulier:

- l'isolation thermique des murs de façade en laine de roche de 120mm avec bardage extérieur en plaques de fibrociment;
- le vitrage isolant double avec couche sélective et gaz inerte (coefficient- $k = 1.6 \text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$) avec menuiseries en bois-métal.

L'isolation extérieure permet d'éviter les ponts thermiques et fait bénéficier les appartements de la masse thermique des murs de façade pour une meilleure utilisation des gains internes et solaires et pour assurer le confort d'été.

Bilan thermique

Le résultat du calcul du bilan thermique selon la norme SIA 380/1 reflète les efforts faits sur l'enveloppe, l'orientation favorable des ouvertures et le système de récupération de chaleur sur l'air vicié. La demande d'énergie de chauffage Q_{ch} répondant aux pertes par transmission et par ventilation est de l'ordre de $100 \text{ MJ/m}^2\text{année}$, soit de plus de la moitié inférieur à la valeur-cible pour les immeubles nouveaux.

Ce résultat est à pondérer par les limites de la méthode de calcul, précise pour la construction "traditionnelle", mais moins adaptée aux constructions à basse consommation d'énergie. De plus, le calcul a été fait avec les données météo et les valeurs d'utilisation standard. Un calcul plus précis sera possible dès le moment où ces paramètres seront disponibles.

Analyse préliminaire des relevés de consommation

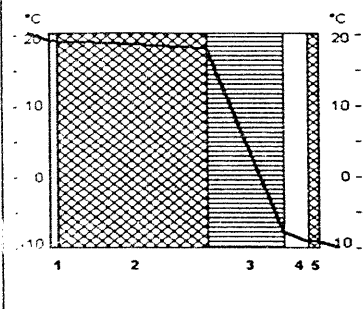
Durant l'hiver 1996-1997 des relevés manuels des consommations de gaz ont été effectués par l'entreprise de chauffage. L'indice de consommation qui en découle n'est pas directement comparable à la demande d'énergie de chauffage Q_{ch} car la chaudière participe à la préparation de l'eau chaude sanitaire et la récolte de la toiture solaire et le rendement de la chaudière en fonctionnement intermittent ne sont pas connus. Après correction (estimation) nous obtenons un indice préliminaire pour les besoins d'énergie de chauffage (de l'ordre de $200 \text{ MJ/m}^2\text{année}$) qui est supérieur aux besoins calculés. Etant donné les calculs simplifiés et l'occupation récente des bâtiments, il est difficile d'analyser cette différence. Néanmoins, différentes hypothèses permettent de trouver une explication partielle à cet écart:

- le bâtiment est en exploitation depuis peu de temps et un surplus de consommation est imputable au séchage du gros oeuvre (première saison de chauffage);
- la régulation du système de chauffage n'était pas optimisée (par exemple enclenchement de la chaudière alors que la température du stock est encore suffisante);
- il y a dépassement de la température de consigne (22°C au lieu de 20°C ; température relevée sur l'air viciée des appartements); chaque degré représente une augmentation de consommation de 7% environ;
- les algorithmes du calcul de bilan sont mal adaptés à des bâtiments à faible consommation d'énergie.

Suite

Un des objectifs de l'étude sera de confirmer les relevés et de comprendre l'écart avec le calcul. L'étude de l'enveloppe sera mise en parallèle avec l'étude du système technique. Les résultats ainsi obtenus permettront d'étayer et de valider d'un point de vue énergétique les choix techniques et architecturaux réalisés sur cet ensemble.

Détail constructif du mur de façade

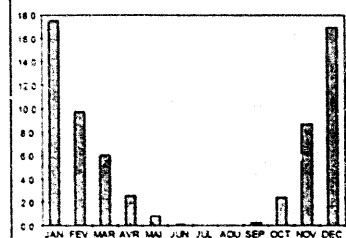


Ressource "mur type 2"

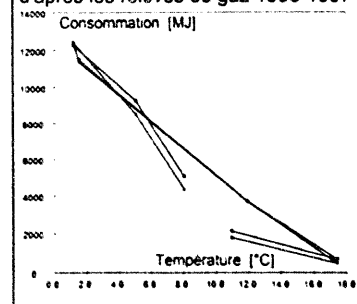
Composition	lambda [W/mK]	épaisseur [m]	résistance [m ² K/W]
alpha intérieur			0.125
crêpis int.	0.7	0.01	0.014
béton	1.8	0.24	0.133
laine de verre	0.035	0.12	3.429
laine d'air verticale		0.03	0.181
placage ext. Eternite	1.8	0.01	0.008
alpha ext.			0.050
R total =			3.938 [m ² K/W]
coeff.-k =			0.254 [W/m ² K]

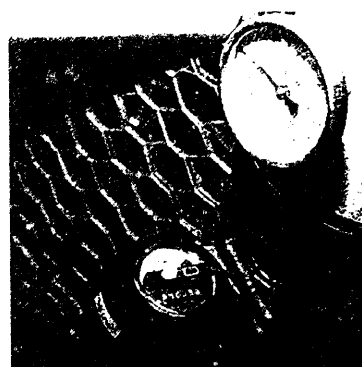
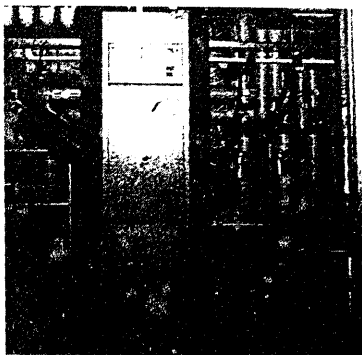
Bilan mensuel selon SIA 380/1

Besoin de chauffage Q_{ch} en $\text{MJ/m}^2\text{mois}$, étages d'habitation bâtiment 1/2



Signature énergétique préliminaire d'après les relevés de gaz 1996-1997





Premières mesures sur les installations techniques

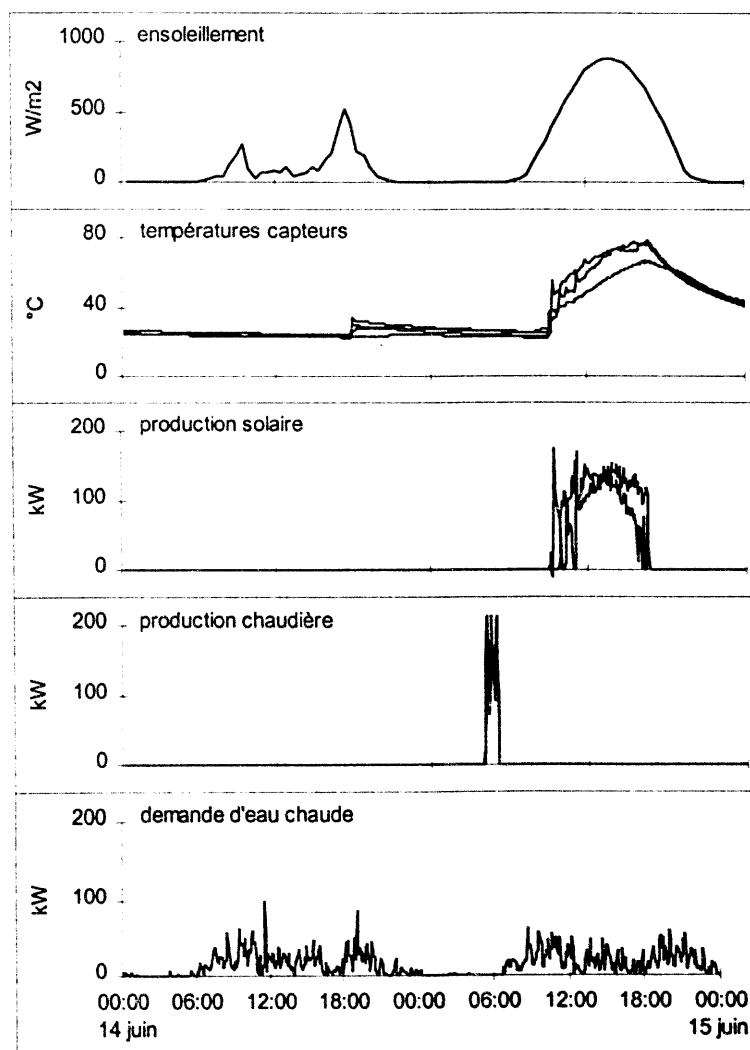
L'analyse thermique de l'ensemble d'un bâtiment aussi complexe ne peut être effectuée que par une analyse détaillée des différents sous-systèmes pendant une longue période (au moins un an). En plus de l'information fournie par la régulation, nous avons mis en place un système de mesures parallèle, constitué d'environ 90 sondes étalonnées par nos soins (thermocouples, débitmètres, anémomètres, solarimètres, fluxmètres, hygromètres).

Le système de mesures se divise en trois parties distinctes:

- chaufferie - comprend le système solaire actif avec stockage, la chaudière d'appoint, la distribution d'eau chaude sanitaire (ECS), la distribution d'énergie thermique pour le chauffage (radiateurs et complément à la ventilation) et la consommation de gaz;
- ventilation - cette partie concerne les systèmes de traitement d'air (les puits canadiens et l'échangeur de chaleur double flux);
- toiture solaire - l'étude de sa performance requiert la mesure détaillée des ensoleillements, des vitesses de vent et des températures locales.

La similitude des consommations relevées sur les deux chaufferies nous a permis de nous focaliser sur une seule; nous prendrons néanmoins quelques données représentatives de la deuxième (relevés de consommation de gaz).

L'acquisition des données est effectuée par un datalogger, qui permet de mesurer, d'effectuer un traitement préalable et de stocker toute l'information avec la précision nécessaire; l'ensemble des grandeurs ainsi obtenues est rapatrié par modem vers un ordinateur au CUEPE, ce qui permet un contrôle "permanent" du système de mesure. Les données sont alors stockées sous la forme de fichiers journaliers et sont systématiquement contrôlées à l'aide d'une série de graphiques pré-définis qui recouvrent toutes les mesures.



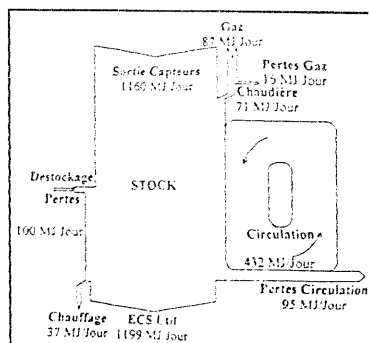
Actuellement, la première partie étant complètement opérationnelle (28 thermocouples et 13 débitmètres), on procède à une acquisition instantanée des données toutes les 15 secondes et à l'enregistrement des moyennes ou des sommes toutes les 5 minutes. Jusqu'au début de la saison de chauffage (octobre), nous nous concentrons sur la production d'eau chaude sanitaire (ECS).

Ci-contre le comportement de la production et de la demande d'eau chaude sur deux jours d'été (14 et 15 juin), couvert puis ensoleillé.

La toiture solaire (qui n'a ici fonctionné que le deuxième jour) fait preuve d'un rendement satisfaisant: à une température de sortie de 75°C en fin d'après-midi elle produit encore environ 200 kW (aile sud seulement).

A la fin de la deuxième nuit et suite à plusieurs jours couverts, la chaudière s'est mis en marche pendant quelques heures, la température du stock s'étant abaissée à 58°C (ceci aurait pu être évité en ajustant la température de consigne sur la température de distribution de 55°C). L'efficacité de la chaudière pendant ce bref fonctionnement s'élève à 80%.

La consommation d'eau chaude est quant à elle relativement uniforme de 7 à 22h, avec des pointes à midi et à 18h.



Jour	Soleil incid. MJ/m²	Cap-teurs MJ	η Cap %	Gaz MJ	Char-dièr MJ	η Chau-dièr %	Entrée stock MJ	ECS m³	ECS MJ	Circula-tion ECS MJ	Sortie stock MJ
11-juin	22	1211	8	0	0	--	1211	7.2	1201	100	1301
12-juin	22	701	4	0	0	--	701	6.0	1054	99	1153
13-juin	12	0	0	0	0	--	0	7.8	1291	90	1381
14-juin	8	0	0	0	0	--	0	7.0	1204	87	1291
15-juin	29	5249	26	612	496	81	5745	7.2	1195	93	1288
16-juin	9	0	0	0	0	--	0	6.6	1219	103	1322
17-juin	23	958	6	0	0	--	958	7.2	1228	96	1324
	125	8119	9	612	496	81	8615	7.0	8392	668	9060

Les données rapatriées pendant la période du 11 au 17 juin ont permis d'établir un bilan énergétique préliminaire (voir schéma et tableau ci-dessus). Cette première analyse indique que pendant la saison estivale, l'énergie solaire couvre approximativement les besoins thermiques du bâtiment. D'autre part, les pertes dues à la circulation de l'eau chaude sanitaire sont de l'ordre de 8%, ce qui peut justifier sa suppression pendant les heures de demande régulière d'eau chaude (6h à 22h).

L'équipe de suivi

Le Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie (CUEPE) a été fondé il y a 20 ans et rassemble les chercheurs des différentes facultés de l'Université travaillant sur les problèmes de l'énergie. Il dispose de locaux et d'une bibliothèque. Le centre organise aussi régulièrement des colloques et des séminaires.

L'équipe chargée du suivi scientifique de la Cité Solaire comprend des physiciens, des architectes, un ingénieur et un technicien. Ensemble, ils sont en charge d'évaluer la qualité thermique globale du bâtiment et le confort qu'il offre à ses habitants d'une part, et les différents systèmes techniques chargés de produire l'énergie ou de l'économiser d'autre part.

Groupe de travail

Gisela Branco	doctorante en physique,	Peter Gallinelli	architecte,
Pierre Hollmuller	physicien,	Bernard Lachal	physicien,
Eric Pampaloni	technicien,	Constantin Soutter	ingénieur ETS,
Willi Weber	architecte.		

Calendrier

printemps 1997	pose des différents appareils, évaluation de la qualité théorique de l'enveloppe,
été 1997	premières mesures (eau chaude sanitaire), aide à la mise au point de la régulation,
octobre 1997	mesure hiver (ECS, chauffage), aide à la mise au point de la régulation, évaluation qualité de l'enveloppe,
mai 1998	mesure été (production d'eau chaude, confort d'été),
octobre 1998	mesure d'hiver,
mai 1999	fin des mesures,
automne 1999	fin de l'étude.

Le groupe d'accompagnement

Ce groupe comprend les représentants des institutions parties prenantes au projet et des cercles concernés par l'utilisation rationnelle de l'énergie ainsi que certains professionnels ayant participé à la construction de la Cité Solaire. Son objectif est d'assurer la liaison entre le groupe de suivi et les milieux concernés par les résultats de cette recherche. Il se réunit deux fois par année pour prendre connaissance de l'avancement du suivi scientifique et fait des propositions sur la suite des travaux.

Ont été présentés les institutions, groupements et entreprises suivants:

- Mairie de Plan-les-Ouates,
- Office cantonal de l'énergie (OCEN),
- Office fédéral de l'énergie (OFEN),
- Bureau d'architectes ayant réalisé le projet,
- Bureau d'ingénieurs ayant développé le concept énergétique,
- Installateurs du chauffage, de la toiture solaire et de la régulation,
- Expert de l'Ecole polytechnique de Lausanne (EPFL) durant la conception des bâtiments,
- Gestionnaires des logements,
- Association des gérants immobiliers, régisseurs et promoteurs de Genève,
- Associations des architectes et des techniciens,
- Locataires.