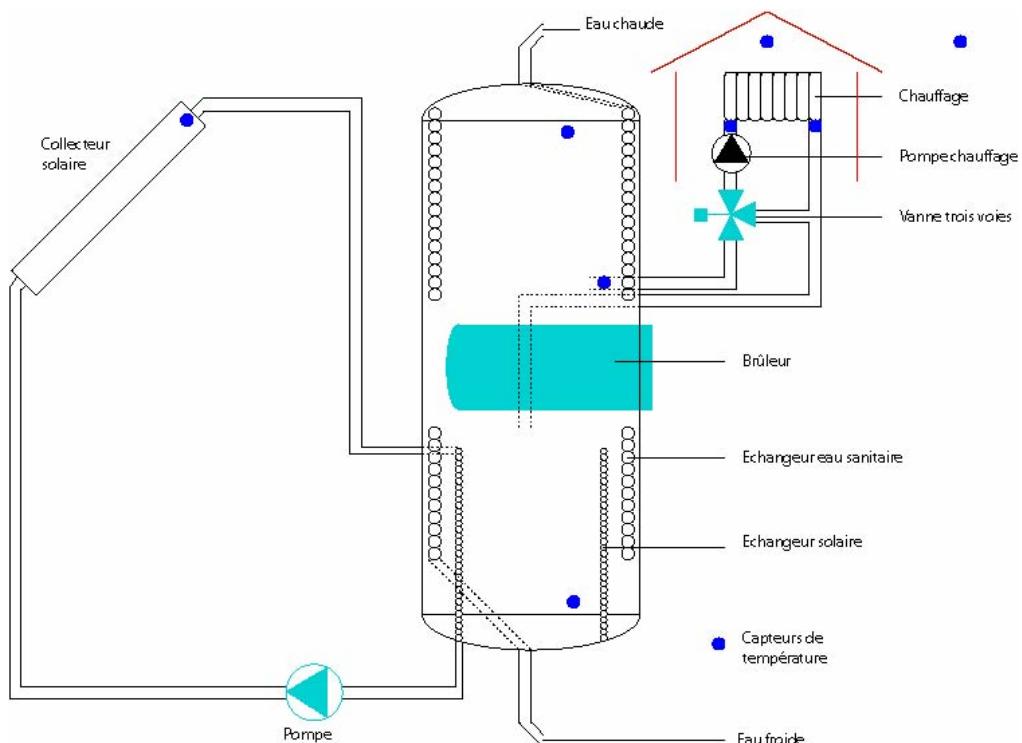


Nom des rapporteurs: Thierry Pittet thierry.Pittet@eivd.ch
Philippe Dind philippe.Dind@eivd.ch

Institut mandataire: Laboratoire d'énergétique solaire et <http://solarplant.eivd.ch>
de physique du bâtiment, EIVD

Optimisation d'installations solaires combinées



Résumé :

La classification et la comparaison des systèmes solaires combinés a débuté avec le travail de la tâche 26 de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE). Ce travail permet de promouvoir, de tester et d'optimiser ce type d'installation. Actuellement, il existe des systèmes solaires combinés ayant des performances disparates. L'installation Arpège étudiée dans le Laboratoire d'Energétique Solaire et de Physique du Bâtiment a bénéficié d'améliorations lui permettant de se situer parmi les systèmes solaires combinés performants. Nous avons également étudié des installations solaires dites idéales (dream system) regroupant différentes caractéristiques intéressantes de certains systèmes simulés par les participants à la tâche 26. Les résultats sont prometteurs et montrent ainsi un des concepts vers lequel le développement futur devrait se tourner.

De plus, en collaboration avec l'EPFL (Laboratoire d'automatique) des tests avec une nouvelle régulation de chauffage sont en cours. Les premiers résultats montrent un gain d'environ 10% sur l'économie d'énergie fossile. Additionné au "dream system", cette nouvelle stratégie de régulation permettrait de surpasser toutes les installations solaires actuelles.

De manière à confirmer cette augmentation de rendement, plusieurs simulations représentant les différentes périodes de l'année ont été effectuée pour la ville d'Yverdon.

1 INTRODUCTION

Ce document est un complément au rapport "optimisation de systèmes solaires combinés", partie 2, EIVD 2002.

Alors que le solaire thermique consacré à l'eau chaude sanitaire (ECS), commence à bien se faire connaître et peut afficher des rendements moyens annuels supérieurs à 50% et des taux de couverture des besoins en eau chaude de 60-70% sur le Plateau Suisse, les systèmes solaires combinés (eau chaude et chauffage) rencontrent moins de succès. Ces derniers permettent couramment d'atteindre un taux de couverture solaire de l'ensemble des besoins thermiques annuels se situant autour des 30 % , résultat jugé peu attractif par la plupart des propriétaires, qui ne perçoivent pas suffisamment la notion d'économie d'énergies fossiles que cache ce chiffre.

L'optimisation des systèmes combinés a été au centre des préoccupations des participants à la tâche 26 de l'AIE, durant laquelle différents scientifiques et professionnels du solaire ont pu échanger leurs connaissances dans le domaine. Après l'optimisation physique des systèmes, la partie régulation a été le sujet principal du projet. Outre les réglages classiques, nous avons choisi d'augmenter l'intelligence embarquée dans le système pour lui permettre de comprendre le comportement du bâtiment et de prévoir les apports solaires journaliers heure par heure.

Les simulations effectuées dans ce début d'année, nous ont permis de confirmer les premiers résultats estimés et mesurés en 2002, soit un gain de environ 10% avec cette nouvelle régulation par rapport à une régulation performante du marché actuel.

2 LES ESSAIS

2.1 SEQUENCE METEO

Pour comparer la régulation optimale prévisionnelle à la régulation "classique" de l'installation Arpège, nous avons choisi de simuler plusieurs séquences météo.

A l'aide d'un émulateur solaire, nous avons reproduit à notre guise les séquences météo choisies.

L'émulateur solaire fonctionne en lieu et place des capteurs solaires; trois corps de chauffe sont alimentés électriquement, proportionnellement à la valeur de l'ensoleillement désiré, en intégrant les caractéristiques du capteur solaire (rendement, pertes, surface de captage).

De façon à représenter toute l'année, nous avons choisi quatre séquences météo, représentant les quatre saisons régnant sous nos latitudes.

A la suite de quelques ennuis de technique et de logiciel, nous n'avons pu simuler que trois périodes. Ayant estimé qu'en été, les gains supplémentaires apportés par le nouveau régulateur étaient négligeables voire nuls par rapport à la régulation classique, nous avons mis de côté la séquence estivale. (Justification : le chauffage étant hors fonction, la seule production que l'installation doit fournir est l'ECS, qui est couverte en été par le solaire à près de 100%).

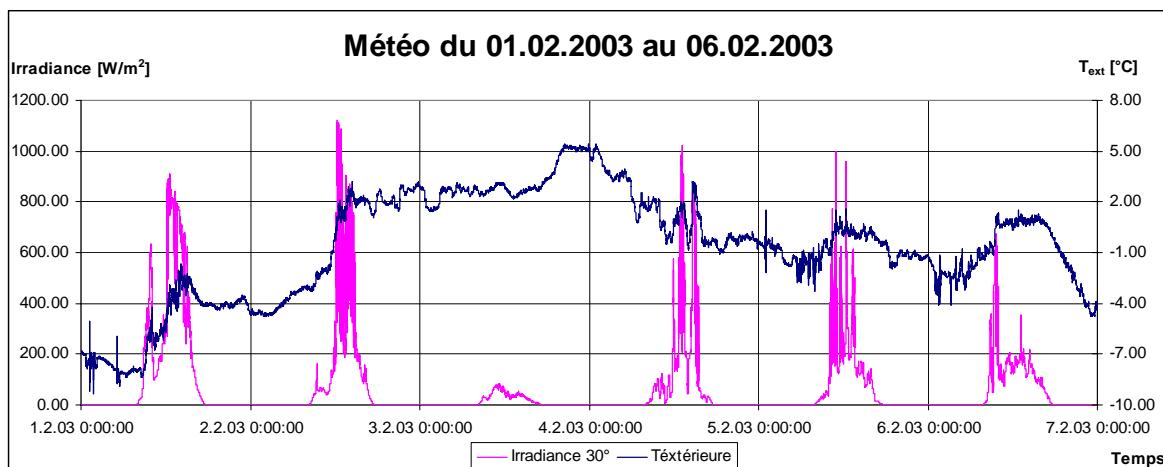


Fig.1 : Type de donnée météo pour une séquence de simulation (ici, séquence d'hiver)

2.2 SIMULATIONS

Les simulations météo ont une durée de six jours chacune. Nous avons choisi des soutirages journaliers fixes de 8 kWh, (ménage de quatre personnes). La température de consigne de chauffage est de 16°C de 22h00 à 6h00 et de 20°C 6h00 à 22h00.

Pour effectuer ces simulations comparatives, nous disposons dans le labo de l'accumulateur thermique avec brûleur intégré du système solaire combiné Arpège, de l'émulateur solaire, d'un PC de simulation de la maison fictive, d'un PC pour le contrôle de l'émulateur solaire et évidemment de la régulation optimale qui par l'intermédiaire d'un module Field Point vient se brancher sur l'installation solaire. En fonction de la météo les PC donnent les informations de fonctionnement à l'émulateur et au système combiné tout en faisant une acquisition (par pas de temps de 12 sec.) des différentes températures et des débits.

Le programme gérant la maison est très complet. Il représente une maison d'un seul pièce avec un pan de toit unique. Épaisseur et composants des murs et du toit, taux de renouvellement d'air, localisation, surface et qualité du vitrage, consigne de température chauffage, gains internes,... sont autant de paramètres sur lesquels peut agir l'utilisateur pour simuler un type de maison particulière (voir annexe).

2.3 RÉSULTATS

Les acquisitions du déroulement du test sont enregistrées dans deux tableurs de trois jours chacun (en raison de la taille des fichiers). De là, un bilan énergétique est fait sur la cuve, il permet de comparer les consommations et les pertes liées au fonctionnement du système solaire combiné avec l'une ou l'autre des régulations.

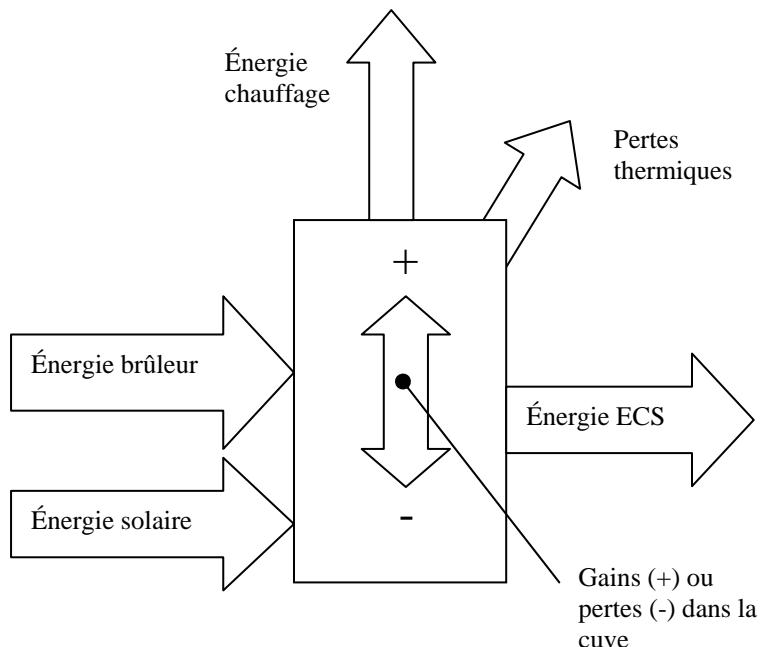


Fig. 2 : Bilan thermique sur la cuve

Résultats de la simulation en période d'hiver (1-6 février 2003) :

OPTI	énergie solaire [kWh]	énergie chauffage	énergie ECS	pertes thermiques	gain dans la cuve	énergie brûleur	Pénalité <19.5°C	Pénalité >24°C
jour 1	8.06	-57.65	-8.46	-3.41	-2.15	63.61	2.61	0.00
jour 2	6.57	-56.80	-8.40	-3.42	-1.61	63.66	2.85	0.00
jour 3	0.00	-58.09	-7.42	-3.39	2.08	66.81	3.00	0.00
jour 4	3.85	-51.82	-8.46	-2.88	-0.13	59.43	2.77	0.00
jour 5	1.30	-57.92	-8.57	-2.88	-2.49	70.55	2.44	0.00
jour 6	0.50	-11.58	-8.46	-2.88	-7.00	29.40	3.67	0.00
Total	20.29	-293.85	-49.77	-18.85	-11.28	353.47	17.34	0.00

ELESTA	énergie solaire [kWh]	énergie chauffage	énergie ECS	pertes thermiques	gain dans la cuve	énergie brûleur	Pénalité <19.5°C	Pénalité >24°C
jour 1	9.93	-66.40	-8.53	-2.76	-1.06	68.81	1.31	0.00
jour 2	6.36	-58.49	-8.47	-2.77	1.40	61.97	0.84	0.00
jour 3	0.00	-52.41	-8.44	-2.78	0.46	63.17	0.40	0.00
jour 4	4.19	-48.23	-8.44	-2.54	-0.22	55.25	0.30	0.00
jour 5	0.00	-57.77	-8.51	-2.54	0.14	68.69	0.65	0.00
jour 6	0.00	-59.95	-8.52	-2.56	-0.16	71.19	0.73	0.00
Total	20.49	-343.26	-50.91	-15.95	-0.55	389.07	4.22	0.00

Tableau 1 : Résultats de la simulation d'hiver (1 – 6 fév. 2003).

Pour ce cas de figure, la diminution de consommation d'énergie fossile (gaz) avec la régulation optimale est de 9,1% par rapport à la régulation de série. Cependant, en appliquant les critères de pénalité de la tâche 26 lorsque la température ambiante est au-dessous de 19,5°C ou au-dessus de 24°C [1], l'énergie chaleur fournie par le brûleur doit être augmentée de 17,3 kWh avec la régulation optimale contre seulement 4,2 kWh avec la régulation de série (moins de pénalités). En prenant en compte les critères de pénalité, la diminution de consommation d'énergie fossile avec la régulation optimale ne se monte plus qu'à 5,7% par rapport à la régulation de série

Résultats de la simulation en période d'automne (23-28 octobre 2002) :

La séquence présentée ci-dessous montre que l'eau chaude sanitaire n'a pas été soutirée durant les six jours de test (pour des raisons indépendantes de notre volonté !). La séquence permet donc de comparer avec intérêt les deux régulations sur la base de la seule demande d'énergie de chauffage.

Le tableau 2 nous indique que pour la période de mi-saison choisie, la régulation optimale s'est moins bien comportée que la régulation classique. En effet, l'énergie délivrée par le brûleur avec régulation optimale est supérieure à celle délivrée par le brûleur avec régulation classique (65,9 kWh contre 52,0 kWh).

OPTI	énergie solaire [kWh]	énergie chauffage	énergie ECS	pertes thermiques	gain dans la cuve	énergie brûleur	Pénalité <19.5°C	Pénalité >24°C
jour 1	1.33	-24.96	0.00	-3.30	-3.36	30.30	5.75	0.00
jour 2	13.26	-11.60	0.00	-3.44	-5.56	7.34	6.45	0.00
jour 3	1.68	-20.45	0.00	-3.22	6.72	15.28	5.01	0.00
jour 4	16.38	-3.38	0.00	-4.16	-20.04	11.20	3.23	0.00
jour 5	3.12	-5.85	0.00	-4.51	3.07	4.17	2.09	0.00
jour 6	19.05	-2.49	0.00	-5.31	-8.83	-2.41	2.54	0.00
Total	54.82	-68.74	0.00	-23.96	-28.00	65.88	25.06	0.00

ELESTA	énergie solaire [kWh]	énergie chauffage	énergie ECS	pertes thermiques	gain dans la cuve	énergie brûleur	Pénalité <19.5°C	Pénalité >24°C
jour 1	2.68	-20.25	0.00	-2.15	4.43	15.30	0.12	0.00
jour 2	13.50	-17.22	0.00	-2.94	-6.97	13.62	0.26	0.00
jour 3	1.84	-21.13	0.00	-2.64	6.44	15.49	0.13	0.00
jour 4	18.63	-6.13	0.00	-3.51	-13.46	4.46	0.04	0.00
jour 5	4.30	-6.44	0.00	-4.01	1.69	4.46	0.31	0.00
jour 6	21.35	-4.72	0.00	-4.78	-10.54	-1.31	0.56	0.00
Total	62.31	-75.89	0.00	-20.03	-18.40	52.01	1.41	0.00

Tableau 2 : Résultats de la simulation de mi-saison (automne, 23 – 28 oct. 2002).

Les deux graphes ci-dessous mettent en évidence un problème de consigne de température en haut de cuve; les deux régulations étaient réglées pour que l'on ne dépasse pas 60°C, mais la régulation optimale affiche toujours des maxima à 65°C. Ceci explique pourquoi les pertes thermiques de la cuve sont sensiblement plus élevées avec la régulation optimale..

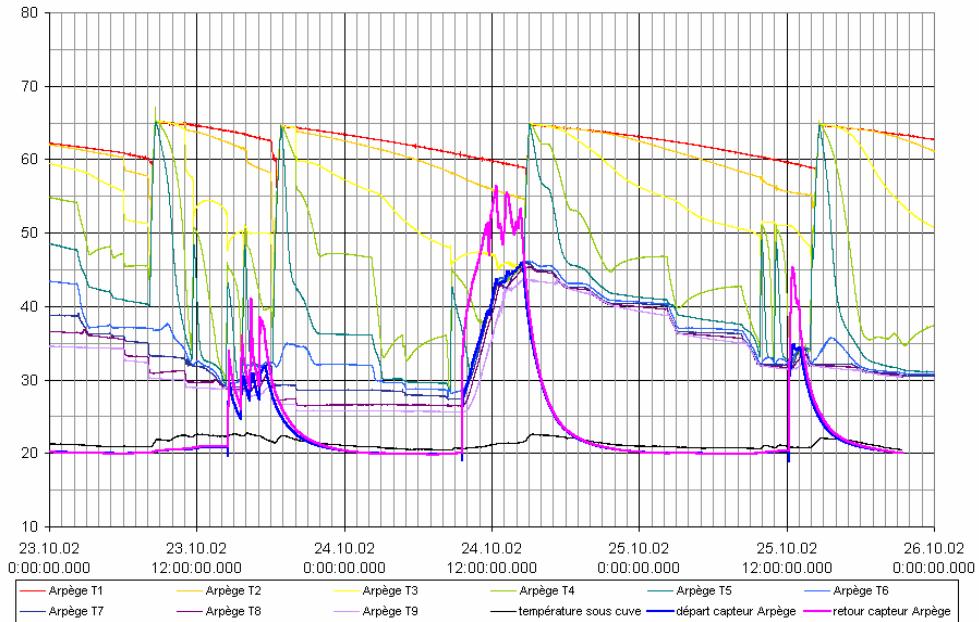


Fig. 3 : Températures au cours du temps avec la régulation optimale

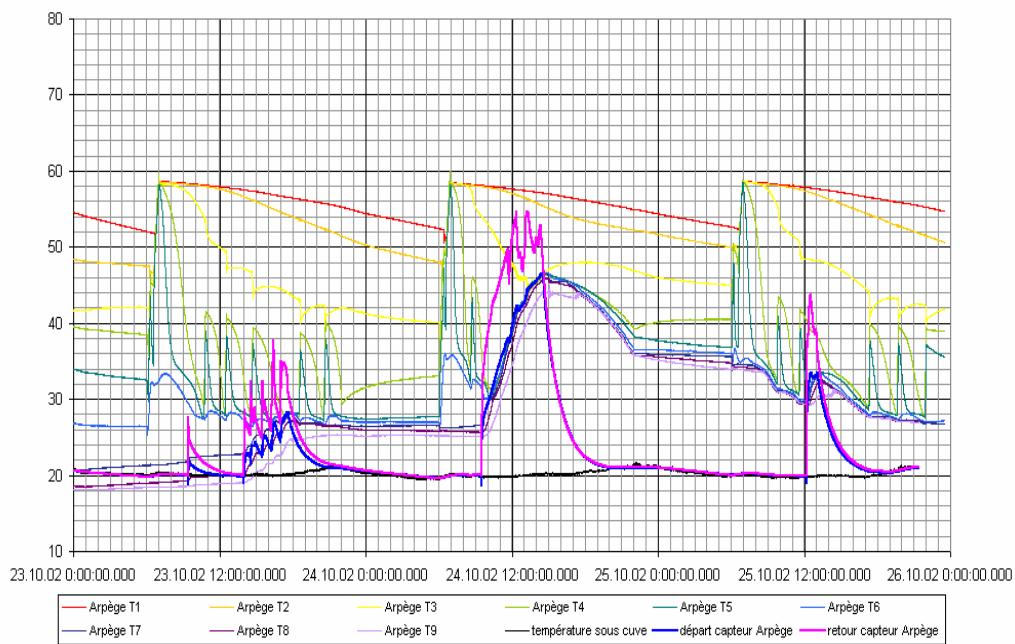


Fig. 4 : Températures au cours du temps avec la régulation classique (Elesta)

Résultats de la simulation en période de printemps (26-29 avril 2002) :

Dans cette deuxième comparaison de mi-saison, nous avons dû nous contenter d'une séquence de quatre jours suite à un problème de mesure les deux derniers jours. Le tableau ci-dessous montre des bilans assez semblables avec les deux régulations.

OPTI	énergie solaire [kWh]	énergie chauffage	énergie ECS	pertes thermiques	gain dans la cuve	énergie brûleur	Pénalité <19.5°C	Pénalité >24°C
jour 1	10.10	-5.12	-8.52	-3.74	-12.47	19.74	4.28	0.00
jour 2	29.80	-0.71	-8.45	-3.81	-16.84	0.00	2.05	0.00
jour 3	9.08	-0.01	-8.44	-3.85	3.22	0.00	1.02	0.00
jour 4	3.14	-0.06	-8.36	-4.41	-2.53	12.23	0.80	0.00
Total	52.11	-5.90	-33.76	-15.81	-28.62	31.97	8.15	0.00

ELESTA	énergie solaire [kWh]	énergie chauffage	énergie ECS	pertes thermiques	gain dans la cuve	énergie brûleur	Pénalité <19.5°C	Pénalité >24°C
jour 1	11.18	-7.45	-8.30	-3.10	-7.26	14.94	0.14	0.00
jour 2	31.83	-5.19	-8.39	-3.14	-16.52	1.41	0.06	0.00
jour 3	10.21	-3.56	-8.53	-3.20	5.08	0.00	0.00	0.00
jour 4	3.68	-1.61	-8.51	-3.77	-2.77	12.99	0.00	0.00
Total	56.89	-17.81	-33.73	-13.20	-21.47	29.33	0.20	0.00

Tableau 3 : Résultats de la simulation de mi-saison (printemps, 26 - 29 avril 2002).

Lors de cette séquence météorologique, seul le deuxième jour présente un bon ensoleillement, avec un apport solaire à l'accumulateur thermique se situant autour de 30 kWh pour les deux régulations. L'énergie fournie par le brûleur est sensiblement la même avec les deux régulations, avec un léger avantage à la régulation Elesta (29.3 kWh, contre 32 kWh à la régulation optimale).

Les deux figures 5 et 6 montrent comment la régulation optimale prédit la météo. Pour la situation d'Yverdon, l'ISM fait un calcul basé sur les mesures des stations de Neuchâtel et Payerne. Les résultats ainsi obtenus dépendent donc d'algorithmes basés sur l'expérience. Dans notre cas, les prévisions de l'irradiance et de la température sont bonnes comparativement aux valeurs réellement mesurées, avec toutefois une tendance à prédire en général une valeur trop faible pour les maxima de l'irradiance et de la température. A l'inverse, en début de 3^{eme} journée, la température extérieure minimale prédicta est insuffisamment basse, ce qui explique pourquoi le brûleur ne se met pas en route ce jour là avec la régulation optimale, occasionnant une pénalité de 1 kWh.

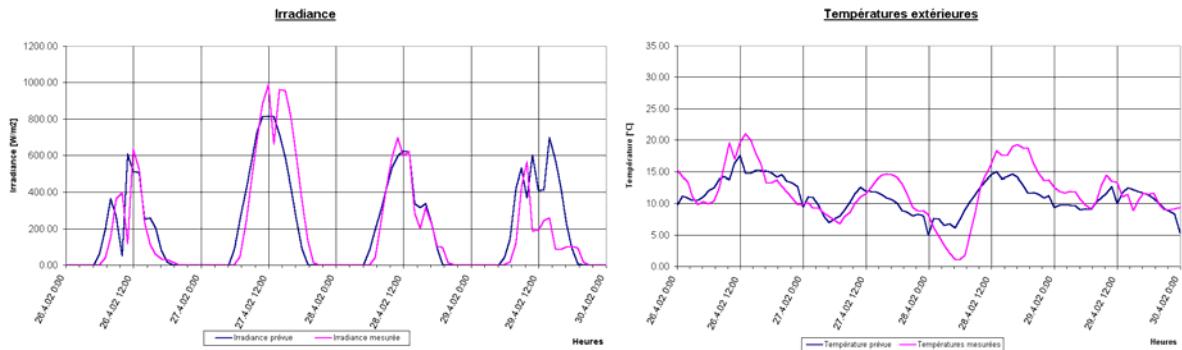


Fig. 5 : Prévision et valeur mesurée de l'irradiance

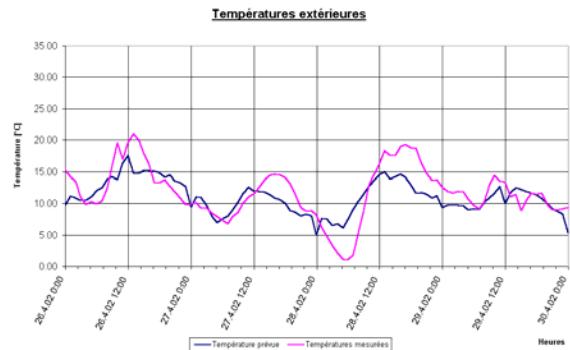


Fig. 6 : Prévision et valeur mesurée de la température

3 CONCLUSIONS

Les tests comparatifs limités effectués ne permettent pas d'annoncer de façon péremptoire une nette supériorité de la régulation optimale sur la régulation de série Elesta. Pour les trois séquences météo présentées, seule la première (1-6 février 2003) se termine à l'avantage de la régulation optimale; les deux autres (mi-saison d'automne et de printemps) laissent plutôt apparaître un avantage pour la régulation Elesta dans le 1^{er} cas (23-28 oct 02) et une égalité dans le dernier cas (26-29 avril 02).

Les simulations effectuées par Thierry Prud'homme concluaient de façon plus optimiste à une diminution d'environ 15% des besoins en énergie fossile sur l'ensemble de l'année avec un «combi-système solaire» équipé d'une régulation optimale prévisionnelle par rapport au même système équipé d'une régulation classique de type Elesta.

Nos tests – de portée certes limitée – tendent à nous faire dire que ce 15 % est probablement trop optimiste et que le gain annuel en économie d'énergie d'appoint se situe plus vraisemblablement autour de 10 %. S'il dépasse cette valeur, c'est assez assurément avec en contre partie un moindre confort : les tableaux analysés ci-dessus font régulièrement apparaître des pénalités pour des températures momentanément inférieures à 19.5°C.

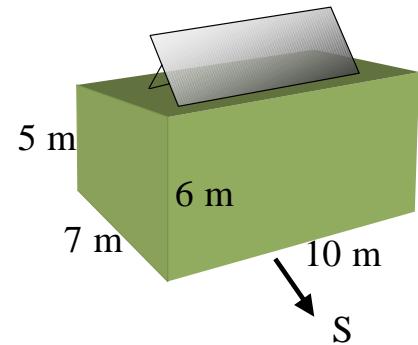
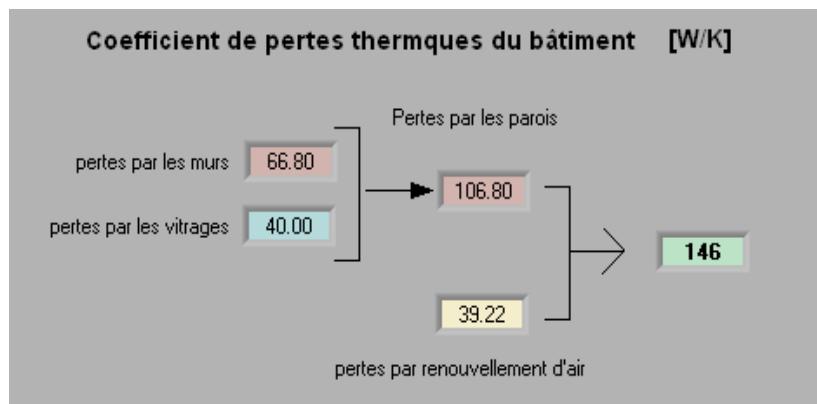
En conclusion, un thème s'ouvre à notre de réflexion : ne devrait-on pas tolérer, au nom de l'intérêt supérieur de la sauvegarde de notre climat, de sacrifier un petit peu de notre exigence de confort sans faille en acceptant qu'une régulation prévisionnelle coupe momentanément un brûleur à gaz ou à mazout parce qu'elle prévoit un apport solaire ultérieur ?

4 REFERENCES

- [1] Résultats des travaux de la tâche 26, handbook, parution 2003
- [2] Rapport final à l'attention de l'OFEN, commande optimale de systèmes solaires combinés, T. Prud'Homme and D. Gillet.

ANNEXE

Construction 1



Position géographique de la maison

Lieu	Zürich	Tmin,ext	-16.00	[°C]
latitude	47.22	[°]		
longitude	-8.33	[°]		
timezone	-1.00	[h] (Ouest >0)		
altitude	413.00	[m]		
orientation	0.00	[°] (Sud=0°, Est=90°, Ouest=-90°, Nord=180°)		
albedo	0.30	[-]		
ρ_{Air}	1.22	[kg/m³]		
Cp_{Air}	1005.37	[J/kgK]		

Pertes par renouvellement d'air

taux de renouvellement	0.30	[- /h]	Part des gains solaires directs sur l'air ambiant	0.31	[-]
Renouvellement d'air dans la pièce	0.032	[m³/s]	Coefficient d'échange thermique sur l'air intérieur	8.00	[W/m²K]
Capacité thermique classique de l'air	470698	[J/K]	Température initiale de l'air	20.00	[°C]

Capacité thermique de l'air accrue si mobilier

Facteur d'accroissement du coefficient de capacité thermique de l'air à cause du mobilier	3.00	[-]
Capacité thermique de l'air	1412095	[J/K]

Construction 1

Façade N°1 sud 33.59 [W/K] <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Généralités</td> <td>Composition du mur</td> <td>Composition fenêtres</td> </tr> <tr> <td>Orientation</td> <td>0 [°] (S=0°, E=90°, O=-90°, N=180°)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inclinaison</td> <td>90 [°] (verticale = 90°, horizontale =0°)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Surface mur</td> <td>48.00 [m²]</td> <td>Surface fenêtres</td> <td>12.00 [m²]</td> </tr> <tr> <td>Absorption solaire sur la surface extérieure</td> <td>0.40 [-]</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Facteur d'absorption solaire intérieure</td> <td>0.09 [-]</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Généralités	Composition du mur	Composition fenêtres	Orientation	0 [°] (S=0°, E=90°, O=-90°, N=180°)		Inclinaison	90 [°] (verticale = 90°, horizontale =0°)		Surface mur	48.00 [m ²]	Surface fenêtres	12.00 [m ²]	Absorption solaire sur la surface extérieure	0.40 [-]			Facteur d'absorption solaire intérieure	0.09 [-]			Façade N°2 nord 17.67 [W/K] <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Généralités</td> <td>Composition du mur</td> <td>Composition fenêtres</td> </tr> <tr> <td>Orientation</td> <td>180 [°] (S=0°, E=90°, O=-90°, N=180°)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inclinaison</td> <td>90 [°] (verticale = 90°, horizontale =0°)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Surface mur</td> <td>47.00 [m²]</td> <td>Surface fenêtres</td> <td>3.00 [m²]</td> </tr> <tr> <td>Absorption solaire sur la surface extérieure</td> <td>0.40 [-]</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Facteur d'absorption solaire intérieure</td> <td>0.09 [-]</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Généralités	Composition du mur	Composition fenêtres	Orientation	180 [°] (S=0°, E=90°, O=-90°, N=180°)		Inclinaison	90 [°] (verticale = 90°, horizontale =0°)		Surface mur	47.00 [m ²]	Surface fenêtres	3.00 [m ²]	Absorption solaire sur la surface extérieure	0.40 [-]			Facteur d'absorption solaire intérieure	0.09 [-]																																																															
Généralités	Composition du mur	Composition fenêtres																																																																																																						
Orientation	0 [°] (S=0°, E=90°, O=-90°, N=180°)																																																																																																							
Inclinaison	90 [°] (verticale = 90°, horizontale =0°)																																																																																																							
Surface mur	48.00 [m ²]	Surface fenêtres	12.00 [m ²]																																																																																																					
Absorption solaire sur la surface extérieure	0.40 [-]																																																																																																							
Facteur d'absorption solaire intérieure	0.09 [-]																																																																																																							
Généralités	Composition du mur	Composition fenêtres																																																																																																						
Orientation	180 [°] (S=0°, E=90°, O=-90°, N=180°)																																																																																																							
Inclinaison	90 [°] (verticale = 90°, horizontale =0°)																																																																																																							
Surface mur	47.00 [m ²]	Surface fenêtres	3.00 [m ²]																																																																																																					
Absorption solaire sur la surface extérieure	0.40 [-]																																																																																																							
Facteur d'absorption solaire intérieure	0.09 [-]																																																																																																							
Façade N°3 est 16.10 [W/K] <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Généralités</td> <td>Composition du mur</td> <td>Composition fenêtres</td> </tr> <tr> <td>Orientation</td> <td>90 [°] (S=0°, E=90°, O=-90°, N=180°)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inclinaison</td> <td>90 [°] (verticale = 90°, horizontale =0°)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Surface mur</td> <td>34.50 [m²]</td> <td>Surface fenêtres</td> <td>4.00 [m²]</td> </tr> <tr> <td>Absorption solaire sur la surface extérieure</td> <td>0.40 [-]</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Facteur d'absorption solaire intérieure</td> <td>0.09 [-]</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Généralités	Composition du mur	Composition fenêtres	Orientation	90 [°] (S=0°, E=90°, O=-90°, N=180°)		Inclinaison	90 [°] (verticale = 90°, horizontale =0°)		Surface mur	34.50 [m ²]	Surface fenêtres	4.00 [m ²]	Absorption solaire sur la surface extérieure	0.40 [-]			Facteur d'absorption solaire intérieure	0.09 [-]																																																																																				
Généralités	Composition du mur	Composition fenêtres																																																																																																						
Orientation	90 [°] (S=0°, E=90°, O=-90°, N=180°)																																																																																																							
Inclinaison	90 [°] (verticale = 90°, horizontale =0°)																																																																																																							
Surface mur	34.50 [m ²]	Surface fenêtres	4.00 [m ²]																																																																																																					
Absorption solaire sur la surface extérieure	0.40 [-]																																																																																																							
Facteur d'absorption solaire intérieure	0.09 [-]																																																																																																							
Façade N°4 ouest 16.10 [W/K] <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Généralités</td> <td>Composition du mur</td> <td>Composition fenêtres</td> </tr> <tr> <td>Orientation</td> <td>-90 [°] (S=0°, E=90°, O=-90°, N=180°)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inclinaison</td> <td>90 [°] (verticale = 90°, horizontale =0°)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Surface mur</td> <td>34.50 [m²]</td> <td>Surface fenêtres</td> <td>4.00 [m²]</td> </tr> <tr> <td>Absorption solaire sur la surface extérieure</td> <td>0.40 [-]</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Facteur d'absorption solaire intérieure</td> <td>0.09 [-]</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Généralités	Composition du mur	Composition fenêtres	Orientation	-90 [°] (S=0°, E=90°, O=-90°, N=180°)		Inclinaison	90 [°] (verticale = 90°, horizontale =0°)		Surface mur	34.50 [m ²]	Surface fenêtres	4.00 [m ²]	Absorption solaire sur la surface extérieure	0.40 [-]			Facteur d'absorption solaire intérieure	0.09 [-]																																																																																				
Généralités	Composition du mur	Composition fenêtres																																																																																																						
Orientation	-90 [°] (S=0°, E=90°, O=-90°, N=180°)																																																																																																							
Inclinaison	90 [°] (verticale = 90°, horizontale =0°)																																																																																																							
Surface mur	34.50 [m ²]	Surface fenêtres	4.00 [m ²]																																																																																																					
Absorption solaire sur la surface extérieure	0.40 [-]																																																																																																							
Facteur d'absorption solaire intérieure	0.09 [-]																																																																																																							
Pan de toit 1 15.33 [W/K] <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Généralités</td> <td>Composition du toit</td> </tr> <tr> <td>Orientation</td> <td>0 [°] (S=0°, E=90°, O=-90°, N=180°)</td> </tr> <tr> <td>Inclinaison</td> <td>0 [°] (verticale = 90°, horizontale =0°)</td> </tr> <tr> <td>Surface mur</td> <td>70.70 [m²]</td> </tr> <tr> <td>Absorption solaire sur la surface extérieure</td> <td>0.70 [-]</td> </tr> <tr> <td>Facteur d'absorption solaire intérieure</td> <td>0.00 [-]</td> </tr> </table>		Généralités	Composition du toit	Orientation	0 [°] (S=0°, E=90°, O=-90°, N=180°)	Inclinaison	0 [°] (verticale = 90°, horizontale =0°)	Surface mur	70.70 [m ²]	Absorption solaire sur la surface extérieure	0.70 [-]	Facteur d'absorption solaire intérieure	0.00 [-]																																																																																											
Généralités	Composition du toit																																																																																																							
Orientation	0 [°] (S=0°, E=90°, O=-90°, N=180°)																																																																																																							
Inclinaison	0 [°] (verticale = 90°, horizontale =0°)																																																																																																							
Surface mur	70.70 [m ²]																																																																																																							
Absorption solaire sur la surface extérieure	0.70 [-]																																																																																																							
Facteur d'absorption solaire intérieure	0.00 [-]																																																																																																							
Généralités Composition du sol de la maison <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Orientation</td> <td>0 [°] (S=0°, E=90°, O=-90°, N=180°)</td> </tr> <tr> <td>Inclinaison</td> <td>180 [°] (verticale = 90°, horizontale =0°)</td> </tr> <tr> <td>Surface mur</td> <td>70.00 [m²]</td> </tr> <tr> <td>Facteur d'absorption solaire intérieure</td> <td>0.25 [-]</td> </tr> </table>		Orientation	0 [°] (S=0°, E=90°, O=-90°, N=180°)	Inclinaison	180 [°] (verticale = 90°, horizontale =0°)	Surface mur	70.00 [m ²]	Facteur d'absorption solaire intérieure	0.25 [-]																																																																																															
Orientation	0 [°] (S=0°, E=90°, O=-90°, N=180°)																																																																																																							
Inclinaison	180 [°] (verticale = 90°, horizontale =0°)																																																																																																							
Surface mur	70.00 [m ²]																																																																																																							
Facteur d'absorption solaire intérieure	0.25 [-]																																																																																																							
Généralités Composition du mur <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Nb. de couches du mur</td> <td>4 [-]</td> <td>13.01 [W/K]</td> </tr> <tr> <td>intérieur</td> <td>gypse</td> <td>brique</td> <td>isolant</td> <td>plâtre</td> <td>extérieur</td> </tr> <tr> <td>ep.</td> <td>0.010</td> <td>0.150</td> <td>0.110</td> <td>0.020</td> <td>0.000</td> <td>[m]</td> </tr> <tr> <td>ρ</td> <td>1200</td> <td>700.0</td> <td>100.0</td> <td>2000</td> <td>0.000</td> <td>[kg/m³]</td> </tr> <tr> <td>Cp</td> <td>1000</td> <td>1000</td> <td>1250</td> <td>1000</td> <td>0.000</td> <td>[J/kgK]</td> </tr> <tr> <td>λ</td> <td>0.350</td> <td>0.360</td> <td>0.036</td> <td>1.400</td> <td>0.000</td> <td>[W/mK]</td> </tr> <tr> <td>He</td> <td>20.00</td> <td>20.00</td> <td>20.00</td> <td>20.00</td> <td>20.00</td> <td>[W/m²K]</td> </tr> <tr> <td>Hi</td> <td>8.00</td> <td>8.00</td> <td>8.00</td> <td>8.00</td> <td>8.00</td> <td>[W/m²K]</td> </tr> </table>	Nb. de couches du mur	4 [-]	13.01 [W/K]	intérieur	gypse	brique	isolant	plâtre	extérieur	ep.	0.010	0.150	0.110	0.020	0.000	[m]	ρ	1200	700.0	100.0	2000	0.000	[kg/m ³]	Cp	1000	1000	1250	1000	0.000	[J/kgK]	λ	0.350	0.360	0.036	1.400	0.000	[W/mK]	He	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	[W/m ² K]	Hi	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	[W/m ² K]	Généralités Composition du mur Composition fenêtres <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>nb. de vitrages</td> <td>2 [-]</td> <td>vitre 1</td> <td>vitre 2</td> <td>hauteur de la fenêtre</td> </tr> <tr> <td>ext.</td> <td></td> <td>0.004</td> <td>0.004</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>ep. vitre</td> <td></td> <td>0.004</td> <td>0.004</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>ep. air</td> <td></td> <td>0.012</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>ρ</td> <td></td> <td>2530</td> <td>2530</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>Cp</td> <td></td> <td>840.0</td> <td>840.0</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>ε_i</td> <td></td> <td>0.800</td> <td>0.800</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>ε_e</td> <td></td> <td>0.100</td> <td>0.800</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>He</td> <td></td> <td>20.00</td> <td>20.00</td> <td>20.00</td> <td>[W/m²K]</td> </tr> <tr> <td>Hi</td> <td></td> <td>8.00</td> <td>8.00</td> <td>8.00</td> <td>[W/m²K]</td> </tr> </table>	nb. de vitrages	2 [-]	vitre 1	vitre 2	hauteur de la fenêtre	ext.		0.004	0.004	0.000	ep. vitre		0.004	0.004	0.000	ep. air		0.012	0.000	0.000	ρ		2530	2530	0.000	Cp		840.0	840.0	0.000	ε_i		0.800	0.800	0.000	ε_e		0.100	0.800	0.000	He		20.00	20.00	20.00	[W/m ² K]	Hi		8.00	8.00	8.00	[W/m ² K]
Nb. de couches du mur	4 [-]	13.01 [W/K]																																																																																																						
intérieur	gypse	brique	isolant	plâtre	extérieur																																																																																																			
ep.	0.010	0.150	0.110	0.020	0.000	[m]																																																																																																		
ρ	1200	700.0	100.0	2000	0.000	[kg/m ³]																																																																																																		
Cp	1000	1000	1250	1000	0.000	[J/kgK]																																																																																																		
λ	0.350	0.360	0.036	1.400	0.000	[W/mK]																																																																																																		
He	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	[W/m ² K]																																																																																																		
Hi	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	[W/m ² K]																																																																																																		
nb. de vitrages	2 [-]	vitre 1	vitre 2	hauteur de la fenêtre																																																																																																				
ext.		0.004	0.004	0.000																																																																																																				
ep. vitre		0.004	0.004	0.000																																																																																																				
ep. air		0.012	0.000	0.000																																																																																																				
ρ		2530	2530	0.000																																																																																																				
Cp		840.0	840.0	0.000																																																																																																				
ε_i		0.800	0.800	0.000																																																																																																				
ε_e		0.100	0.800	0.000																																																																																																				
He		20.00	20.00	20.00	[W/m ² K]																																																																																																			
Hi		8.00	8.00	8.00	[W/m ² K]																																																																																																			

Construction 1

Pan de toit 1	15.33	[W/K]	Généralités	Composition du sol de la maison							
Généralités	Composition du toit										
Nb. de couches du mur	3	[]	Nb. de couches du mur	4	[]						
	15.33	[W/K]		8.13	[W/K]						
intérieur	gypse	laine	bois	intérieur	parquet	chape	isolant	béton	extérieur		
ep.	0.020	0.250	0.020	0.000	0.012	0.080	0.150	0.150	0.000		
ρ	900.0	144.0	800.0	0.000	600.0	2000.	30.00	2000.	0.000		
Cp	1000.	1120.	1000.	0.000	1000.	1000.	1250.	1000.	0.000		
λ	0.210	0.060	0.150	0.000	0.130	1.400	0.039	1.600	0.000		
He	20.00	[W/m ² K]	Hi	6.00	[W/m ² K]	He	20.00	[W/m ² K]	Hi	6.00	[W/m ² K]

Calcul du coefficient de transfert de chaleur des vitrages

- Calcul automatique du coefficient d'échange de chaleur des vitrages en fonction des températures intérieures et extérieures

Coefficient d'échange thermique des vitrages $\frac{W}{m^2 K}$ 2.40

Facteur d'absorption et de transmission à travers les vitrages

Auto  Choisir

DIRECT

Absorptance du direct par le premier verre

Absorptance du direct par le second verre

Absorptance du direct par le troisième verre

Transmittance du direct à travers les vitrages

DIFFUS

Absorptance du diffus par le premier verre

Absorptance du diffus par le second verre

Absorptance du diffus par le troisième verre

Transmittance du diffus à travers les vitrages

Construction 1

Calcul des caractéristiques du circuit de chauffage

Température de départ de chauffage pour $T_{min,ext}$ °C

Température de retour de chauffage pour $T_{min,ext}$ °C

Température de non chauffage °C

Chaleur massique de l'eau (4187) [J/kg K]

caractéristique m du système de chauffage
(radiateur = 1.3, sol = 1.05) [-]

masse volumique de l'eau [kg/m³]

Masse d'eau contenue dans le radiateur [kg]

Masse d'acier du radiateur [kg]

Chaleur massique de l'acier (480) [J/kg k]

Masse d'eau contenue dans la tuyauterie [kg]

Masse d'acier de la tuyauterie [kg]

Coefficient d'échange de la tuyauterie (0.47) [W/K]

Puissance maximale nécessaire pour maintenir 20 [°C] dans le bâtiment lorsque la température extérieure est de -16 [°C], sans apports gratuits [W]

Débit préconisé dans l'installation pour satisfaire aux conditions de référence [l/h]

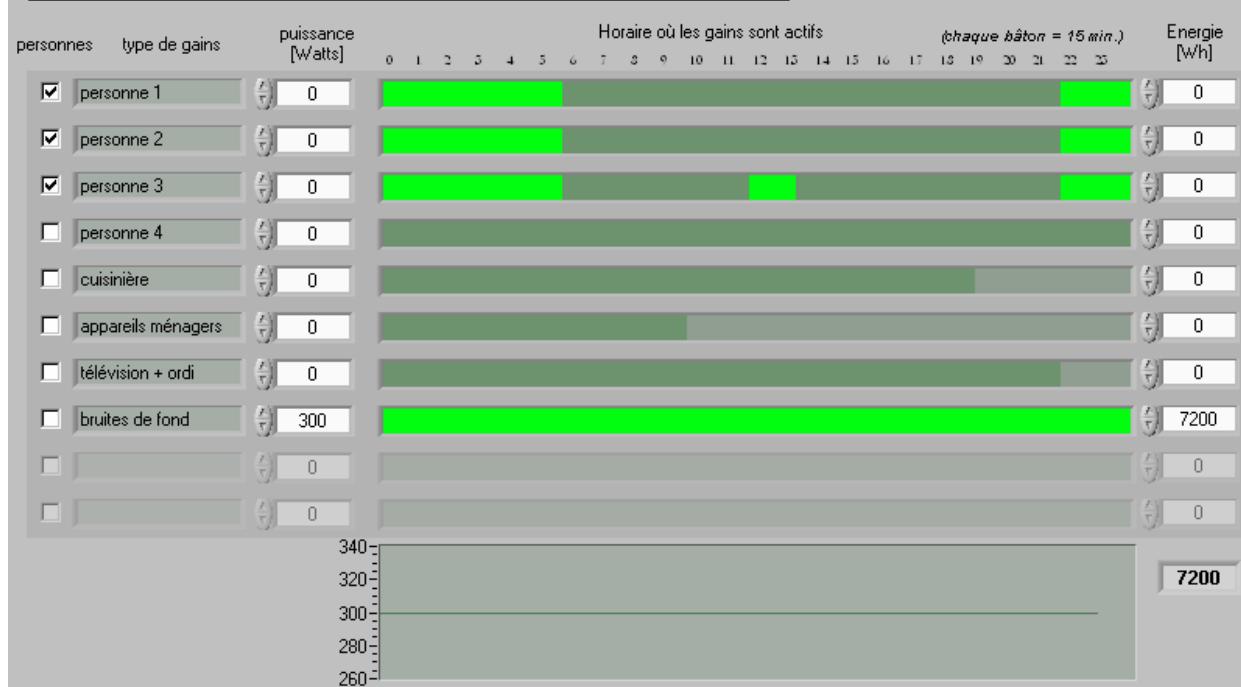
Coefficient d'échange du radiateur [W/K^m]

Capacité thermique du radiateur [J/K]

Capacité thermique des tuyauteries [J/K]

Construction 1

Calcul des gains internes du bâtiment (personnes + appareils)



PERTURBATIONS PAR RENOUVELLEMENT D'AIR

Ouvertures sporadiques des fenêtres

risque  100 %

Ouverture courte plutôt le matin

Ouverture courte 2 ou 3 fois par jour

Ouverture courte plutôt en fin de journée

Ouverture nombreuses et aléatoire répartie dans la journée

Ouvertures continues des fenêtres

risque  0 %

Puissance nette fournie à l'air intérieur de la maison.

On est obligé de choisir entre une ouverture sporadique ou continue des fenêtres. L'ouverture continue permet de simuler une ouverture continue pendant la nuit par exemple.

Ouvertures des fenêtres pour éviter la surchauffe

Seulement quand il y a quelqu'un dans la maison 

Température limite de surchauffe  23.5 °C

Taux de renouvellement fenêtres ouvertes  30 h⁻¹

Définir une ouverture automatique des fenêtres pour abaisser la température dans la maison en cas de surchauffe. On peut définir si le programme doit tenir compte de la présence des habitants ou non.

Permet de définir le risque que des ouvertures se produisent si les conditions sont réunies.

PERTURBATIONS PAR SURCHAUFFE

Utilisation d'un poêle d'appoint

risque  70 %

Utilisation dépendant de la météo et de la température int.

Puissance de chauffage approximatif.  4.0 kW

Couper si la température intérieure dépasse 

Permet de définir ici une surchauffe due à un poêle d'appoint. Un des modes de fonctionnement autorise au poêle de se mettre en marche que lorsque les conditions extérieures d'ensoleillement sont médiocres.

Générer des perturbations

Charger un profil de perturbations

Sauvegarder un profil de perturbations

Nom du fichier actuellement en mémoire

Lorsque on ouvre plusieurs fenêtres dans une maison, le renouvellement d'air est de 30 h⁻¹ ou plus. Le renouvellement est fonction du vent, du type de maison et des différences de températures intérieure et extérieure. Les paramètres étant nombreux et le taux de renouvellement impossible à déterminer de manière simplifiée, nous conseillons par défaut de prendre une valeur de 30. L'utilisateur peut modifier ce paramètre si il le trouve inadéquat.