



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
19.10.2011 Bulletin 2011/42

(51) Int Cl.:
F24D 19/10 (2006.01) G05D 23/19 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **11162088.6**

(22) Date de dépôt: **12.04.2011**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME

(72) Inventeurs:
• **Stubler, Jérôme**
75016, Paris (FR)
• **Basile, Bernard**
78370, Plaisir (FR)
• **Hovhanessian, Gilles**
92160, Antony (FR)

(30) Priorité: **16.04.2010 FR 1052910**

(71) Demandeur: **Soletanche Freyssinet**
92500 Rueil Malmaison (FR)

(74) Mandataire: **Cabinet Plasseraud**
52, rue de la Victoire
75440 Paris Cedex 09 (FR)

(54) **Procédé d'analyse du comportement thermique d'une construction et système associé**

(57) Procédé d'analyse du comportement thermique d'une construction (1) incluant un équipement (2;12) consommant de l'énergie pour assurer une ambiance thermique par chauffage ou refroidissement, la construction étant modélisée à l'aide d'un modèle thermique pour qu'une relation entre une consommation théorique (C_0) dudit équipement et une température de référence (T_0) à l'intérieur de la construction satisfasse un critère déterminé. Selon ce procédé, on mesure une consommation réelle (C_1) dudit équipement, une température (T_1) réellement obtenue à l'intérieur de la construction et au moins un paramètre (U_1) relatif à une utilisation de la construction ; on estime un écart (e) entre la susdite relation et une relation correspondante entre la consommation réelle dudit équipement et la température réellement obtenue à l'intérieur de la construction ; et lorsque l'écart estimé dépasse un seuil (S), on estime une contribution relative à l'utilisation de la construction dans ledit écart en tenant compte dudit paramètre mesuré.

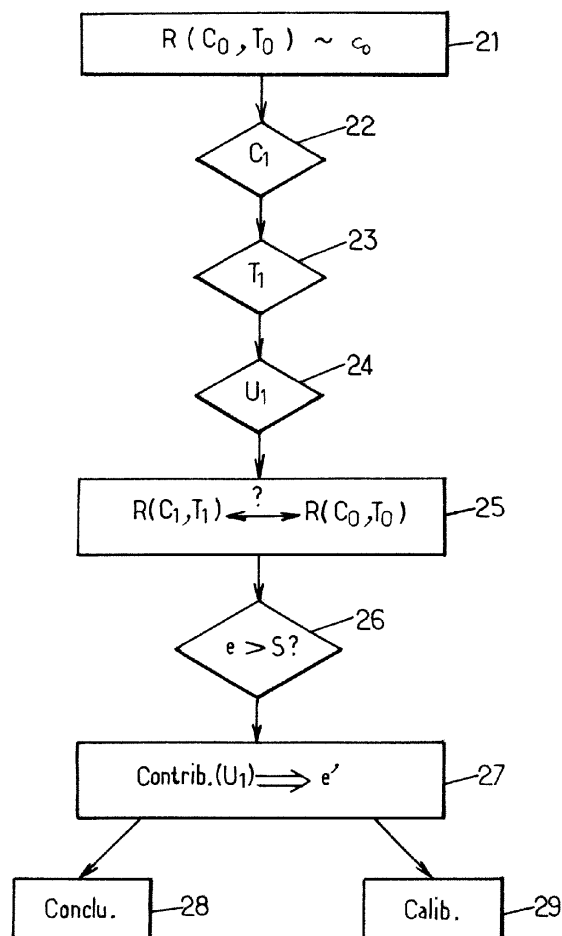


FIG.3.

Description

[0001] La présente invention concerne l'analyse du comportement thermique d'une construction.

[0002] Toute construction délimitant un espace clos et incluant au moins un équipement consommant de l'énergie, par exemple électrique, pour assurer une ambiance thermique (chauffage ou climatisation) différente de celle régnant à l'extérieur peut être vue comme un lieu d'échange et de circulation d'énergie thermique.

[0003] C'est ce qui est représenté très schématiquement sur la figure 1. La construction 1, qui peut par exemple être un bâtiment, une salle, une pièce, un local ou toute autre structure délimitant un espace clos, contient un équipement 2 de chauffage (chaudière, radiateur, etc.) ou de refroidissement (climatisation, etc.).

[0004] La chaleur ou la fraîcheur produite par l'équipement 2 constitue un flux thermique qui se propage à l'intérieur de la construction 1, comme cela est symbolisé par les flèches 3. Une partie de cette énergie thermique est par ailleurs perdue et s'échappe de la construction 1, comme cela est symbolisé par les flèches 4.

[0005] Une façon d'améliorer le bilan thermique de la construction 1 est donc de faire en sorte que les pertes 4 soient minimisées, par exemple en travaillant sur l'étanchéité et l'isolation de la construction 1.

[0006] D'un autre côté, il existe actuellement une tendance forte pour améliorer la performance énergétique des constructions, qu'elles soient à destination résidentielle, professionnelle, industrielle ou autre.

[0007] Dans le cas de la construction 1 de la figure 1, la performance énergétique est d'autant meilleure que la consommation d'énergie de l'équipement 2 est faible, tout en conservant une maîtrise de la température à l'intérieur de la construction 1.

[0008] Des standards en vigueur ou en cours d'élaboration prévoient ainsi d'imposer des réductions drastiques de la consommation énergétique moyenne dans le secteur du bâtiment à relativement court terme.

[0009] Pour ces raisons, la conception d'une construction se doit désormais de prendre en compte le bilan énergétique. Ceci est généralement réalisé à l'aide d'outils de simulations informatiques.

[0010] Les concepteurs d'une construction sont même parfois amenés à s'engager sur un bilan énergétique. A cet effet, ils peuvent avoir à garantir qu'une relation entre une consommation théorique du ou des équipements destinés à assurer une ambiance thermique dans la construction et une température de référence à l'intérieur de la construction satisfait un critère déterminé. A titre d'exemple, l'engagement peut consister à garantir une consommation inférieure à une certaine quantité d'énergie primaire par unité de surface et par an (exprimée par exemple en kWh/m²/an) pour une certaine température intérieure moyenne (exprimée par exemple en degrés Celsius).

[0011] Un tel engagement peut être fourni grâce à une bonne connaissance, par les concepteurs, des proprié-

tés physiques de leur construction, ce qui permet d'en concevoir un modèle thermique. Des hypothèses sont par ailleurs faites sur les paramètres variables qui peuvent influencer le bilan énergétique, comme les conditions météorologiques (niveau d'ensoleillement, température extérieure, ou autre). S'ils ne sont pas tout bonnement négligés, les paramètres variables liés à l'utilisation de la construction peuvent également faire l'objet d'hypothèses statistiques très simplifiées. On entend par utilisation de la construction, tout phénomène variable susceptible d'être modifié par une intervention humaine, par exemple à l'initiative d'un occupant de la construction, et ayant une influence sur les flux thermiques dans la construction. Le modèle thermique formalise la relation entre l'énergie apportée, l'environnement, l'utilisation de la construction et la température intérieure.

[0012] Une fois achevée la construction ainsi conçue, il peut être utile de vérifier si elle satisfait bien l'engagement de ses concepteurs en termes de bilan énergétique.

[0013] Pour ce faire, il est connu de surveiller la consommation d'énergie des équipements de chauffage ou de refroidissement. Ceci est traditionnellement réalisé à l'aide de relevés manuels de compteurs effectués à des intervalles de temps relativement longs, typiquement de l'ordre du mois ou de l'année. En variante, des capteurs appropriés peuvent permettre un suivi plus régulier de la consommation.

[0014] Cependant, la consommation ainsi obtenue n'est pas nécessairement exploitable, car elle peut résulter de conditions réelles différentes des hypothèses fixées lors de la conception. Il peut notamment s'agir de conditions d'utilisation de la construction différentes de ce qui était envisagé à la conception : par exemple en raison de l'ajout ou de la suppression de rideaux d'arbres à proximité qui projettent une ombre sur la construction considérée, en raison de l'occupation de la construction par un nombre de personnes supérieur ou inférieur à l'hypothèse de départ, etc.

[0015] Il peut donc être difficile de vérifier si l'engagement pris par les concepteurs est ou non satisfait.

[0016] Dans le cas où l'engagement ne paraîtrait pas satisfait, du fait par exemple que la consommation énergétique réelle est supérieure au seuil annoncé, ceci pourrait parfois s'expliquer entièrement par l'écart entre les conditions réelles d'utilisation de la construction et les hypothèses théoriques retenues lors de la conception.

[0017] Ainsi, les méthodes connues ne permettent pas de conclure au respect ou non des engagements en termes de bilan énergétique car elles ne permettent pas de connaître les raisons susceptibles d'expliquer un niveau inattendu de consommation mesuré. Elles ne permettent pas davantage de revoir les engagements de performance en fonction des conditions réelles d'utilisation.

[0018] Un but de la présente invention est d'améliorer cette situation en permettant une analyse du comportement thermique d'une construction.

[0019] L'invention propose ainsi un procédé d'analyse du comportement thermique d'une construction délimi-

tant un espace clos et incluant au moins un équipement consommant de l'énergie pour assurer une ambiance thermique par chauffage ou refroidissement, la construction étant modélisée à l'aide d'un modèle thermique pour qu'une relation entre une consommation théorique dudit équipement et une température de référence à l'intérieur de la construction satisfasse un critère déterminé. Le procédé comprend les étapes suivantes :

- mesurer une consommation réelle dudit équipement, une température réellement obtenue à l'intérieur de la construction et au moins un paramètre relatif à une utilisation de la construction ; 10
- estimer un écart entre ladite relation entre une consommation théorique dudit équipement et une température de référence à l'intérieur de la construction d'une part et une relation correspondante entre la consommation réelle dudit équipement et la température réellement obtenue à l'intérieur de la construction d'autre part ; et 15
- lorsque l'écart estimé dépasse un seuil, estimer une contribution relative à l'utilisation de la construction dans ledit écart en tenant compte dudit paramètre mesuré. 20 25

[0020] L'estimation d'une contribution relative à l'utilisation de la construction permet de savoir comment l'utilisation de cette construction a pu influencer la consommation de l'équipement de chauffage ou de refroidissement. A titre d'exemple non limitatif, la présence d'un nombre inhabituellement élevé de personnes dans la construction, par la chaleur qu'elle produit, peut expliquer une consommation particulièrement faible d'un équipement de chauffage. A l'inverse, l'ouverture d'un grand nombre de fenêtres et/ou portes de la construction peut expliquer, notamment lorsqu'elle s'accompagne d'une température extérieure basse, une consommation particulièrement élevée d'un équipement de chauffage. Bien d'autres types d'utilisation de la construction peuvent impacter de manières diverses la consommation d'énergie. 30 35 40

[0021] Avantagusement, la contribution relative à l'utilisation de la construction estimée peut être utilisée pour calculer un écart corrigé en soustrayant dudit écart estimé la contribution relative à l'utilisation de la construction. Un tel écart corrigé est ainsi supposé faire abstraction de l'influence de l'utilisation de la construction. Il traduit une éventuelle dérive de la consommation par rapport à un comportement attendu lors de la conception. 45 50

[0022] Cette dérive peut être indicative d'un mauvais calibrage du modèle thermique utilisé lors de la conception de la construction et/ou d'un non-respect d'un éventuel engagement des concepteurs de la construction. Dans le premier cas, l'écart corrigé peut avantagusement être exploité pour calibrer le modèle thermique en tenant compte de la situation réelle constatée. Dans le second cas, l'ampleur de l'écart corrigé, éventuellement 55

complétée par des investigations supplémentaires, peut permettre d'appréhender les causes de la dérive, voire de les traiter.

[0023] Selon d'autres modes de réalisation avantageux qui peuvent être combinés de toutes les manières envisageables :

- on calcule en outre un écart corrigé en soustrayant dudit écart estimé la contribution relative à l'utilisation de la construction ;
- on déduit de l'écart corrigé une conclusion sur la conception de la construction ; on peut ainsi évaluer si des engagements pris à la conception ont ou non été respectées, compte tenu de l'utilisation de la construction ;
- on modifie le modèle thermique pour tenir compte de l'écart corrigé ; on peut ainsi rendre le modèle thermique plus conforme à la situation réelle ;
- on mesure en outre, à l'aide de capteurs correspondants, des paramètres relatifs à l'environnement de la construction, comme des conditions météorologiques ou une ambiance thermique d'une construction adjacente, et ladite relation entre la consommation réelle dudit équipement et la température réellement obtenue à l'intérieur de la construction tient compte de certains au moins de ces paramètres ;
- ledit paramètre relatif à une utilisation de la construction est relatif à l'un au moins parmi : une ouverture/fermeture d'au moins une porte ou fenêtre dans la construction, une occultation d'au moins une porte ou fenêtre dans la construction, une présence d'au moins un individu à l'intérieur de la construction, une présence d'au moins une source indirecte de chaleur ou de fraîcheur à l'intérieur de la construction, un usage d'au moins une consigne de fonctionnement pour ledit équipement ;
- on obtient au moins une image faisant apparaître une répartition thermique dans la construction au moyen d'au moins une caméra thermique, ladite image obtenue étant utilisée pour mesurer ledit paramètre relatif à une utilisation de la construction ; il s'agit là d'une façon particulièrement simple de mesurer ledit paramètre ;
- on mesure ledit paramètre relatif à une utilisation de la construction à partir d'une comparaison entre ladite image obtenue et une image attendue correspondante ;
- ladite image attendue tient compte de la présence et de l'emplacement dans la construction dudit équipement consommant de l'énergie pour assurer une ambiance thermique par chauffage ou 55

refroidissement ;

- ladite image obtenue peut être sous une forme cryptée ;
- la consommation réelle dudit équipement et la température réellement obtenue à l'intérieur de la construction sont mesurés de façon répétée à des instants successifs ;
- ledit écart est estimé de façon répétée à des instants successifs, et dans lequel on analyse une évolution dudit écart dans le temps en vue de détecter d'éventuelles modifications du comportement thermique de la construction, indépendantes de l'utilisation de la construction.

[0024] L'invention propose aussi un système adapté pour l'analyse, conformément au procédé susmentionné, du comportement thermique d'une construction délimitant un espace clos et incluant au moins un équipement consommant de l'énergie pour assurer une ambiance thermique par chauffage ou refroidissement, la construction étant modélisée à l'aide d'un modèle thermique pour qu'une relation entre une consommation théorique dudit équipement et une température de référence à l'intérieur de la construction satisfasse un critère déterminé. Le système comprend :

- au moins un dispositif de mesure pour mesurer une consommation réelle dudit équipement, une température réellement obtenue à l'intérieur de la construction et au moins un paramètre relatif à une utilisation de la construction ;
- une unité d'estimation d'un écart entre ladite relation entre une consommation théorique dudit équipement et une température de référence à l'intérieur de la construction d'une part et une relation correspondante entre la consommation réelle dudit équipement et la température réellement obtenue à l'intérieur de la construction d'autre part ;
- une unité d'estimation, lorsque l'écart estimé dépasse un seuil, d'une contribution relative à l'utilisation de la construction dans ledit écart en tenant compte dudit paramètre mesuré.

[0025] Ce système peut avantageusement être tel que le dispositif de mesure comprend, pour la mesure d'au moins un paramètre relatif à une utilisation de la construction, au moins une caméra thermique agencée pour obtenir au moins une image faisant apparaître une répartition thermique dans la construction.

[0026] L'invention propose encore un produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code appropriées pour mettre en oeuvre le procédé susmentionné, lorsqu'il est chargé et exécuté sur des moyens infor-

matiques.

[0027] D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description ci-après d'exemples de réalisation non limitatifs, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1, déjà commentée, est un schéma illustrant les échanges et la circulation d'énergie thermique susceptible d'avoir lieu dans une construction ;
- la figure 2 est un schéma illustrant un exemple de construction relativement à laquelle la présente invention peut être mise en oeuvre ;
- la figure 3 est un schéma illustrant des étapes pouvant être mises en oeuvre dans un mode de réalisation de l'invention.

[0028] L'invention concerne l'analyse du comportement thermique d'une construction délimitant un espace clos. Dans l'exemple qui va être plus particulièrement décrit par la suite en référence à la figure 2, la construction considérée consiste en un bureau, bien que tout autre type de construction (bâtiment, salle, pièce, local, structure, etc.) pourrait être envisagé, quelle que soit sa destination (résidentielle, professionnelle, industrielle ou autre).

[0029] Le bureau de la figure 2 contient deux radiateurs 12 consommant chacun de l'énergie, par exemple électrique ou autre, pour assurer une ambiance thermique dans le bureau. On notera que le nombre de radiateurs pourrait être différent de deux et que tout autre type d'équipement capable d'assurer une ambiance thermique par chauffage ou refroidissement pourrait être utilisé (chaudière, climatisation, etc.).

[0030] Un organe de réglage 13 de la température du bureau, tel qu'un thermostat, peut également être utilisé, en relation avec les radiateurs 12.

[0031] Le bureau de la figure 2 contient en outre un certain nombre d'éléments dont des caractéristiques susceptibles d'influencer le comportement thermique sont connues.

[0032] Dans l'exemple illustré, on distingue notamment les éléments suivants :

- des fenêtres 11, dont les caractéristiques comprennent par exemple une surface, un type de vitrage et/ou un type d'ouverture (coulissant, ouvrant vers l'intérieur, ouvrant vers l'extérieur, etc.),
- une porte 14, dont les caractéristiques comprennent par exemple une surface, un sens d'ouverture, une épaisseur et/ou une matière,
- des luminaires 15, dont les caractéristiques comprennent par exemple une puissance nominale et/ou une intensité lumineuse,
- une lampe de bureau 16, dont les caractéristiques comprennent par exemple une puissance nominale

et/ou une intensité lumineuse,

- une chaise ou un fauteuil 18, dont les caractéristiques comprennent par exemple un volume, une matière et/ou le fait de pouvoir être occupé par une personne,
- un revêtement de sol 19, ou plus généralement, une ou plusieurs parois pour les murs et/ou le sol, dont les caractéristiques comprennent par exemple une conductivité thermique, une épaisseur et/ou une matière,
- une armoire 20, ou plus généralement, un ou plusieurs objets inertes thermiquement, c'est-à-dire susceptibles d'être portés à terme à la même température que leur environnement, dont les caractéristiques comprennent par exemple un volume, un poids, une matière et/ou une conductivité thermique.

[0033] En plus de ces caractéristiques, on notera que la position de chaque élément au sein du bureau est susceptible d'influencer la propagation des flux thermiques à l'intérieur de ce bureau. Autrement dit, la position de chaque élément constitue en elle-même une caractéristique pertinente vis-à-vis du comportement thermique du bureau.

[0034] Bien sûr, d'autres types d'éléments pourraient être contenus dans le bureau en remplacement ou en complément de ceux décrits ci-dessus.

[0035] D'autres caractéristiques peuvent également être envisagées, comme des propriétés physiques du bureau qui ne seraient pas listées ci-dessus (présence de ponts thermiques dans les parois, pouvoir réfléchissant des parois externes du bureau, etc.).

[0036] Le bureau considéré peut être modélisé à l'aide d'un modèle thermique pour qu'une relation entre une consommation d'énergie théorique des radiateurs 12 et une température de référence à l'intérieur du bureau satisfasse un critère déterminé. Cette modélisation peut être faite au moment de la conception du bureau, ou plus tard, c'est-à-dire a posteriori.

[0037] Autrement dit, le bureau est censé remplir un cahier des charges en termes de consommation d'énergie théorique des radiateurs 12 et de température théorique à l'intérieur du bureau.

[0038] Pour ce faire, le modèle thermique utilisé tient avantageusement compte de caractéristiques du bureau, notamment de tout ou partie des caractéristiques des éléments contenus dans ce bureau, tels que listés plus haut. A cet effet, ces caractéristiques sont par exemple disponibles en tant qu'attributs d'objet dans une base de données, et accessibles par le modèle thermique.

[0039] Le modèle thermique est par exemple agencé pour déterminer la quantité de chaleur (ou au contraire de fraîcheur) à générer par les équipements 12, compte tenu des caractéristiques de chaque élément du bureau, l'influence de chacune de ces caractéristiques sur la gé-

nération ou l'absorption de calories étant prédéfinie à partir de données théoriques et/ou issues d'expérimentations. Ce type de modèle thermique est bien connu de l'homme de métier.

5 **[0040]** Il existe plusieurs logiciels sur le marché qui permettent de réaliser ce type de modèle thermique. Le document « Peuportier B., Bancs d'essais de logiciels de simulation thermique, Journée SFT-IBPSA « Outils de simulation thermoaérodynamique du bâtiment », La Rochelle, mars 2005 » en présente quelques uns. A titre d'exemple illustratif d'outil, on peut citer le logiciel COMFIE qui intègre un modèle thermique développé par les Mines ParisTech. Des informations sur ce logiciel sont disponibles à l'adresse : <http://www.izuba.fr>.

10 **[0041]** Le modèle thermique utilisé peut avoir été élaboré à l'issue d'un apprentissage du comportement énergétique du bureau, par exemple en créant volontairement des arrivées / départs d'énergie maîtrisées (ouverture / fermeture de porte ou fenêtres, allumage / extinction de lampes, entrée / sortie de personnes). Cet apprentissage permet un calibrage initial du modèle thermique.

15 **[0042]** Conformément à ce qui a été présenté en introduction, le modèle thermique utilisé pour concevoir le bureau peut avantageusement tenir compte en outre de paramètres variables susceptibles d'influencer le bilan énergétique, comme les conditions météorologiques (niveau d'ensoleillement, température extérieure, humidité extérieure, ou autre), des hypothèses simplifiées sur des paramètres liés à l'utilisation de la construction, ou autre.

20 **[0043]** On entend par utilisation de la construction, tout phénomène variable susceptible d'être modifié par une intervention humaine, par exemple à l'initiative d'un occupant de la construction, et ayant une influence sur les flux thermiques dans la construction.

25 **[0044]** Le modèle thermique peut ainsi formaliser, le cas échéant, la relation entre l'énergie apportée, l'environnement, l'utilisation de la construction et la température intérieure. Ce modèle est en général appliqué pour calculer pour chaque pas de temps, les températures et les puissances de chauffage pour chaque zone thermique, en fonction d'hypothèses sur le bâtiment, son environnement et son utilisation.

30 **[0045]** On s'intéresse ci-après plus particulièrement à la relation entre consommation d'énergie théorique des radiateurs 12 et température de référence à l'intérieur du bureau. Cette relation peut prendre toute forme envisageable. Le modèle thermique peut permettre de vérifier que cette relation satisfait un critère déterminé sur le plan théorique.

35 **[0046]** A titre d'exemple non limitatif, cette relation pourrait s'exprimer comme suit : la consommation théorique C_0 des radiateurs 12 reste inférieure à une certaine quantité d'énergie primaire par unité de surface et par an (exprimée par exemple en kWh/m²/an) pour une certaine température intérieure moyenne de référence T_0 (exprimée par exemple en degrés Celsius). Cette relation peut tenir compte d'un certain scénario sur les conditions environnementales E_0 , et d'un certain scénario

sur l'utilisation de la construction U_0 .

[0047] Selon une autre expression de ladite relation, le rapport C_0/T_0 est inférieur à une valeur V_0 déterminée. Dans ce cas, la valeur V_0 peut éventuellement dépendre d'hypothèses formulées pour au moins certains des phénomènes variables prévus par le modèle thermique décrit plus haut (notamment E_0 et U_0).

[0048] D'autres formes de relation entre consommation théorique du ou des équipements de chauffage ou de refroidissement et température de référence à l'intérieur de la construction considérée, et/ou de critère à remplir par ladite relation pourraient être utilisées en remplacement ou en complément, comme cela apparaîtra à l'homme du métier.

[0049] Si la relation entre la consommation du ou des équipements de chauffage ou de refroidissement et une consigne (objectif de température dans la construction considérée) est connue, alors la consigne peut être directement associée à une consommation, si bien que la personne qui change la consigne peut être directement informée de la différence de consommation prévisible en conséquence (en valeur absolue, en pourcentage, en coût, en poids de CO_2 , ou autre) pour la sensibiliser aux conséquences de son geste. On peut ainsi vérifier un comportement réel relativement à un comportement théorique et donner en plus le moyen d'agir sur une consommation.

[0050] L'étape 21 de la figure 3 illustre la satisfaction d'un critère déterminé par ladite relation sous la forme générale suivante : $R(C_0, T_0) - c_0$, où c_0 symbolise le critère qui doit être rempli par la relation R entre C_0 et T_0 . Ce critère c_0 dépend éventuellement de l'une au moins parmi les grandeurs E_0 et U_0 définies plus haut. On notera que selon une autre convention équivalente à cette dernière, on pourrait considérer une relation $R(C_0, T_0, E_0, U_0)$ devant satisfaire un critère c'_0 indépendant des phénomènes E_0 et U_0 (puisque ceux-ci sont alors déjà pris en compte dans la relation R).

[0051] Selon l'invention, on procède à une analyse du comportement thermique de la construction considérée, par exemple du bureau de la figure 2, de la façon suivante.

[0052] On mesure une consommation réelle C_1 des radiateurs 12, comme indiqué à l'étape 22 de la figure 3. Cette mesure peut être effectuée de toute manière envisageable, par exemple à l'aide d'un capteur de consommation d'énergie, d'un capteur de chaleur générée associée à un convertisseur de chaleur en consommation d'énergie, etc.

[0053] On mesure également et simultanément (ou à des instants proches dans le temps) une température T_1 réellement obtenue à l'intérieur du bureau, comme indiqué à l'étape 23 de la figure 3. Cette mesure de température peut également être réalisée par tout moyen envisageable, par exemple à l'aide d'un thermomètre.

[0054] Avantagusement, on mesure en outre, à l'aide de capteurs correspondants, des paramètres E_1 relatifs à l'environnement de la construction, comme des condi-

tions météorologiques, une ambiance thermique d'une construction adjacente, ou autre. Plus généralement, tout paramètre pris en compte dans le modèle thermique utilisé pour concevoir le bureau peut avantagusement faire l'objet d'une mesure correspondante à l'aide d'un moyen de mesure approprié.

[0055] En complément, on mesure au moins un paramètre U_1 relatif à une utilisation du bureau, comme indiqué à l'étape 24 de la figure 3.

[0056] On notera que l'ordre des étapes 22 à 24 est indifférent.

[0057] Tout ou partie de ces mesures peuvent être effectuées de façon instantanée ou bien sur toute période de temps d'observation pertinente (par exemple de l'ordre de la minute, de l'heure, du jour ou plus). Les différentes mesures effectuées le sont avantagusement simultanément (ou quasi simultanément).

[0058] Avantagusement, la consommation réelle C_1 et la température réellement obtenue T_1 sont mesurées de façon répétée à des instants successifs. Il en est éventuellement de même pour ledit paramètre relatif à une utilisation U_1 et/ou pour les conditions environnementales E_1 .

[0059] Le ou les paramètres relatifs à une utilisation du bureau peuvent par exemple être relatifs à l'un au moins parmi : une ouverture/fermeture de la porte 14 ou d'une ou plusieurs des fenêtres 11, une occultation de la porte 14 ou d'une ou plusieurs des fenêtres 11 (par exemple à l'aide de rideaux ou de volets), une présence d'au moins un individu à l'intérieur du bureau, une présence d'au moins une source indirecte de chaleur ou de fraîcheur à l'intérieur du bureau (par exemple du fait que les luminaires 15 et/ou la lampe 16 sont allumés), un usage d'au moins une consigne de fonctionnement pour les radiateurs 12 par exemple à l'aide du thermostat 13. D'autres paramètres d'utilisation peuvent être envisagés, en remplacement ou en complément de ceux-ci, comme cela apparaîtra à l'homme du métier.

[0060] A chaque paramètre d'utilisation peut être associée une estimation de son effet sur le bilan thermique du bureau. A titre d'exemple, la perte d'énergie thermique du bureau liée à l'ouverture d'une fenêtre 11, compte tenu d'une différence entre la température extérieure et la température intérieure T_1 , peut être estimée. Cette estimation peut résulter d'une étude théorique ou de mesures réalisées dans le bureau considéré ou un espace équivalent. Selon un autre exemple, la présence d'une personne dans le bureau entraîne la génération d'une énergie thermique, qui peut être estimée théoriquement ou par mesure.

[0061] L'estimation de l'effet thermique de chaque paramètre d'utilisation peut être stocké dans une base de données, qui est par exemple la même que celle mentionnée plus haut en référence aux éléments inclus dans le bureau. On notera d'ailleurs que certains de ces paramètres d'utilisation sont associés à des éléments du bureau (par exemple les luminaires 15 et la lampe 16) dont des caractéristiques sont connues et une estimation

de leur effet thermique peut à ce titre être stockée dans la base de données en tant qu'attribut de l'élément correspondant. Cette estimation peut par exemple avoir été obtenue lors de la phase optionnelle d'apprentissage mentionnée plus haut, au cours de laquelle une signature énergétique de certains éléments du bureau (lampes, porte, fenêtres, etc.) a été obtenue.

[0062] L'estimation de l'effet thermique de chaque paramètre d'utilisation peut se rapporter à une valeur fixe dont l'ordre de grandeur est connu (par exemple une personne présente dans une pièce dissipe en moyenne 90W ; un ordinateur portable 50W ; etc.), ou bien à une valeur variable dépendant d'autres paramètres et qui dans ce cas doit être déterminée par calcul et peut être extrêmement variable. Par exemple l'ouverture d'une fenêtre a un double effet :

- la résistance thermique de la paroi baisse, et
- le renouvellement d'air neuf est fortement augmenté.

[0063] L'énergie correspondante peut aller de quelques watts à plusieurs centaines de watts en fonction des caractéristiques du projet.

[0064] En variante, l'estimation de l'effet thermique de certains au moins des paramètres d'utilisation pourrait n'être pas prédéterminée et stockée dans une base de données, mais calculée de façon pratique, par exemple à l'aide de mesures appropriées.

[0065] Tout moyen de mesure approprié peut être utilisé pour mesurer tout ou partie des paramètres d'utilisation. A titre d'exemples non limitatifs, on peut citer : des capteurs d'ouverture/fermeture de porte ou de fenêtre, un détecteur de mouvement pour détecter la présence d'un individu, un détecteur d'état d'un interrupteur commandant un équipement tel qu'une lampe ou un luminaire, un détecteur d'une consigne de température, etc.

[0066] Dans un mode de réalisation avantageux, une ou plusieurs caméras thermiques 5-6 peuvent être utilisées pour la mesure de paramètres relatifs à une utilisation du bureau. Il peut s'agir d'une des nombreuses caméras thermiques disponibles sur le marché. A titre d'exemples, les sociétés suivantes fournissent des caméras thermiques susceptibles d'être utilisées dans le cadre de la présente invention : bfi optilas, dBvib, flir systems, fluke, hgh, impac, InfraTec, jcm distribution, land infrarouge, lot oriel, Opto Phase, Synergys Technologies, testo, trotec.

[0067] Les caméras thermiques 5-6 sont par exemple des caméras infrarouges, capables de délivrer des images permettant d'obtenir assez directement une mesure de la température en chacun de leurs points. Les images obtenues font apparaître une répartition thermique dans le bureau, qui donne une mesure de la température de chacun des éléments du bureau.

[0068] Le positionnement des fenêtres 11 et en parti-

culier des vitres permet éventuellement de prendre en compte la réflexion de l'image thermique, de façon à ne pas considérer comme source de chaleur une image d'une source.

5 **[0069]** La ou les caméras thermiques 5-6 utilisées sont par exemple fixes relativement au bureau, si bien que tous les objets observés sur les images délivrées sont fixes et connus et ils correspondent aux éléments répertoriés du bureau.

10 **[0070]** Avantagusement, une image classique du bureau est superposée avec une image infrarouge délivrée par une caméra thermique, de façon à associer à chaque élément du bureau son image infrarouge. Une information thermique est ainsi associée visuellement à chaque

15 **[0071]** Cette information peut être rendue dynamique, si des images thermiques successives sont acquises au fur et à mesure du temps. L'analyse des images successives permet de suivre la variation de température en fonction du temps, ce qui peut constituer une information exploitable (inertie thermique des objets par exemple).

20 **[0072]** Les images thermiques délivrées par les caméras thermiques 5-6 peuvent permettre de visualiser ce qui, dans le bureau, a chauffé ou s'est refroidi, pendant combien de temps, comment le flux s'est diffusé du fait de quels objets et quels états d'objet, et à quelles conditions successives un objectif de température (matérialisé par une consigne voulue par un utilisateur) a été atteint ou maintenu.

25 **[0073]** Pour protéger l'identité des personnes susceptibles d'être présent dans le bureau considéré ou d'autres types d'information pouvant avoir un caractère confidentiel, les images thermiques délivrées par les caméras thermiques 5-6 sont avantagusement obtenues sous forme cryptée, par exemple à l'aide d'un algorithme de cryptage. La clé de décryptage de cet algorithme ne serait pas publique et serait connue du seul programme d'analyse des images thermiques. On prévient ainsi des réclamations selon lesquelles les images thermiques trahiraient par exemple l'activité des personnes présentes dans le bureau.

30 **[0074]** Les images thermiques obtenues peuvent notamment être utilisées pour mesurer le ou les paramètres U_1 relatifs à une utilisation du bureau.

35 **[0075]** Pour procéder à cette mesure, on peut par exemple comparer une image thermique obtenue à l'aide d'une caméra thermique avec une image thermique attendue. Cette dernière tient par exemple compte de la présence et de l'emplacement du bureau des radiateurs 40 12 (ou tout autre équipement consommant de l'énergie pour assurer une ambiance thermique par chauffage ou refroidissement).

45 **[0076]** L'image attendue peut par exemple montrer une répartition des flux thermiques en cas de fermeture des fenêtres 11. Si, en réalité, les fenêtres 11 sont ouvertes, l'image thermique délivrée par une caméra thermique fera apparaître une variation de température à proximité de ces fenêtres. Ceci donne déjà une indication d'uti-

lisation, à savoir que les fenêtres 11 sont ouvertes. La comparaison entre l'image délivrée et l'image attendue permet en outre, par exemple par soustraction directe entre les valeurs mesurées en chaque point, d'évaluer l'ampleur de la variation de température. Il s'agit là d'un paramètre d'utilisation relativement précis qui peut être exploité assez facilement, pour déterminer la contribution de l'ouverture des fenêtres dans le comportement thermique du bureau, notion qui sera détaillée plus loin.

[0077] Une relation entre la consommation réelle C_1 des radiateurs 12 et la température T_1 réellement obtenue à l'intérieur du bureau, telles que mesurées aux étapes 22 et 23, est ensuite évaluée. Cette relation peut être la même que la relation R satisfaite par la consommation théorique C_0 et la température de référence T_0 , telle que mentionnée en référence à l'étape 21. En variante, cette relation pourrait correspondre à la relation R, sans nécessairement lui être identique. A titre d'exemple, cette relation pourrait correspondre à la relation R, à une conversion et/ou à une normalisation près.

[0078] Lorsque des paramètres relatifs à l'environnement du bureau, comme des conditions météorologiques ou une ambiance thermique d'une construction adjacente, sont mesurés à l'aide de capteurs correspondants, la relation entre la consommation réelle C_1 des radiateurs 12 et la température T_1 réellement obtenue à l'intérieur du bureau peut avantageusement tenir compte de certains au moins de ces paramètres. A titre d'exemple, si la relation $R(C_0, T_0)$ utilisée à l'étape 21 a été estimée pour une température extérieure de 20°C, et que la température extérieure réelle n'est que de 10°C, cet écart de température peut être pris en compte dans l'évaluation de la relation $R(C_1, T_1)$, de façon que ces deux relations puissent être comparées.

[0079] Les deux relations sont comparées à l'étape 25, pour en déduire un écart e.

[0080] Si, par exemple, la relation mentionnée à l'étape 21 se réfère au rapport C_0/T_0 (lequel doit par exemple être inférieur à une valeur V_0), on peut calculer à l'étape 25 le rapport C_1/T_1 . La différence $C_0/T_0 - C_1/T_1$ donne alors un écart e entre les deux relations. S'il se trouve que la température mesurée dans le bureau égale la température de référence, i.e. $T_0 = T_1$, l'écart e correspond alors à une simple différence entre les consommations théorique C_0 et réelle C_1 des équipements de chauffage ou de refroidissement.

[0081] Une comparaison entre l'écart e estimé et un seuil S est effectuée à l'étape 26. Le seuil S est avantageusement choisi pour détecter ou anticiper une dérive du comportement thermique du bureau. Ainsi, au-delà de ce seuil S, la consommation réelle C_1 pourrait être considérée comme anormalement élevée par rapport à la consommation théorique C_0 .

[0082] Le seuil S peut prendre une valeur absolue ou bien une valeur relative tenant compte par exemple de certaines au moins des valeurs V_0 (ou plus généralement C_0), C_0 , T_0 , C_1 et T_1 . A titre d'exemple, si l'écart e correspond à une simple différence entre les consumma-

tions théorique C_0 et réelle C_1 des équipements de chauffage ou de refroidissement, le seuil S pourrait correspondre à une valeur fixe, exprimée par exemple en kWh, à un pourcentage de la consommation théorique C_0 , par exemple de l'ordre de 10% à 20%, ou autre.

[0083] Lorsque la consommation réelle C_1 , la température réellement obtenue T_1 et éventuellement ledit paramètre relatif à une utilisation U_1 ont été mesurés simultanément de façon répétée à des instants successifs, on peut avantageusement estimer l'écart e également de façon répétée à des instants successifs. Une analyse de l'évolution de cet écart e dans le temps peut être menée en vue de détecter d'éventuelles modifications du comportement thermique du bureau, indépendantes de l'utilisation du bureau.

[0084] Si l'écart e dépasse le seuil S, ce qui peut traduire par exemple une consommation réelle C_1 potentiellement anormalement élevée par rapport à la consommation théorique C_0 , on estime une contribution relative à l'utilisation du bureau dans cet écart e, à l'étape 27. Autrement dit, on cherche à savoir si la grande valeur de l'écart s'explique par une utilisation atypique du bureau, et dans quelle proportion.

[0085] Pour estimer la contribution de l'utilisation du bureau dans l'écart e, on tient compte du (ou des) paramètre(s) U_1 précédemment mesuré(s), comme mentionné en référence à l'étape 24. Cette estimation peut prendre toute forme envisageable, en fonction par exemple de la nature des relations $R(C_0, T_0)$ et $R(C_1, T_1)$, de l'écart e, et/ou du paramètre U_1 lui-même.

[0086] Considérons, à titre purement illustratif, une situation où l'écart e correspond à une différence entre la consommation réelle C_1 et la consommation théorique C_0 des radiateurs 12 de 10 kWh (avec $T_0 = T_1$), qui surpasse un seuil S par exemple de 8kWh. Par ailleurs, le paramètre U_1 mesuré à l'étape 24 traduit une ouverture des fenêtres 11 situées au-dessus des radiateurs 12.

[0087] Une telle ouverture des fenêtres 11, alors que la température extérieure, éventuellement mesurée, est supposée plus froide que la température intérieure T_1 , a pour effet une perte d'énergie thermique du bureau qui peut être connue, soit parce qu'une estimation en est déjà disponible (par exemple dans la base de données accessible au modèle thermique du bureau), soit parce qu'elle fait l'objet d'une évaluation pratique par exemple basée sur des mesures adéquates.

[0088] Cette perte d'énergie thermique liée à l'ouverture des fenêtres 11 est compensée par une production d'énergie thermique équivalente au moyen des radiateurs 12. Les caractéristiques des radiateurs 12 étant connues, on peut en déduire aisément la consommation d'énergie des radiateurs 12 nécessaire à ladite production d'énergie thermique.

[0089] Supposons que cette consommation d'énergie supplémentaire des radiateurs 12, par rapport à une situation où les fenêtres 11 seraient fermées, soit estimée à 5 kWh. En comparant cette valeur à celle de l'écart e qui est de 10 kWh, on constate que la contribution de

l'ouverture des fenêtres à cet écart est de 5 kWh, c'est-à-dire de 50%.

[0090] Si aucun autre paramètre d'utilisation n'est disponible ou ne participe à l'écart e , on peut en déduire que la contribution relative à l'utilisation du bureau dans l'écart est de 5 kWh, c'est-à-dire de 50%. Dans le cas contraire, c'est-à-dire si d'autres types d'utilisation interviennent et participent à l'écart e constaté, la contribution totale relative à l'utilisation du bureau est supérieure à 5 kWh, et elle peut être évaluée plus finement par une analyse de chaque contribution individuelle à partir de chaque paramètre d'utilisation U_1 mesuré.

[0091] Une fois la contribution relative à l'utilisation du bureau dans l'écart e estimée, on peut avantageusement calculer un écart corrigé e' pour tenir compte de cette contribution. Un tel écart corrigé e' fait abstraction de l'influence de l'utilisation du bureau. Pour ce faire, on peut par exemple soustraire de l'écart e , la contribution relative à l'utilisation du bureau.

[0092] Dans l'exemple décrit ci-dessus, la contribution relative à l'utilisation du bureau était de 5 kWh pour un écart e de 10 kWh. L'écart corrigé e' , qui correspond à la différence entre ses deux valeurs, s'élève donc à 5 kWh.

[0093] On notera que soustraire la contribution relative à l'utilisation du bureau de l'écart e peut prendre d'autres formes qu'une simple différence entre deux valeurs, comme cela apparaîtra à l'homme du métier.

[0094] Plusieurs actions sont ensuite possibles à partir de l'écart corrigé e' , ou à partir de tout autre quantité qui ferait abstraction de l'influence de l'utilisation du bureau. Deux possibilités d'actions sont mentionnées ci-après, bien que d'autres types d'action puissent être envisagés comme cela apparaîtra à l'homme du métier.

[0095] Selon une première possibilité, une conclusion sur la conception du bureau peut être déduite de l'écart corrigé e' , comme illustré à l'étape 28.

[0096] Cette conclusion peut par exemple résulter d'une comparaison de l'écart corrigé e' avec le seuil S mentionné plus haut. Dans l'exemple numérique considéré ici, l'écart corrigé e' a une valeur de 5 kWh qui est inférieure à celle du seuil S (à savoir 8 kWh).

[0097] Lorsque le seuil S a été fixé pour détecter une dérive du comportement thermique du bureau, la comparaison effectuée à l'étape 24 à partir de l'écart e aurait pu conduire à la conclusion erronée que la conception du bureau n'était pas conforme au cahier des charges $(R(C_0, T_0) - C_0)$.

[0098] Mais la prise en compte de la contribution de l'utilisation du bureau, en l'occurrence de l'ouverture des fenêtres 11, permet de constater que l'écart corrigé e' , tenant compte de cette utilisation, est en réalité inférieur au seuil S . Autrement dit, le comportement thermique du bureau est conforme aux attentes si l'on tient compte de l'effet de l'utilisation de ce bureau, laquelle ne pouvait être précisément anticipée au moment de la conception.

[0099] A l'inverse, un écart corrigé e' encore supérieur au seuil S pourrait être interprété comme un défaut de

conception du bureau, apparu dès l'origine ou bien résultant d'une dégradation plus ou moins rapide (que l'on peut détecter par exemple grâce à une analyse de l'évolution de l'écart dans le temps, comme mentionné plus haut). L'ampleur de l'écart corrigé e' , éventuellement complétée par des investigations supplémentaires (campagne de mesures, ou autre) peut permettre d'appréhender les causes de la dérive, voire de les traiter.

[0100] Selon une deuxième possibilité, qui n'est pas incompatible avec la précédente, on modifie le modèle thermique pour tenir compte de l'écart corrigé e' comme illustré à l'étape 29.

[0101] On rappelle que le modèle thermique utilisé pour concevoir le bureau formalise la relation entre l'énergie apportée, l'environnement, l'utilisation du bureau et la température intérieure.

[0102] L'écart corrigé e' permet de connaître le comportement thermique du bureau en faisant abstraction de la contribution relative à l'utilisation du bureau. Une valeur trop importante de cet écart corrigé e' peut s'expliquer par un manque de pertinence ou de fiabilité du modèle thermique utilisé pour concevoir le bureau.

[0103] Une analyse de l'écart corrigé e' permet alors, éventuellement à l'aide d'investigations supplémentaires, de calibrer le modèle thermique pour qu'il corresponde mieux à la réalité.

[0104] A titre d'exemple, le cahier des charges $R(C_0, T_0) - C_0$ a pu être mal estimé, par exemple du fait d'une mauvaise prise en compte des éléments du bureau et/ou de certaines au moins de leurs caractéristiques par le modèle thermique. Une correction du modèle thermique peut alors être envisagée pour qu'il modélise plus exactement la situation réelle constatée.

[0105] Après calibrage du modèle thermique, les écarts e et e' calculés devraient mieux représenter le comportement thermique réel du bureau.

[0106] Le calibrage du modèle thermique peut être effectué de façon continue ou régulière par itérations successives par exemple.

[0107] Le calibrage par itération est en général réalisé par un expert et consiste à itérer manuellement les paramètres d'entrée du modèle thermique pour se rapprocher de la vérité mesurée expérimentalement. Par exemple, si on observe que le besoin en puissance énergétique est supérieur aux prévisions dans un scénario environnemental et d'utilisation donnée, il est possible que cela vienne de la présence de ponts thermiques plus importants que prévus, ou d'utilisation de matériaux moins isolants que prévus. L'expert doit dans ce cas analyser les possibilités, réaliser des vérifications afin de réduire le champ des possibilités, et finalement réaliser des simulations avec différents jeux d'hypothèses pour rapprocher le modèle de la réalité mesurée. Ces itérations peuvent être réalisées manuellement ou programmées pour être réalisées de façon systématique.

[0108] Le calibrage automatique peut également être réalisé par inversion du modèle direct. Les modèles thermiques directs permettent de calculer un besoin en puis-

sance énergétique pour un bâtiment donné, une consigne de température donnée, un environnement donné et une utilisation donnée. Un exemple de modèle inverse serait un modèle dont les données d'entrée seraient l'environnement mesuré, l'utilisation mesurée, et la consigne de température mesurée. Dans ce modèle, une partie des paramètres descriptifs seraient supposés connus, et une autre partie serait calculée.

[0109] On notera que les opérations décrites ci-dessus peuvent être mises en oeuvre pour tout système simple (dispositif) ou complexe (ensemble de dispositifs), comprenant des unités appropriées (dispositif de mesure de C_1 , T_1 et U_1 , unité d'estimation de l'écart e , unité d'estimation d'une contribution relative à l'utilisation, etc.).

[0110] Un programme d'ordinateur peut être utilisé pour mettre en oeuvre la présente invention, lorsqu'il est chargé et exécuté sur des moyens informatiques. Il utilise à cet effet des instructions de code appropriées.

Revendications

1. Procédé d'analyse du comportement thermique d'une construction (1) délimitant un espace clos et incluant au moins un équipement (2;12) consommant de l'énergie pour assurer une ambiance thermique par chauffage ou refroidissement, la construction étant modélisée à l'aide d'un modèle thermique pour qu'une relation entre une consommation théorique (C_0) dudit équipement et une température de référence (T_0) à l'intérieur de la construction satisfasse un critère déterminé, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- mesurer une consommation réelle (C_1) dudit équipement, une température (T_1) réellement obtenue à l'intérieur de la construction et au moins un paramètre (U_1) relatif à une utilisation de la construction ;
- estimer un écart (e) entre ladite relation entre une consommation théorique dudit équipement et une température de référence à l'intérieur de la construction d'une part et une relation correspondante entre la consommation réelle dudit équipement et la température réellement obtenue à l'intérieur de la construction d'autre part ; et
- lorsque l'écart estimé dépasse un seuil (S), estimer une contribution relative à l'utilisation de la construction dans ledit écart en tenant compte dudit paramètre mesuré.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on calcule en outre un écart corrigé (e') en soustrayant dudit écart estimé la contribution relative à l'utilisation de la construction (1).

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel on dé-

duit de l'écart corrigé (e') une conclusion sur la conception de la construction (1).

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, dans lequel on modifie le modèle thermique pour tenir compte de l'écart corrigé (e').

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on mesure en outre, à l'aide de capteurs correspondants, des paramètres relatifs à l'environnement de la construction (1), comme des conditions météorologiques ou une ambiance thermique d'une construction adjacente, et dans lequel ladite relation entre la consommation réelle (C_1) dudit équipement (2;12) et la température (T_1) réellement obtenue à l'intérieur de la construction tient compte de certains au moins de ces paramètres.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit paramètre (U_1) relatif à une utilisation de la construction (1) est relatif à l'un au moins parmi : une ouverture/fermeture d'au moins une porte (14) ou fenêtre (11) dans la construction, une occultation d'au moins une porte ou fenêtre dans la construction, une présence d'au moins un individu à l'intérieur de la construction, une présence d'au moins une source indirecte (15-17) de chaleur ou de fraîcheur à l'intérieur de la construction, un usage d'au moins une consigne de fonctionnement pour ledit équipement.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on obtient au moins une image faisant apparaître une répartition thermique dans la construction au moyen d'au moins une caméra thermique (5-6), ladite image obtenue étant utilisée pour mesurer ledit paramètre (U_1) relatif à une utilisation de la construction (1).

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel on mesure ledit paramètre (U_1) relatif à une utilisation de la construction (1) à partir d'une comparaison entre ladite image obtenue et une image attendue correspondante.

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel ladite image attendue tient compte de la présence et de l'emplacement dans la construction (1) dudit équipement (2;12) consommant de l'énergie pour assurer une ambiance thermique par chauffage ou refroidissement.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, dans lequel ladite image obtenue est sous une forme cryptée.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications

précédentes, dans lequel la consommation réelle (C_1) dudit équipement (2;12) et la température (T_1) réellement obtenue à l'intérieur de la construction sont mesurés de façon répétée à des instants successifs.

5

sur des moyens informatiques.

12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel ledit écart (e) est estimé de façon répétée à des instants successifs, et dans lequel on analyse une évolution dudit écart dans le temps en vue de détecter d'éventuelles modifications du comportement thermique de la construction (1), indépendantes de l'utilisation de la construction. 10
13. Système adapté pour l'analyse, conformément au procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, du comportement thermique d'une construction (1) délimitant un espace clos et incluant au moins un équipement (2;12) consommant de l'énergie pour assurer une ambiance thermique par chauffage ou refroidissement, la construction étant modélisée à l'aide d'un modèle thermique pour qu'une relation entre une consommation théorique (C_0) dudit équipement et une température de référence (T_0) à l'intérieur de la construction satisfasse un critère déterminé, le système comprenant : 15
 - au moins un dispositif de mesure pour mesurer une consommation réelle (C_1) dudit équipement, une température (T_1) réellement obtenue à l'intérieur de la construction et au moins un paramètre (U_1) relatif à une utilisation de la construction ; 20
 - une unité d'estimation d'un écart (e) entre ladite relation entre une consommation théorique dudit équipement et une température de référence à l'intérieur de la construction d'une part et une relation correspondante entre la consommation réelle dudit équipement et la température réellement obtenue à l'intérieur de la construction d'autre part ; 25
 - une unité d'estimation, lorsque l'écart estimé dépasse un seuil (S), d'une contribution relative à l'utilisation de la construction dans ledit écart en tenant compte dudit paramètre mesuré. 30
14. Système selon la revendication 13, dans lequel ledit dispositif de mesure comprend, pour la mesure d'au moins un paramètre (U_1) relatif à une utilisation de la construction (1), au moins une caméra thermique (5-6) agencée pour obtenir au moins une image faisant apparaître une répartition thermique dans la construction. 35
15. Produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code appropriées pour mettre en oeuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, lorsqu'il est chargé et exécuté 40

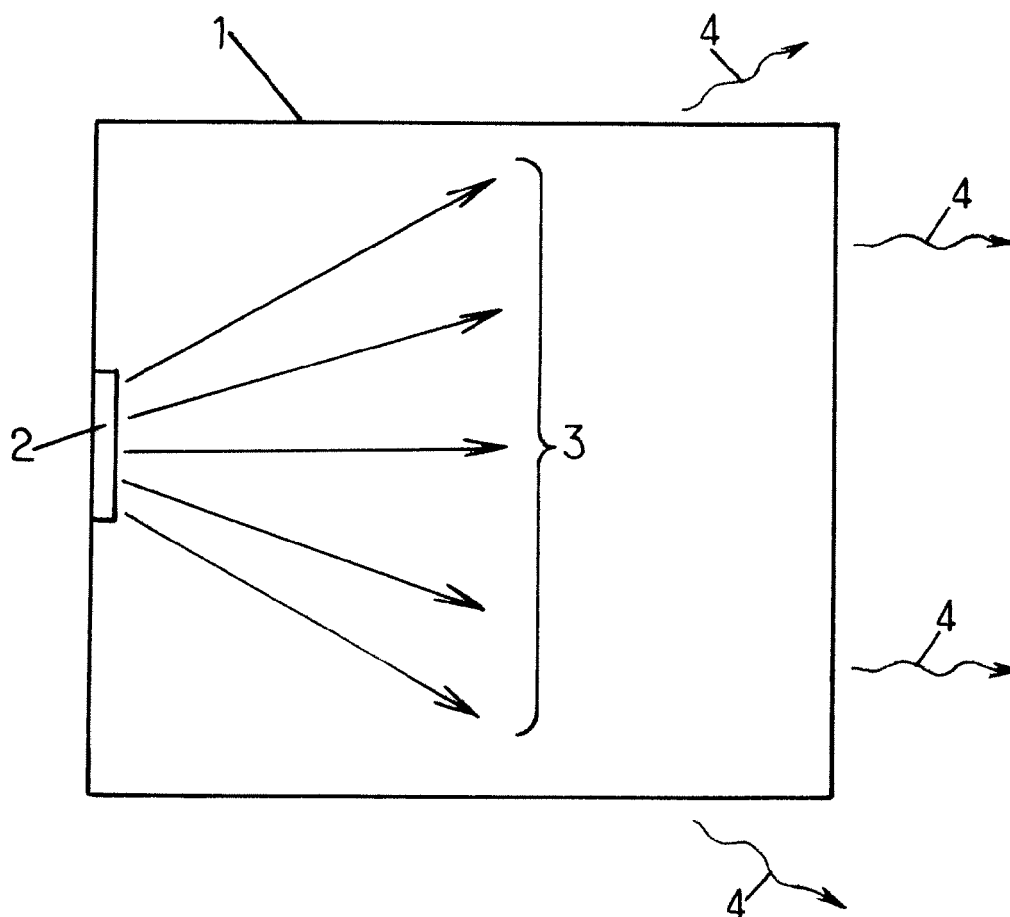
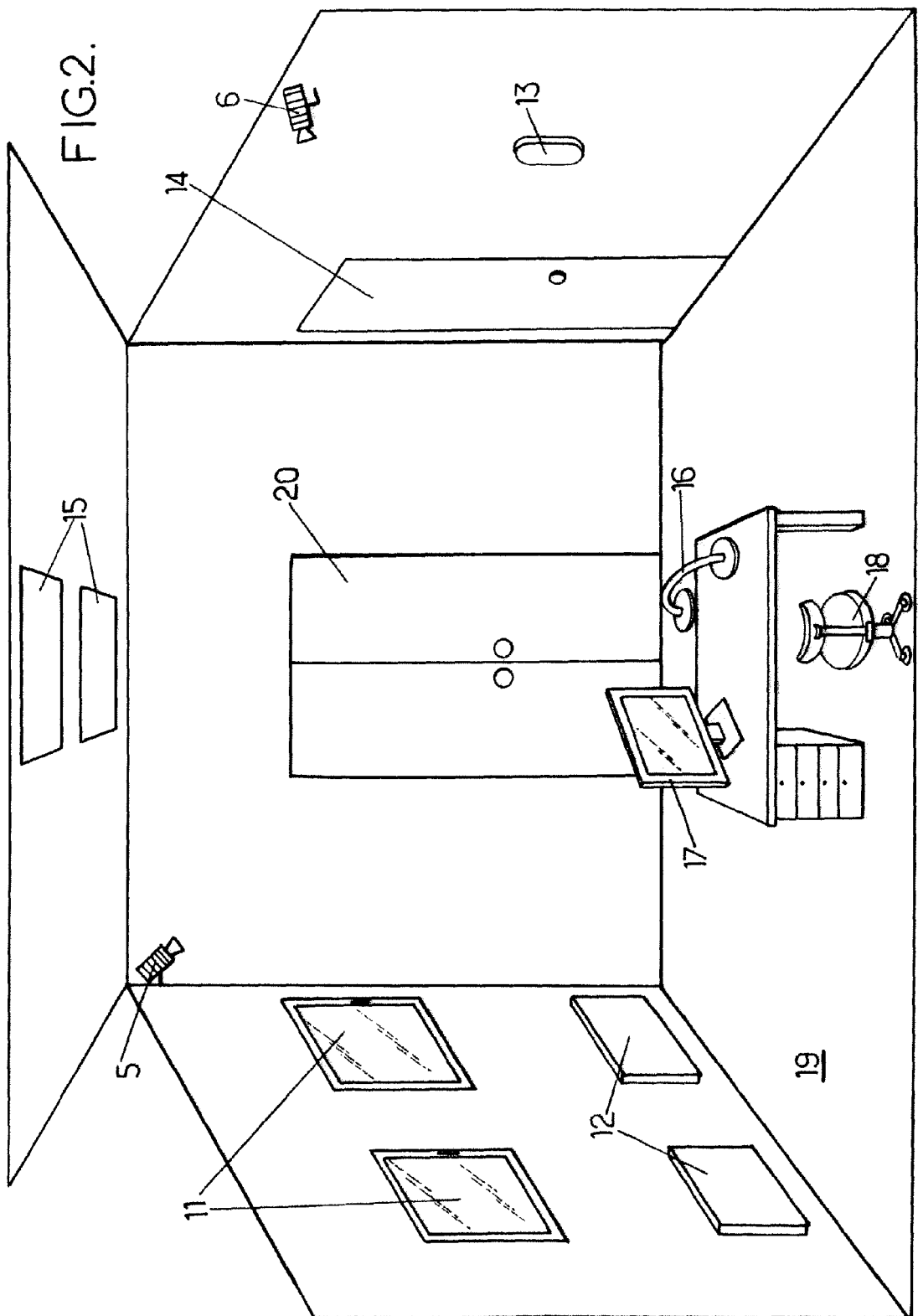


FIG.1.



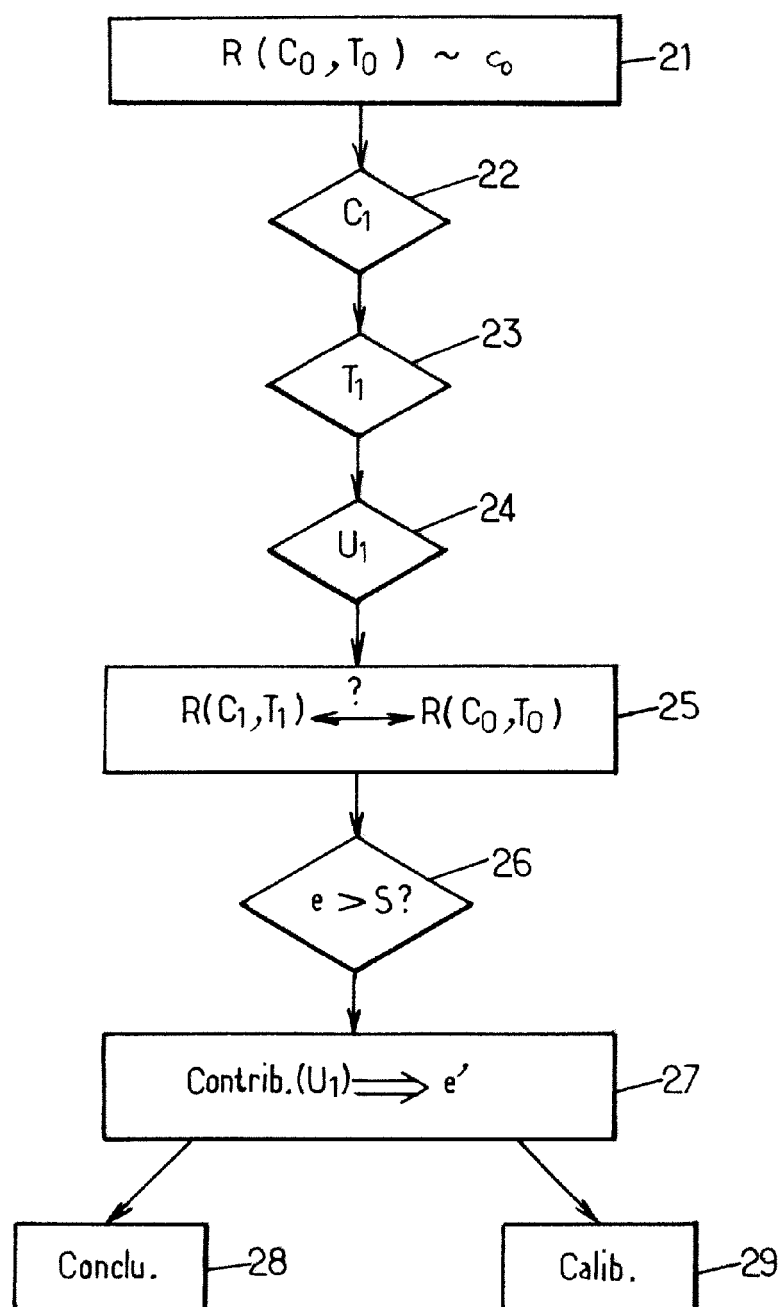


FIG.3.



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 11 16 2088

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	DE 10 2008 032880 A1 (LOY & HUTZ AG [DE]) 21 janvier 2010 (2010-01-21) * alinéa [0001] * * alinéas [0006] - [0012] * * alinéa [0016] * -----	1-7,11, 13-15	INV. F24D19/10 G05D23/19
A	US 5 384 716 A (ARAKI SHOICHI [JP] ET AL) 24 janvier 1995 (1995-01-24) * le document en entier *	1-15	
A	JP 3 100813 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 25 avril 1991 (1991-04-25) * le document en entier *	1-15	
A	JP 10 259942 A (SANYO ELECTRIC CO) 29 septembre 1998 (1998-09-29) * le document en entier *	1-15	
A	JP 2009 257699 A (PANASONIC ELEC WORKS CO LTD) 5 novembre 2009 (2009-11-05) * le document en entier *	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			F24D G05D G01K
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 9 juin 2011	Examineur Schwaller, Vincent
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 11 16 2088

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

09-06-2011

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 102008032880 A1	21-01-2010	AUCUN	
US 5384716 A	24-01-1995	EP 0589448 A1 JP 6160507 A	30-03-1994 07-06-1994
JP 3100813 A	25-04-1991	AUCUN	
JP 10259942 A	29-09-1998	AUCUN	
JP 2009257699 A	05-11-2009	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82