Annexe 2 – Spécifications techniques du matériel pour la mise en œuvre des mesures « de type C2 »

Table des matières

ANNEXE 2 – SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES DU MATÉRIEL POUR LA MISE EN ŒUVRE DES MESURES « DE TYPE C2 » 1

1. PRINCIPE DE LA MESURE 2
2. SPÉCIFICATIONS DU MATÉRIEL 2
   - *2.1. Sondes flux métriques 3*
   - *2.2. Centrales d'acquisition 3*
   - *2.3. Capteurs de température (intérieur et extérieur) 3*
   - *2.4. Adhésif 3*
   - *2.5. Caméra infrarouge 4*
   - *2.6. Module façade 4*
3. CONDITIONS D'APPLICATION 4
4. CHOIX DES PAROIS À INSTRUMENTER 5
5. INSTALLATION DU MATÉRIEL 5
   - *5.1. Placement des sondes intérieures 5*
   - *5.2. Fixation des sondes intérieures 6*
   - *5.3. Placement des sondes extérieures 6*

Le protocole, pour les mesures de type C2, repose sur le protocole de mesure MELODIE. Il a pour objectif d'affiner la qualification de l'enveloppe de bâtiments dans le cadre d'audit et de diagnostic de performance énergétique. La méthodologie proposée s'appuie sur des mesures locales (avec fluxmètre et caméra thermique) en site occupé. L'objectif est d'obtenir un coefficient de déperdition U (en W/(m².K)) d'une paroi opaque.

Le logement est utilisé en conditions normales par ses occupants. Des capteurs sont collés sur certaines parois côté intérieurs (fluxmètres et thermocouples reliés à une centrale d'acquisition). Des modules extérieurs implantés en façades et à proximité du bâtiment enregistrent les sollicitations climatiques de l'enveloppe (module façade).

La mesure du coefficient U peut mettre en évidence les malfaçons suivantes :

- Défaut de performance de l'isolant ;
- Absence d'isolant ou épaisseur d'isolant non cohérente avec l'étude thermique ;
- Dégradation de l'isolant (par exemple lors du stockage en phase chantier ou lors de sa mise en oeuvre).

1. Principe de la mesure

L'objectif de la mesure présentée ici est d'évaluer la valeur du U (en W/K/m²) de parois déperditives d'un bâtiment. A noter que le coefficient U représente ici la valeur de transmittance de la paroi (U_{paroi}) avec ses coefficients d'échanges surfaciques cotés intérieurs (h_{si}) et extérieurs (h_{se}). L'évaluation du U de la paroi seul nécessiterai un protocole de mesure plus contraignant implicant de mesurer les températures de surface des parois et ne sera pas abordé ici.

Pour réaliser cette mesure, un fluxmètre est fixé sur la paroi à tester grâce à un adhésif. Ce capteur permet de mesurer le flux thermique (en W/m²) traversant la paroi. La température d'air est également mesurée côté intérieur à proximité du fluxmètre ainsi que côté extérieur.

2. Spécifications du matériel

La réalisation de cette mesure nécessite d'avoir à disposition les éléments suivants dont les spécifications seront précisées par la suite.
Deux kits de mesures sont possibles :

- Un kit SEREINE « allégé » (préférable) :
    - Module P (pilotage)
    - Module I (intérieur – se doter uniquement des capteurs de températures)
    - Module F (façade – température extérieure équivalente)
    - Module E (extérieure - température d'air extérieur)
    - Module A (adjacent - température des locaux adjacents)
    - Module T (transfert – sondes fluxmètriques)

- Un kit composé de (à défaut) :

- Sondes fluxmétriques permettant la mesure du flux à travers les parois
- Centrale d'acquisition (probablement plusieurs) permettant à minima l'acquisition et l'enregistrement des tensions en sortie des sondes fluxmétriques et éventuellement celles des températures intérieures et/ou extérieures
- Capteurs de température pour mesurer les conditions de température intérieures à proximité des sondes fluxmétriques ainsi qu'en extérieur
- Adhésif pour fixer les sondes fluxmétriques et les capteurs de température aux parois
- Caméra infrarouge pour placer les fluxmètres à distance suffisante des ponts thermiques
- Module F (façade pour mesurer la température équivalente extérieure)
- Module P (pilotage – pour communiquer avec les modules façades)

2.1. Sondes flux métriques

La qualité de la mesure de flux sera déterminante pour la précision et la justesse de l'évaluation du U. Ainsi, il est préférable d'utiliser des sondes fluxmétriques spécifiquement dédiées à des applications de thermique du bâtiment. Il est donc recommandé d'utiliser une sonde ayant une plage de mesure de -50 à 50 W/m^2, une précision de ± 3% et fonctionnant sur une plage de mesure de - 10°C à 40°C. La longueur des câbles associés aux sondes reste à la discrétion du mesureur.

Cependant, dans le cadre d'une mesure en occupation, des longueurs de câbles relativement faibles (<5m) sont recommandées afin de limiter l'encombrement.

2.2. Centrales d'acquisition

Les centrales d'acquisition utilisées doivent permettre de réaliser *a minima* l'acquisition et l'enregistrement des données des sondes fluxmétriques. Cependant, selon le type de capteur de température utilisé, il pourra être pertinent d'utiliser une même centrale pour l'acquisition des mesures fluxmétriques et de température (utilisation de sondes PT ou de thermocouples).

Les centrales utilisées doivent permettre une acquisition au pas de temps de 5 minutes au minimum.
Le choix de la sensibilité et de la résolution doit être réalisé en accord avec les fluxmètres sélectionnés pour garantir une résolution de la mesure fluxmétrique de 0.1 W/m^2 minimum. Le calibre associé à cette résolution doit permettre une plage de mesure de -50 à 50 W/m^2.

2.3.Capteurs de température (intérieur et extérieur)

Les capteurs de température d'air intérieur et extérieur utilisés doivent avoir une précision de ± 0.5 K minimum et une plage de fonctionnement en accord avec leur utilisation. Leur mise en œuvre doit permettre une mesure correcte avec notamment une protection contre les rayonnements solaires.

Les sondes intérieures doivent pouvoir être installées à proximité immédiate du capteur fluxmétrique.

2.4.Adhésif

L'adhésif utilisé doit permettre la fixation des sondes aux parois testées sans causer la dégradation de ces dernières, en particulier l'arrachage de peinture. Il est ainsi recommandé d'utiliser du ruban de masquage, de préférence dédié aux surfaces délicates et de limiter au maximum le poids des câbles en les maintenant en position avec des adhésifs.

2.5.Caméra infrarouge

La caméra thermographique permet de placer les sondes fluxmétriques dans les zones thermiquement homogènes de la paroi étudiée, à bonne distance des ponts thermiques. Cela permet d'être représentatifs de la partie dite courante de la paroi.
Les spécifications recommandées sont les mêmes que celles présentées dans le document *Protocole de détection des irrégularités thermiques sur l'enveloppe d'un bâtiment - Maison individuelle et Bâtiment d'habitation collectif - Méthode infrarouge*.

2.6.Module façade

Un capteur permettant de mesurer la température extérieure équivalente est installé devant les parois donnant sur l'extérieure dont le U sera mesuré. Il doit être posé sur un trépied ou accroché le plus au centre possible des parois. S'il existe un dispositif permettant de fixer le capteur à la paroi, il ne doit pas dégrader le revêtement extérieur de la paroi.

Chaque capteur est constitué de deux sondes de température installées en sous-face de deux plaques métalliques fines revêtues d'une peinture de teinte noire d'une part et blanche d'autre part. Les capteurs doivent être équipés d'un enregistreur-émetteur pour envoyer les données au module pilotage via un réseau sans fil. L'erreur maximale tolérée sur chaque sonde de température du capteur doit être de ± 0,5 °C. Chaque capteur de mesure doit être amovible afin d'en faciliter la calibration et le remplacement.

3. Conditions d'application

Il est recommandé pour l'application de ces mesures d'avoir un écart moyen de 10°C entre les ambiances intérieure et extérieure. Ainsi, la mesure sera plutôt déployée en conditions hivernales. Il conviendra, avant de réaliser la mesure, de se renseigner sur la température qu'il sera possible d'imposer dans les espaces où seront réalisées les mesures ainsi que les prévisions météo relatives à la température extérieure pendant la période de test. Ces informations permettront d'évaluer si la réalisation de la mesure est possible ou non.
Durant l'essai, il est souhaitable que la température intérieure soit relativement stable dans les espaces intérieurs où sont réalisées les mesures. Le chauffage devant être assuré par le système en place, il conviendra de se renseigner sur les possibilités de réglage de la température que celui-ci offre avant la réalisation de la mesure. Par ailleurs, il faudra veiller à ce que les occupants maintiennent une température relativement stable dans les espaces testés.
Ainsi, si un réduit de température peut être autorisé, celui-ci devra être limité. Le maintien d'une température stable pouvant se révéler contraignant pour les occupants, le choix des espaces testés et les températures qui y seront maintenues doivent être concertés avec eux en amont de la mesure.

La durée de la mesure recommandée est de 7 jours minimum. Cependant, une durée plus longue peut être préférable afin de limiter l'incertitude.

Il conviendra d'être particulièrement vigilant quant au respect des recommandations ci-dessus au risque d'avoir un essai inexploitable.

4. Choix des parois à instrumenter

L'objectif étant d'améliorer la qualification de l'enveloppe du bâtiment, on cherchera à caractériser via les mesures fluxmétriques le maximum de surfaces déperditives de l'enveloppe.
Pour ce faire, on commencera par répertorier les différents types de parois isolées. Par type de paroi, on entend des parois définies de manière identique dans le diagnostic ou l'audit.

Par la suite, on triera ces types de paroi de manière décroissante de celui représentant le plus de surfaces déperditives à celui représentant le moins de surfaces déperditives. On instrumentera en priorité les types de parois représentant le plus de surfaces déperditives. Bien qu'il soit souhaitable d'instrumenter tous les types de paroi, il se peut que cela ne soit pas possible par manque de matériel ou du fait de contraintes lors de l'installation.

Parmi ces parois, on identifiera pour celles qui donnent vers l'extérieur (et pas un espace tampon). Ce sont ces parois qui seront instrumentées en priorité.

On identifiera les espaces à instrumenter permettant de caractériser en priorité plusieurs types de parois tout en respectant les contraintes de disponibilité du matériel (capteurs et centrales d'acquisition) et en limitant les contraintes pour les occupants.

Pour chacun des types de parois, on recommandera l'utilisation d'au moins deux fluxmètres, trois de préférence. Les fluxmètres disponibles sont alors à répartir sur les différentes parois en respectant ces contraintes ainsi que celles liées aux emplacements des centrales d'acquisition. On répartit ainsi les fluxmètres de manière à maximiser à la fois le nombre de parois instrumentées et leur nombre sur les parois ayant la plus grande surface déperditive.

Par ailleurs, le choix des parois à instrumenter pourra également être orienté par la facilité d'accès à la paroi. En particulier, le choix d'une paroi qui ne soit pas trop encombré de meubles simplifiera la mise en œuvre de la mesure. Enfin, il pourra être judicieux de sélectionner les parois en fonction du risque de dégradation lié à l'adhésif. Ainsi, on pourra par exemple privilégier des parois sans papier peint.

L''ensemble des orientations peuvent être considérées pour l'instrumentation. En effet, la présence du module façade permet de prendre en compte l'influence du rayonnement solaire sur la paroi et il n'est pas nécessaire de se limiter aux parois nord. Cependant, pour chaque orientation instrumentée en fluxmètres, il faudra un module façade posé à l'extérieur. Il est néanmoins attendu que l'incertitude soit moins importante sur les parois orientées au nord et on privilégiera ces dernières dans la mesure du possible.

5. Installation du matériel

5.1. Placement des sondes intérieures

Les espaces et parois à instrumenter ayant été sélectionnés, il convient de choisir les emplacements sur lesquels seront effectivement installées les sondes fluxmètriques accompagnées de leurs capteurs de température. Pour cela, il est nécessaire de réaliser un diagnostic à la caméra thermique de la paroi. En effet, ce diagnostic permettra d'identifier les ponts thermiques intégrés ou de structure. Une fois ces

ponts thermiques identifiés, il conviendra de placer les fluxmètres en veillant à laisser un espace de 15cm entre les rebords de leur zone sensible et la limite extérieure de la zone d'influence du pont thermique. De la même manière, les zones sensibles des fluxmètres seront placées à plus de 15 cm des menuiseries ou des jonctions entre deux parois.

En outre, les fluxmètres pourraient être perturbés par les systèmes énergétiques en place. C'est pourquoi il conviendra d'être vigilant à placer les fluxmètres à bonne distance :

- Des radiateurs/convecteurs et des circulations d'eau chaude ;
- Des bouches de ventilation ;
- De tout autre équipement dégageant de la chaleur (lampes à incandescence, plaques de cuisson…).

On veillera ainsi *a minima* à laisser au moins 30 cm entre les fluxmètres et ces équipements, et ce, en n'oubliant pas les contraintes listées ci-dessus.
Enfin, il faudra veiller à ce que les fluxmètres ne soient pas exposés au rayonnement solaire direct. La zone d'implantation des fluxmètres ne doit pas être exposée au cours de la journée. Cette information peut se déduire par le placement des fenêtres et la course du soleil mais aussi en interrogeant directement les occupants.
Une fois ces contraintes respectées, on cherchera à espacer les fluxmètres de manière à couvrir la plus large surface possible du mur à instrumenter.

5.2. Fixation des sondes intérieures

Les sondes fluxmétriques doivent être fixées au mur via un adhésif. Plusieurs méthodes peuvent être envisagées :

- Utilisation d'un adhésif de peinture sans pâte thermique ;
- Utilisation d'un adhésif de peinture avec pâte thermique et film ;

L'utilisation d'un adhésif de peinture sans pâte thermique peut être suffisant sur une surface lisse. En revanche, sur une surface rugueuse de type crépi, on privilégiera l'utilisation d'un adhésif de peinture avec pâte thermique et film. Cette méthode est cependant bien plus contraignante à mettre en œuvre et on privilégiera donc des surfaces à instrumenter lisses.
Dans tous les cas, il faudra vérifier la bonne adhésion de la sonde fluxmétrique avec la paroi. Il ne doit pas y avoir de lame d'air entre les deux. Afin d'améliorer la tenue et de limiter le risque de décrochage des sondes, il est recommandé de fixer également les câbles le long de la paroi à l'aide d'un adhésif de peintre (voir figure suivante). Cela permettra également une meilleure optimisation des passages de câble afin de limiter la gêne des occupants si la mesure a lieu en occupation. Cela s'avérera particulièrement nécessaire pour les capteurs fixés au plafond.
Les sondes de température doivent être situées dans le volume d'air à proximité de la sonde fluxmétrique. On recommandera ainsi de placer la sonde de température à moins de 5cm de la partie sensible du capteur fluxmètrique. Là aussi on recommandera de fixer les câbles des sondes de température aux parois via de l'adhésif afin d'assurer une meilleure tenue et une meilleure gestion des passages de câbles.

5.3.Placement des sondes extérieures

Concernant la sonde mesurant la température extérieure, elle doit être placée :

- en face nord,
- à l'abri du rayonnement solaire,
- et dans une zone protégée des intempéries.

Les sondes placées dans les espaces tampons doivent l'être de sorte à être protégées du rayonnement solaire et, si possible, à proximité des portions de parois où sont réalisées le mesures fluxmétriques.

L'objectif du module façade est de mesurer l'ambiance radiative de la façade instrumentée :

- Si la façade est très masquée, le module façade le sera aussi.
- Si la façade est ensoleillée, le module façade doit l'être également.

Le module façade peut être installé avec un trépied (recommandé) ou fixé directement au cadre d'une menuiserie via un système de serre-joint (veiller à préserver l'état du revêtement extérieur).

Points d'attention :

- Le module façade ne doit pas être masqué par un arbre, une haie ou un mur séparatif (sauf si toute la façade est masquée) ;
- Il est à positionner le plus au centre de la paroi mesurée ;
- Il faut compter un module façade par orientation instrumenté