

Tous les essais repris dans ce rapport ont été réalisés en conformité avec le système de management de la qualité du CSTC certifié ISO 9001

Station expérimentale
Bureaux
Siège social

B-1342 Limelette, avenue P. Holoffe 21
B-1932 Sint-Stevens-Woluwe, Lozenberg 7
B-1000 Bruxelles, rue du Lombard 42

Tel.: +32 (0)2 655 77 11
Tel.: +32 (0)2 716 42 11
Tel.: +32 (0)2 502 66 90

RAPPORT D'ESSAIS

Laboratoire	BOIS ET COATINGS - BHC	N/Références	DE651XM504 BHC 14055 Page 1/15
--------------------	-------------------------------	---------------------	--------------------------------------

Demandeurs	Opal Systems Avenue de Longwy, 185 6700 Arlon		
Date de la demande	24/09/2014	Enregistrement des échantillons	S2015-27-04
		Date de réception des échantillons	05/11/2014
Date d'établissement du rapport	06/07/2015		
Essais effectués	Evaluation du comportement de revêtement de sol en bois avec le chauffage par le sol Opal System® en fonctionnement continu et par intermittence		
Références	-		

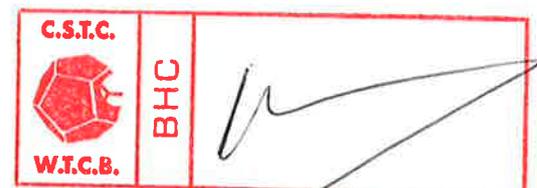
Ce rapport d'essais contient 15 pages. Ce rapport d'essais ne peut être reproduit que dans son intégralité. Sur chaque page figurent le cachet du laboratoire (en rouge) et le paraphe du chef de laboratoire. Les résultats et constatations ne sont valables que pour les échantillons testés.

- Pas d'échantillon
- Echantillon(s) ayant subi un essai destructif
- Echantillon(s) évacué(s) de nos laboratoires 30 jours calendriers après l'envoi du rapport, sauf demande écrite de la part du demandeur

tech., André Delhaye
Responsable des essais



Ir., Stéphane Charron
Chef de laboratoire



Ir., Benoît Michaux
Chef de division adjoint

1. INTRODUCTION

Cet essai consiste à évaluer le comportement de revêtement de sol en bois en pose collée avec le chauffage par le sol Opal System® en fonctionnement continu et par intermittence.

L'objectif est de déterminer si le mode de fonctionnement du chauffage par le sol Opal System® a une influence déterminant ou non sur le comportement du revêtement de sol en bois et ce, de manière à développer et optimiser le concept.

2. MAQUETTE D'ESSAI

2 maquettes d'essai de 6 m² ont été confectionnées à Limelette : 1 maquette avec le chauffage par le sol en mode continu (C) et 1 avec le chauffage en mode par intermittence (I). Ces maquettes se composent des éléments suivants :

1. Panneau d'isolation en mousse rigide résolique, dénommé Kingspan Kooltherm K3 ;

2. Chauffage par le sol Opal System®

Panneau MDF hydrofuge de 18 mm d'épaisseur rainuré sur la face supérieure dans lequel sont insérés des profilés en aluminium puis les tuyaux de chauffage ;

Grillage en aluminium agrafé au panneau pour permettre de diffuser la chaleur ;

3. Revêtement de sol en bois : parquet en chêne massif brut, rainuré-langueté, de qualité 1^{er} choix, de 15 cm de large et de 14 mm d'épaisseur, sans chanfreins, en pose collée.

Colle : monocomposant à base de polymère de silicates, dénommée ULTRABOND ECO S955 1K de la firme Mapei

La pose du chauffage par le sol a été réalisée par la firme Opal System®. La mise en oeuvre du parquet a été effectuée par Monsieur Decoster de la firme Mapei, dans le respect des prescriptions de la NIT 218 « *Revêtements de sol en bois : planchers, parquets et revêtements de sol à placage* ».

La figure suivante illustre la mise en place des 2 maquettes d'essai.



Figure 1 : Mise en place du chauffage par le sol Opal-System

3. PROTOCOLE D'ESSAI

Les maquettes d'essai ont été mises en œuvre dans 2 locaux, dont le volume est de 23 et 32 m³, situé dans un des bâtiments de Limelette. Aucune régulation du climat (température et humidité relative) dans ces 2 zones n'a été réalisée, à l'exception du fonctionnement d'un extracteur d'air en cas de surchauffe trop importante dans les zones d'essai.

En mode continu, le chauffage par le sol fonctionne sans arrêt pendant toute la durée de l'essai. En mode par intermittence, le programme a été défini par la société Opal System pour représenter une programmation classique d'une habitation, avec l'arrêt complet du chauffage en période d'inoccupation pendant les heures de travail. La programmation en mode par intermittence fonctionne selon le principe « coupure et relance à heures fixes » :

- Du lundi au vendredi :
 - 7h : consigne 21°C ;
 - 9h : valeur limite 16°C ;
 - 16h : consigne 21°C ;
 - 23h : valeur limite 15°C.
- Samedi et dimanche
 - 7h : consigne 21°C ;
 - 23h : valeur limite 15°C.

Pendant la durée de l'essai, plusieurs méthodes visuelles et quantitatives ont été systématiquement réalisées lors de l'essai et ce, à intervalle régulier. La figure suivante illustre le protocole d'essai suivi pour chaque maquette.

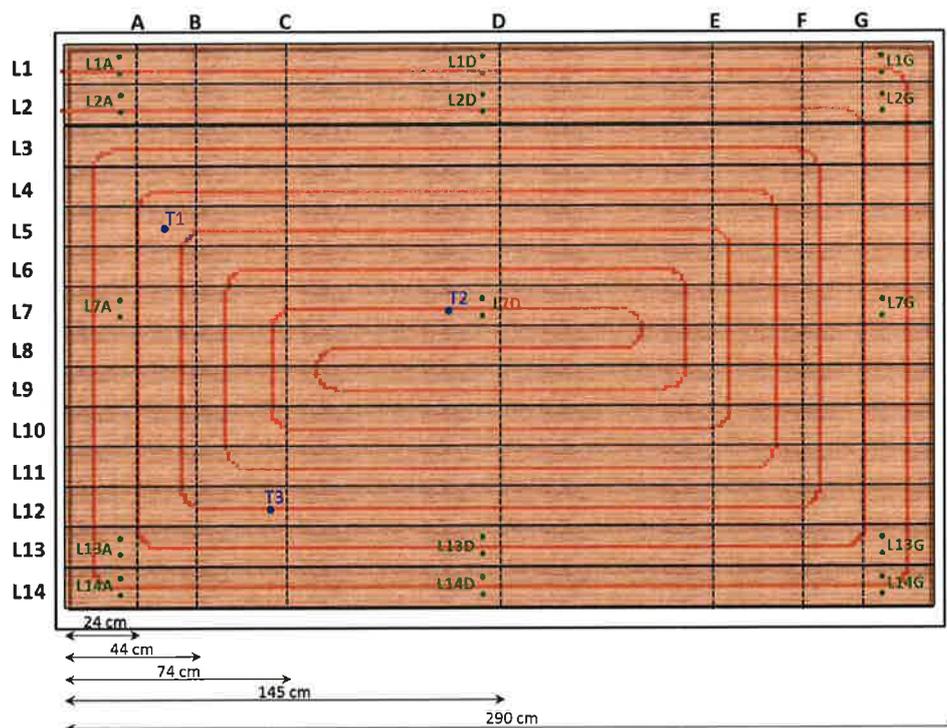
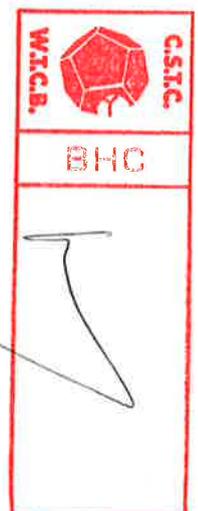


Figure 2 : Configuration de la maquette



Parmi les mesures réalisées, nous pouvons citer :

➤ **Paramètres climatiques :**

- température et humidité relative de l'air ambiant : au niveau du parquet (à 1-2 cm du sol) et à 1m50 de hauteur par rapport au niveau du sol ;
- température en face inférieure du parquet en 3 endroits (T1 → T3).

➤ **Décollement :** analyse visuelle ;

- **Ouverture des joints** entre 2 planches adjacentes le long des lignes de mesure A, D et G (cf. figure 2), soit **39** mesures par maquette ;
- Mesure des **mouvements** du bois par le biais de plot démec en 15 endroits (L1A → L14G) ;
- Mesure du **cintrage** de chaque planche dans le sens de la largeur et ce, le long des lignes de mesure A, B, C, D, E, F et G, soit **98** mesures par maquette ;
- Mesure de la **planéité** sous une latte de 2 m en 8 endroits différents.

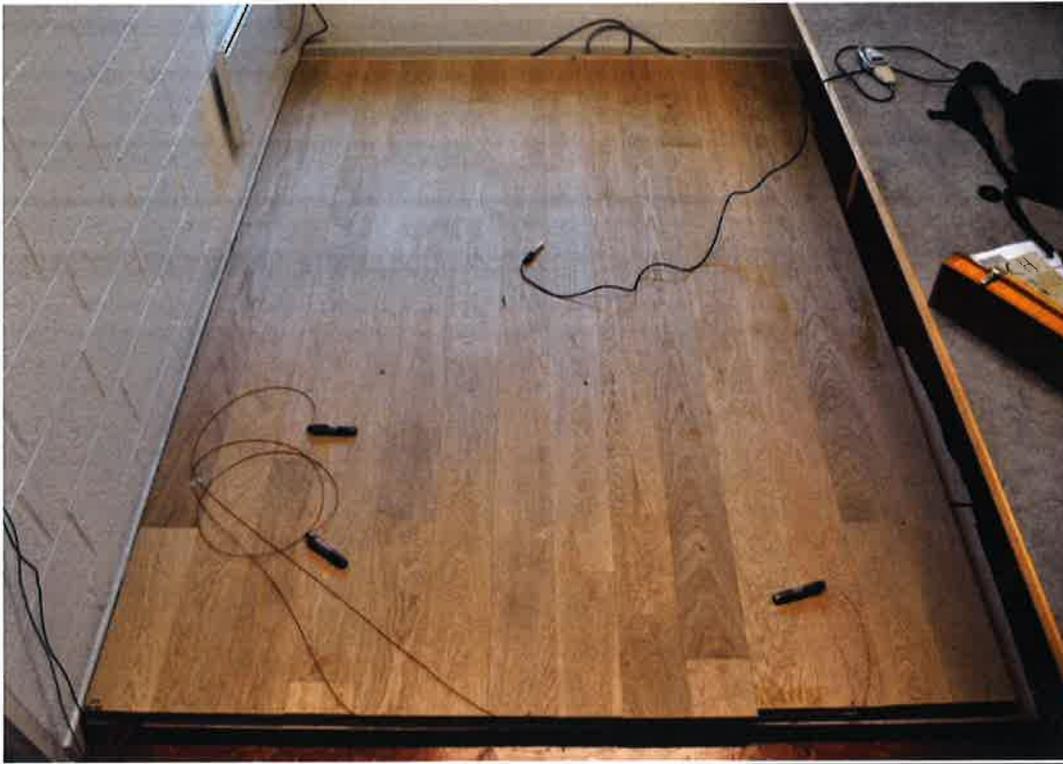


Figure 3 : Maquette « Opal-Systems »

4. PLANNING

Le tableau ci-dessous présente la chronologie de l'essai.

Tâche	Opérateur	Date
Préparation des cellules d'essai	CSTC	27-29 octobre 2014
Mise en œuvre d'Opal System®	Opal system	5 novembre 2014
Mise en œuvre du parquet	Mapei	7-8 janvier 2015
Réalisation de l'essai	CSTC	21 janvier 2015 – 01 juin 2015

Tableau 1. Chronologie de l'essai

Le tableau ci-dessous présente la chronologie des mesures réalisées sur les 2 maquettes.

Tâche	Chauffage par le sol	Date
Mesure initiale	A l'arrêt (Teau : 15°C)	21 janvier 2015
Mesure de référence	Fonctionnement (Teau : 25-30°C)	02 février 2015
Mesure 1	Fonctionnement (Teau : 43°C)	17 février 2015
Mesure 2	A l'arrêt depuis 10 jours*	16 mars 2015
Mesure 3	Fonctionnement (Teau : 43°C)	07 avril 2015
Mesure 4	Fonctionnement (Teau : 43°C)	6 mai 2015
Mesure 5	A l'arrêt depuis 20 jours	1 juin 2015

Tableau 2. Chronologie des mesures

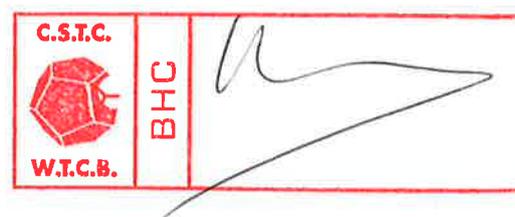
* le chauffage par le sol a été arrêté pendant une dizaine de jours afin de simuler des conditions extrêmes d'utilisation.

5. RÉSULTATS

Répartition de la température sous le parquet

La figure suivante présente l'évolution de la température mesurée sous le parquet durant l'essai. Les sondes T9 et T6 ont été placées au niveau de la maquette avec le chauffage en mode par intermittence (I) et les sondes T1 et T4 avec la maquette en mode continu (C). Pour les 2 maquettes, les résultats de la troisième sonde n'ont pu être pris en compte.

La température de l'eau circulant dans les tuyaux a été augmentée de manière progressive, par pas de 5°C par jour, afin d'atteindre la consigne de 43°C, pour assurer une température de 21°C dans les locaux.



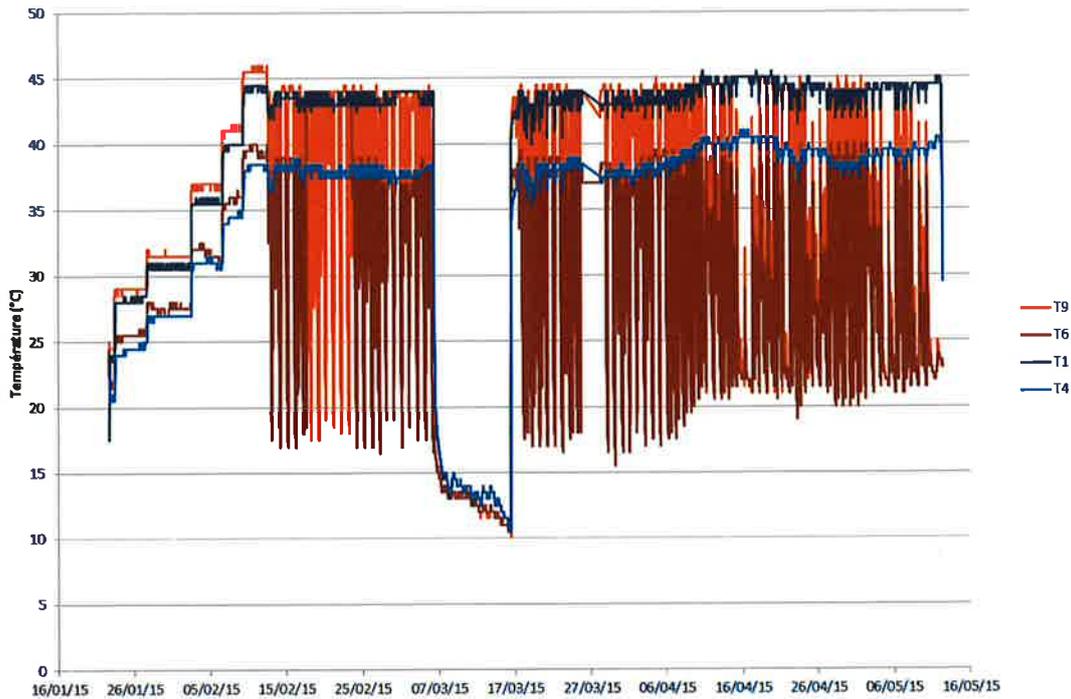


Figure 4 : Température mesurée sous le parquet

Ce graphique met en évidence les 2 modes de fonctionnement du chauffage par le sol testé : continu et par intermittence. En mode continu, la température est relativement constante toute au long de l'essai, avec une température moyenne de $42 \pm 4^\circ\text{C}$ pour la sonde T1 et de $37 \pm 4^\circ\text{C}$. Cet écart de température s'explique probablement par la position des sondes par rapport aux tuyaux de chauffage.

Conditions ambiantes au sein des 2 locaux d'essai

Pour chaque maquette, un thermohygromètre a été placé à 1-2 cm de la surface du parquet et un autre à 1m50 du sol.

La Figure 5 et la Figure 6 présentent l'évolution de respectivement, l'humidité relative et la température au sein des 2 locaux pendant la durée de l'essai pour la maquette en mode continu (C) et par intermittence (I). Les lignes en rouge pointillé indiquent les jours ou les différents paramètres (cintrage, déformation, ...) ont été mesurés sur le parquet.

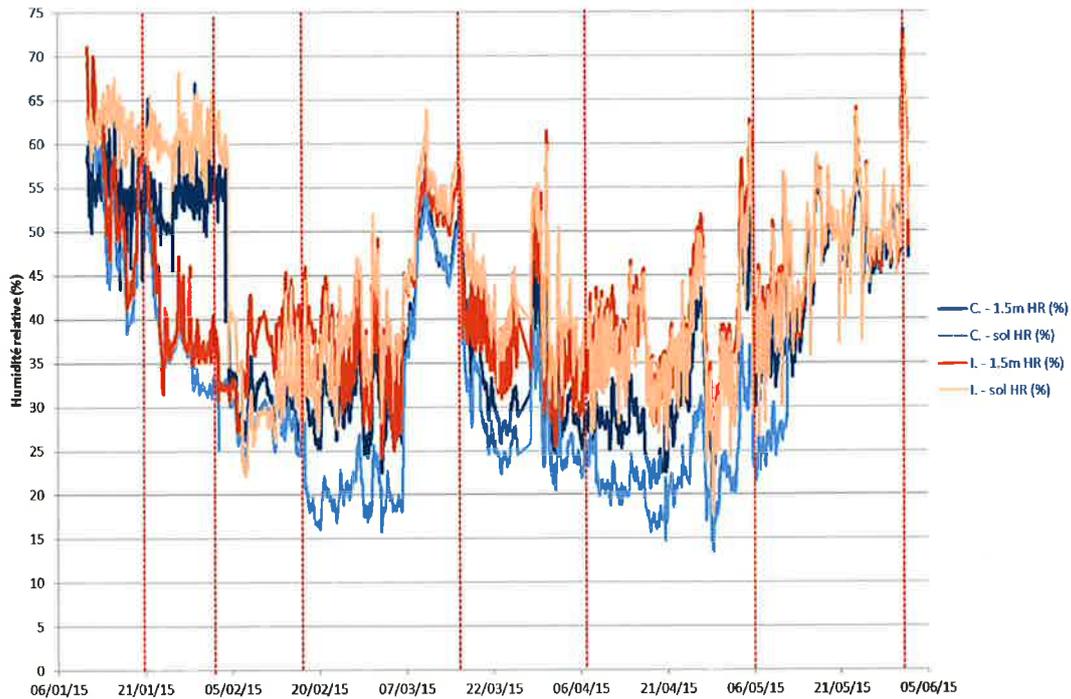


Figure 5 : Evolution de l'humidité relative au sein des 2 locaux d'essai

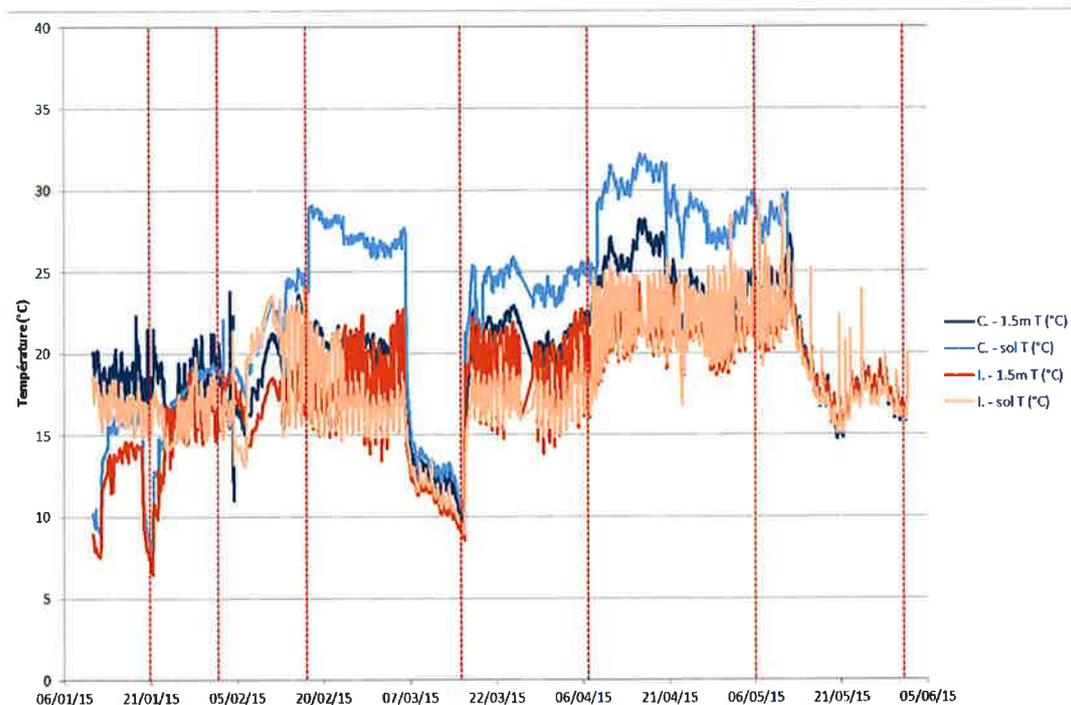
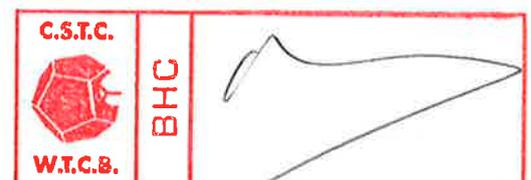


Figure 6 : Evolution de la température au sein des 2 locaux d'essai

Le tableau ci-dessous présente les conditions climatiques enregistrées pendant la période précédant la prise de mesures sur les maquettes. Les données sont présentées comme suit :

Moyenne \pm écart-type

Maximum Minimum



Date des mesures	Mode C								Mode I							
	À 1.5 m				À 1-2 cm				À 1.5 m				À 1-2 cm			
	HR (%)		T (°C)		HR (%)		T (°C)		HR (%)		T (°C)		HR (%)		T (°C)	
02/02/15	54 ± 2		18 ± 1		36 ± 4		18 ± 2		61 ± 2		16 ± 1		39 ± 5		16 ± 2	
	67	46	21	16	52	31	19	12	68	54	20	14	53	31	19	10
17/02/15	30 ± 2		22 ± 1		28 ± 1		24 ± 1		34 ± 4		20 ± 3		40 ± 2		18 ± 1	
	33	26	24	18	30	24	25	20	44	27	24	15	45	37	19	15
16/03/15	48 ± 5		12 ± 1		47 ± 5		13 ± 1		54 ± 5		11 ± 1		52 ± 4		11 ± 1	
	61	37	15	9	58	36	16	10	64	43	14	9	59	43	13	9
07/04/15	32 ± 5		21 ± 1		28 ± 5		24 ± 1		42 ± 6		17 ± 1		38 ± 6		19 ± 2	
	49	25	23	16	40	20	26	20	60	30	21	15	61	26	23	14
06/05/15	31 ± 7		24 ± 2		22 ± 5		29 ± 2		37 ± 7		22 ± 2		40 ± 7		21 ± 1	
	55	18	28	20	38	13	32	25	62	18	28	17	63	21	24	17
01/06/15	51 ± 6		17 ± 1						52 ± 5		17 ± 1		52 ± 6		18 ± 1	
	73	43	19	15					72	37	24	15	73	44	20	16

Tableau 3. Conditions climatiques précédant la prise de mesures sur les maquettes

La figure ci-dessous présente les conditions climatiques moyennes enregistrées pendant la période précédant la prise de mesure.

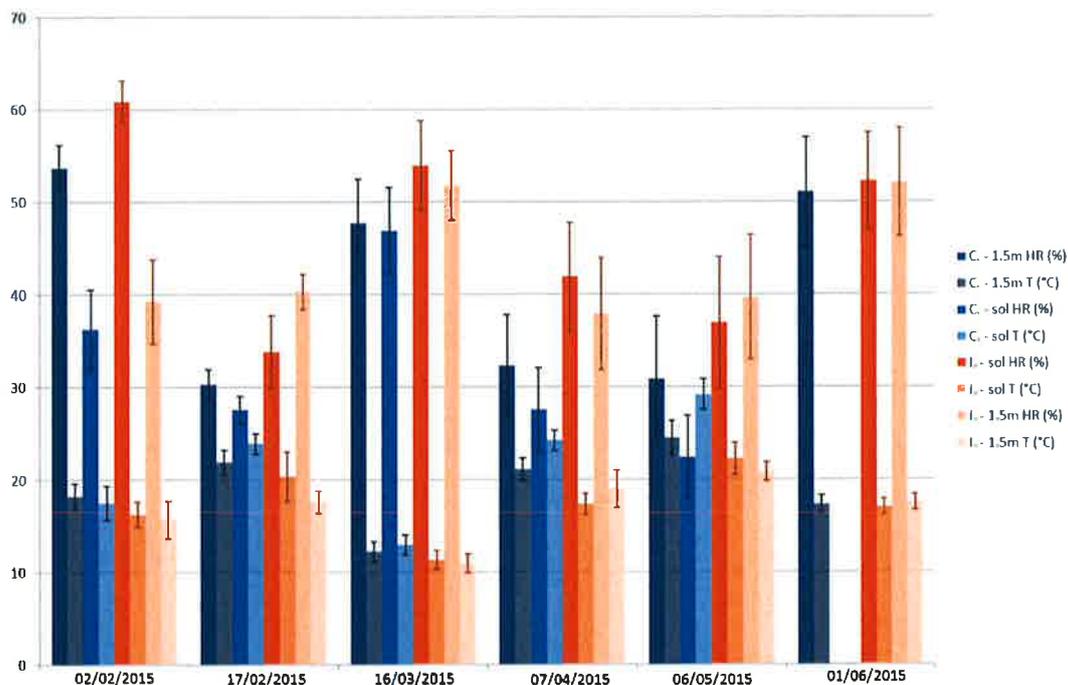


Figure 7 : conditions climatiques moyennes pendant la durée de l'essai

Il ressort de ces données que le chauffage par le sol en mode continu engendre des conditions hygrothermiques plus sévères et notamment au niveau du sol.

Les paragraphes suivants présentent les résultats obtenus pour les diverses mesures réalisées sur les planches des 2 maquettes. Pour l'ensemble des paramètres (déformation, cintrage, ouverture de joint), il a été convenu de mentionner les valeurs relatives par rapport à la mesure de référence du 02 février 2015 afin de ne pas prendre en compte les déformations initiales des planches.

Déformation

Les figures suivantes présentent les déformations, exprimées en mm, pour les 2 maquettes.

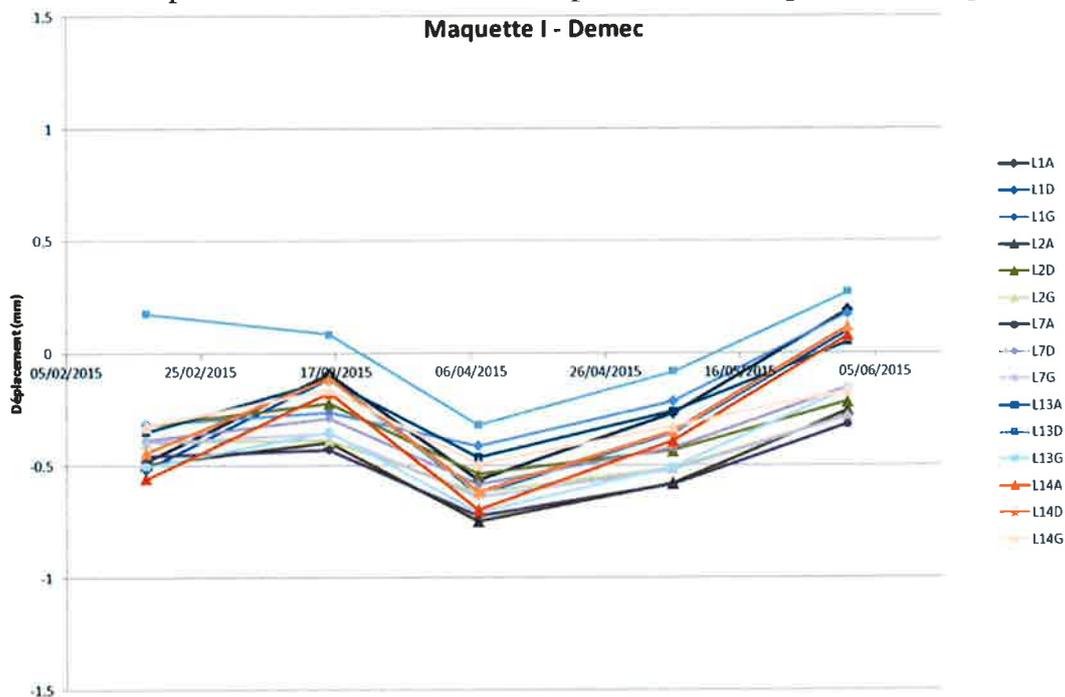


Figure 8 : Mouvement mesuré sur la maquette I

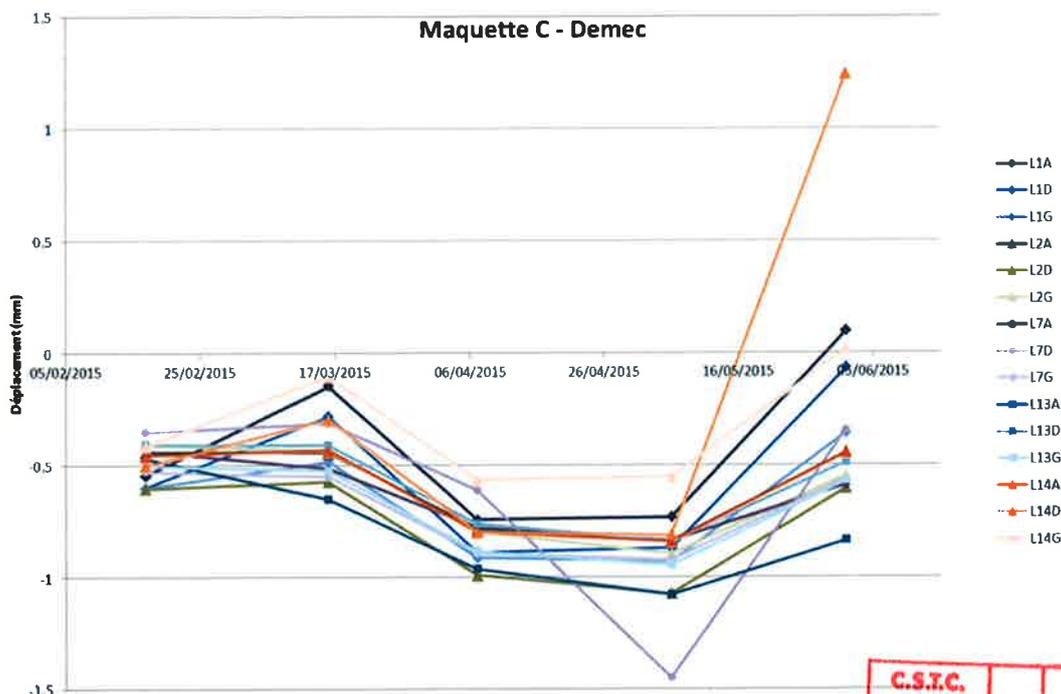
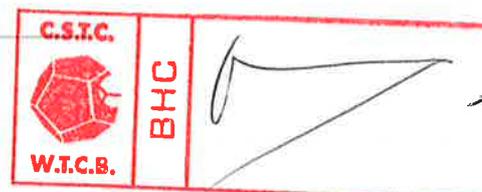


Figure 9 : Mouvement mesuré sur la maquette C



Le tableau ci-dessous présente les déformations moyennes enregistrées sur les 2 maquettes d'essai.

Date de mesure →	Déformation				
	17/02/2015	16/03/2015	07/04/2015	06/05/2015	01/06/2015
Fonctionnement du chauffage sol →	Chauffage	A l'arrêt	Chauffage	Chauffage	À l'arrêt
Mode par Intermittence	-0.38 ± 0.17	-0.22 ± 0.15	-0.58 ± 0.12	-0.39 ± 0.14	-0.06 ± 0.20
Mode continu	-0.48 ± 0.08	-0.41 ± 0.16	-0.81 ± 0.12	-0.91 ± 0.20	-0.30 ± 0.50
% de diminution entre le mode I / mode C	21 %	45 %	28 %	57 %	81 %

Tableau 4. Comparatif des valeurs de déformation entre les 2 modes de fonctionnement du chauffage par le sol

Les déformations mesurées sur les planches de la maquette en mode par intermittence sont inférieures de plus de 20 % par à rapport à celles mesurées sur la maquette en mode continu.

Cintrage

Les tableaux ci-dessous présentent les valeurs de cintrage mesurées, exprimées en mm, pour les maquettes et lors de chaque mesurage.

Ligne de mesure	Cintrage (mm)				
	17/02/2015	16/03/2015	07/04/2015	06/05/2015	01/06/2015
ligne A	0.00 ± 0.07	0.23 ± 0.16	0.09 ± 0.11	0.13 ± 0.14	0.38 ± 0.44
ligne B	0.02 ± 0.08	0.25 ± 0.22	0.12 ± 0.15	0.15 ± 0.18	0.30 ± 0.27
ligne C	-0.02 ± 0.09	0.29 ± 0.23	0.10 ± 0.16	0.15 ± 0.18	0.36 ± 0.26
ligne D	-0.06 ± 0.09	0.26 ± 0.22	0.05 ± 0.15	0.14 ± 0.16	0.38 ± 0.27
ligne E	-0.06 ± 0.11	0.26 ± 0.25	0.05 ± 0.17	0.13 ± 0.18	0.37 ± 0.26
ligne F	-0.04 ± 0.08	0.25 ± 0.25	0.06 ± 0.14	0.12 ± 0.16	0.34 ± 0.26
ligne G	0.00 ± 0.11	0.21 ± 0.24	0.06 ± 0.14	0.11 ± 0.14	0.28 ± 0.20

Tableau 5. Valeurs moyennes et écart-types du cintrage pour la maquette en mode par intermittence



Ligne de mesure	Cintrage (mm)				
	17/02/2015	16/03/2015	07/04/2015	06/05/2015	01/06/2015
ligne A	-0.10 ± 0.05	0.14 ± 0.14	-0.10 ± 0.13	-0.04 ± 0.15	0.26 ± 0.16
ligne B	-0.07 ± 0.09	0.12 ± 0.18	-0.08 ± 0.13	-0.02 ± 0.14	0.22 ± 0.21
ligne C	-0.10 ± 0.08	0.21 ± 0.21	-0.07 ± 0.16	0.02 ± 0.15	0.42 ± 0.30
ligne D	-0.11 ± 0.06	0.21 ± 0.16	-0.09 ± 0.10	0.00 ± 0.11	0.46 ± 0.43
ligne E	-0.17 ± 0.09	0.14 ± 0.20	-0.17 ± 0.12	-0.11 ± 0.15	0.40 ± 0.26
ligne F	-0.12 ± 0.05	0.12 ± 0.17	-0.12 ± 0.06	-0.07 ± 0.07	0.30 ± 0.25
ligne G	-0.12 ± 0.04	0.12 ± 0.18	-0.10 ± 0.05	-0.05 ± 0.10	0.29 ± 0.26

Tableau 6. Valeurs moyennes et écart-types du cintrage pour la maquette en mode continu

La figure suivante présente les valeurs de cintrage mesurées, exprimées en mm, pour les maquettes et lors de chaque mesurage.

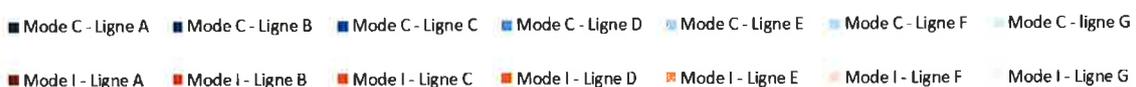
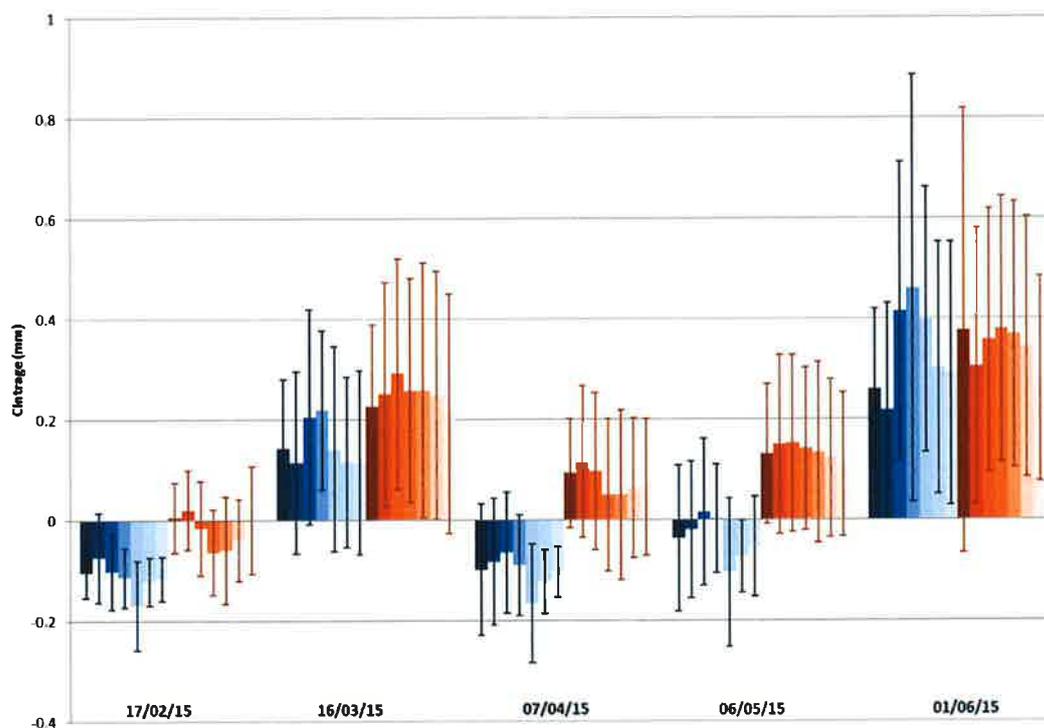
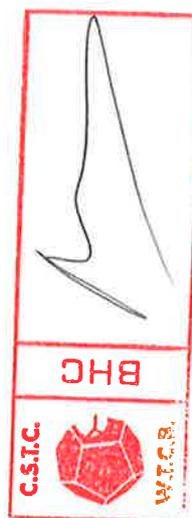


Figure 10 : Valeurs de cintrage en mm



La NIT 218 [« Revêtements de sol en bois : planchers, parquets et revêtements de sol à placage », 2000] mentionne que le cintrage des revêtements de sol ne peut pas dépasser 0,5 % de la largeur de

l'élément lors de sa pose, valeur à laquelle il convient d'ajouter la valeur de la tolérance portant sur le travail du bois depuis sa pose, à savoir 0,5 %. Tenant compte de cela, le cintrage maximal admissible sur une planche de 15 cm est de 1,5 mm.

Il ressort de l'ensemble des résultats, qu'une seule mesure dépasse la tolérance fixée par la NIT 218. Ce point ne constitue pas un refus du système pour ce critère.

En termes de cintrage, la différence entre les 2 modes de chauffage est très variable (cf. Tableau 7). Pour ce paramètre, la différence entre les 2 maquettes peut être considérée comme négligeable.

Cintrage					
Date de mesure →	17/02/2015	16/03/2015	07/04/2015	06/05/2015	01/06/2015
Fonctionnement du chauffage sol →	Chauffage	A l'arrêt	Chauffage	Chauffage	À l'arrêt
Mode par Intermittence	-0.02 ± 0.09	0.25 ± 0.22	0.08 ± 0.14	0.13 ± 0.16	0.34 ± 0.28
Mode continu	-0.12 ± 0.07	0.15 ± 0.18	-0.10 ± 0.11	-0.04 ± 0.13	0.33 ± 0.28
% (en absolu) entre le mode I / mode C	↓ 81 %	↑ 39 %	↓ 27 %	↑ 71 %	↑ 3 %

Tableau 7. Comparatif des valeurs de cintrage entre les 2 modes de fonctionnement du chauffage par le sol

Ouverture des joints

La figure suivante présente les ouvertures de joint, exprimées en mm.

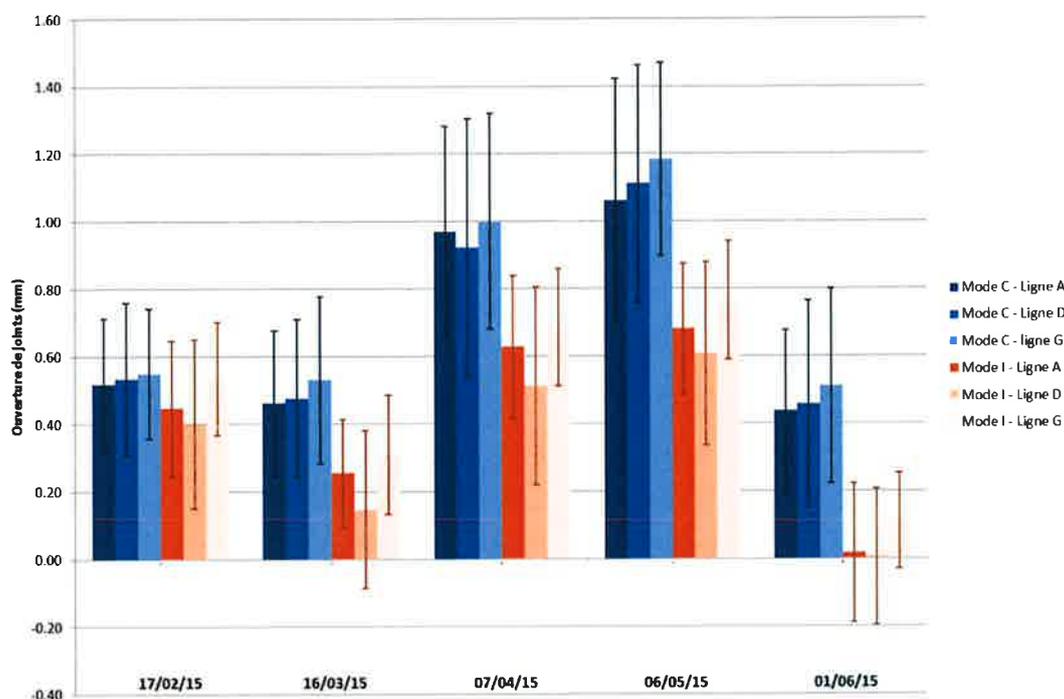
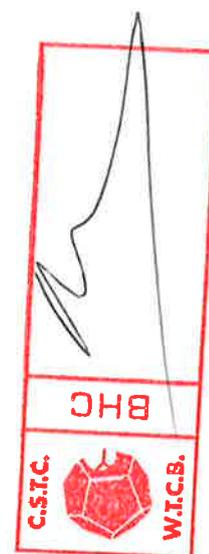


Figure 11 : Ouverture des joints en mm



Du point de vue des ouvertures de joint, la NIT 218 mentionne ceci :

En cas de pose collée, la largeur des joints longitudinaux et des joints de bout correspond à 1 % maximum de la largeur nominale des lames (avec un maximum de 1.5 % par joint) augmentée des

écarts dimensionnelles des éléments mesurés sur place (tolérance de mesure) et liés aux tolérances de production.

Cela se traduit pour des planches massives de 15 cm de large, par une ouverture moyenne maximale, au niveau des joints, de 2 mm en prenant en compte les tolérances de fabrication. En regard de la figure ci-dessus, il apparaît que les ouvertures mesurées sont inférieures à cette exigence.

Le Tableau 9 et le Tableau 8 présentent les valeurs d'ouverture de joint mesurées (valeur moyenne \pm écart-type), exprimées en mm, pour les maquettes et lors de chaque mesurage.

Ligne de mesure	Ouverture des joints (mm)				
	17/02/2015	16/03/2015	07/04/2015	06/05/2015	01/06/2015
ligne A	0.45 ± 0.20	0.25 ± 0.16	0.63 ± 0.21	0.68 ± 0.19	0.02 ± 0.21
ligne D	0.40 ± 0.25	0.15 ± 0.23	0.51 ± 0.29	0.61 ± 0.27	0.00 ± 0.20
ligne G	0.53 ± 0.17	0.31 ± 0.18	0.68 ± 0.17	0.77 ± 0.17	0.11 ± 0.14

Tableau 8. Ouverture moyenne des joints pour la maquette I

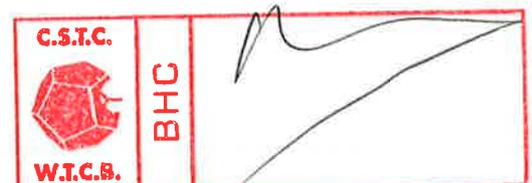
Ligne de mesure	Ouverture des joints (mm)				
	17/02/2015	16/03/2015	07/04/2015	06/05/2015	01/06/2015
ligne A	0.52 ± 0.19	0.46 ± 0.22	0.97 ± 0.31	1.06 ± 0.36	0.44 ± 0.24
ligne D	0.53 ± 0.22	0.48 ± 0.23	0.92 ± 0.38	1.11 ± 0.35	0.46 ± 0.31
ligne G	0.55 ± 0.19	0.53 ± 0.25	1.00 ± 0.32	1.18 ± 0.29	0.51 ± 0.29

Tableau 9. Ouverture moyenne des joints pour la maquette C

La maquette en mode de chauffage par intermittence présente des ouvertures de joint moyennes inférieures de plus de 14%, comparées à celle mesurée sur la maquette en mode continu (cf. Tableau 10).

Date de mesure →	Ouverture des joints				
	17/02/2015	16/03/2015	07/04/2015	06/05/2015	01/06/2015
Fonctionnement du chauffage sol →	Chauffage	A l'arrêt	Chauffage	Chauffage	À l'arrêt
Mode par Intermittence	0.46 ± 0.21	0.24 ± 0.20	0.61 ± 0.24	0.68 ± 0.22	0.04 ± 0.19
Mode continu	0.53 ± 0.20	0.49 ± 0.23	0.96 ± 0.33	1.12 ± 0.33	0.47 ± 0.27
% de diminution entre le mode I / mode C	14 %	52 %	37 %	39 %	91 %

Tableau 10. Comparatif entre les 2 modes de fonctionnement du chauffage par le sol



Décollement

A l'issue du programme de test, aucun décollement n'a été constaté pendant toute la durée de l'essai et ce, pour les 2 maquettes testées.

Planéité générale

La planéité a été mesurée au moyen d'une latte de 2 m avec des calles de 5 mm. Le Tableau 11 et le Tableau 12 présentent les valeurs mesurées lors des différentes étapes de l'essai au milieu de la latte de 2 m. Une valeur positive indique une bosse et une valeur négative, un creux. Lorsque des défauts de planéité ont été constatés aux extrémités de la latte de 2m au lieu du milieu, les valeurs ont été mentionnées comme suit X / Y.

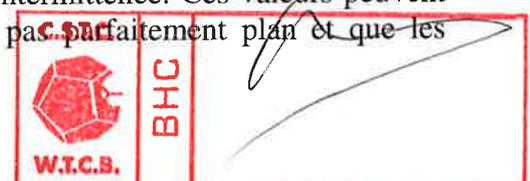
Ligne de mesure	Planéité (mm)					
	02/02/2015	17/02/2015	16/03/2015	07/04/2015	06/05/2015	01/06/2015
A	1	1	0	1	-1	-1
B	1	1	1 / -1	1	1 / -1	-1
C	1 / -1	1 / -1	1 / -1	1 / -1	1	1
D	1	2	-4	1	-5	-4
E	1 / -3	-1 / 3	-4 / 1	1	-4	-3 / 1
F	-5	-4 / 1	-4 / 1	-4	-4	-4
G	-4	1 / -3	-1	0 / -4	-1	-1
H	1 / -5	1 / -5	1 / -1	1 / -4	1 / -1	-1

Tableau 11. Planéité sous une latte de 2 m pour la maquette I

Ligne de mesure	Planéité (mm)					
	02/02/2015	17/02/2015	16/03/2015	07/04/2015	06/05/2015	01/06/2015
A	1	1	1	0	-1	1 / -1
B	-2	-1	-1	-2	-2	-1
C	-2	-2	1 / -2	-1	-2	-2
D	-2	-2 / 1	-2	-2	-2 / 1	-2
E	-2	-1 / 2	1	-1 / 3	-1 / 2	-2 / 2
F	-2	-2	-2 / 1	-1	-2 / 2	-2
G	-2	1 / -2	-1	-1 / 1	-2	-1
H	1 / -2	-2 / 3	1 / -2	1 / -3	1 / -3	-3

Tableau 12. Planéité sous une latte de 2 m pour la maquette C

A plusieurs endroits, la planéité mesurée ne respecte pas les tolérances de la NIT 218 (3 mm sous une latte de 2 m) et notamment pour la maquette en mode par intermittence. Ces valeurs peuvent s'expliquer par le fait que le sol des 2 locaux d'essai n'était pas parfaitement plan et que les



panneaux MDF du concept Opal System® ont été posé en flottant. Dans l'ensemble, la planéité des 2 maquettes est restée pratiquement inchangée pendant la durée de l'essai.

Conclusion

Bien que les essais ont été réalisés dans des conditions de laboratoire, il apparait que le chauffage en mode continu engendre des conditions plus sèches, notamment au niveau du revêtement de sol en bois, ce qui provoque des mouvements et des déformations plus importantes par rapport à un chauffage en mode par intermittence.

