

SaPInt

Salubrité des Planchers Intermédiaires

Mathieu Lambert – Julien Lamoulié

Siège social

10, rue Galilée
77420 Champs-sur-Marne
Tél +33 (0)1 72 84 97 84
www.fcba.fr

Siret 775 680 903 00132
APE 7219Z
Code TVA CEE : FR 14 775 680 903

Institut technologique FCBA :
Forêt, Cellulose, Bois – Construction,
Ameublement

Avec le soutien :



CODIFAB
comité professionnel de développement
des industries françaises de l'ameublement et du bois

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION.....	4
2.	Définitions des parois soumises à la présente étude.....	5
3.	Analyse des Règles de l'Art existantes concernant les prescriptions relatives à la conception des planchers bois	7
3.1	Exigences réglementaires : Sécurité Incendie / Acoustique.....	7
3.1.1	Solutions de plancher bois répondant aux exigences réglementaires de stabilité au feu.....	7
3.1.2	Solutions de plancher bois répondant aux exigences réglementaires d'affaiblissement acoustique	7
3.2	Jurisprudences des cahiers CSTB.....	8
3.2.1	Cahier 3578_V4 – Chapes fluides à base de sulfate de calcium –CPT – mars 2019.....	8
3.2.2	Cahier 3774_V3 – Chapes fluides à base de ciment – CPT – mars 2019.....	8
3.2.3	Cahier 3634_V2 – Exécution des enduits de sols intérieurs pour la pose de revêtements de sol – CPT – novembre 2012.....	9
3.3	Les différents DTU relatifs à la mise en œuvre des revêtements de sol.....	9
3.3.1	NF DTU 51.2 P1-1 (mai 2020) – Parquets collés (CCT)	9
3.3.2	NF DTU 53.1 P1-1 (novembre 2016) – Revêtements de sol textiles (CCT)	9
3.3.3	NF DTU 53.2 P1-1 (avril 2007) – Revêtements de sol PVC collés (CCT)	10
3.4	Le DTU 51.3 (NF P 63-203) de novembre 2004	10
3.4.1	Rappels sur le domaine d'application du DTU 51.3	10
3.4.2	Classification des différents types de revêtements de sols (DTU 51.3 P1-1 §5.5.5.2).....	11
3.4.3	Types de locaux de part et d'autre du plancher (Annexe A.3.1	11
3.4.4	Ventilation en sous-face (Annexe B)	11
3.5	Règles de l'Art ailleurs en Europe et dans le monde.....	13
3.6	Conclusion partielle	14
4.	Cahier des charges des modélisations.....	15
4.1	Objectif.....	15
4.2	Présentation des moyens de calculs	15
4.3	Hypothèses	15
4.4	Présentation des parois et points singuliers à modéliser	15
4.5	Caractéristiques des produits composant les parois	18
4.6	Ambiances extérieures	19
4.7	Ambiances intérieures : Climats de part et d'autre du plancher	20
4.7.1	Généralités	20
4.7.2	Locaux occupés.....	21
4.7.3	Locaux inoccupés	24
4.8	Configurations calculées	25
5.	Résultats des modélisations.....	28
5.1	Nature des résultats	28

5.2	Incidence du climat et de l'ambiance hygrothermique de part et d'autre du plancher (cas 1 à 10).....	29
5.2.1	Rappel des configurations modélisées.....	29
5.2.2	Résultats.....	29
5.3	Incidence de la présence ou pas d'isolant (cas 11).....	30
5.3.1	Rappel des configurations modélisées.....	30
5.3.2	Résultats.....	30
5.4	Incidence de la présence d'un pare-vapeur de part et d'autre de la paroi (cas 12, 12 bis et 12 ter)	30
5.4.1	Rappel des configurations modélisées.....	30
5.4.2	Résultats.....	30
5.5	Cas défavorable dans le cas d'un flux de vapeur orienté du dessus vers le dessous (flux descendant) – (cas 13)	31
5.5.1	Rappel des configurations modélisées.....	31
5.5.2	Résultats.....	31
5.6	Cas défavorable dans le cas d'un flux de vapeur orienté du dessous vers le dessus (flux ascendant) – (cas 14)	31
5.6.1	Rappel des configurations modélisées.....	31
5.6.2	Résultats.....	31
5.7	Influence du complexe chape / revêtement de sol (cas 15 à 18)	32
5.7.1	Rappel des configurations modélisées.....	32
5.7.2	Résultats.....	32
5.8	Comparaison de la salubrité d'un plancher avec solivage et d'un plancher CLT (cas 19)	32
5.8.1	Rappel des configurations modélisées.....	32
5.8.2	Résultats.....	33
5.9	Salubrité d'une liaison plancher bois / mur extérieur en béton isolé par l'intérieur (cas 20 et 20bis).....	33
5.9.1	Rappel des configurations modélisées.....	33
5.9.2	Résultats.....	34
5.10	Salubrité d'une liaison plancher bois / mur extérieur à ossature bois (cas 21)	35
5.10.1	Rappel des configurations modélisées.....	35
5.10.2	Résultats.....	36
6.	Interprétation des résultats	37
6.1	Règles d'interprétation des modélisations	37
6.2	Incidence du climat et de l'ambiance hygrothermique de part et d'autre du plancher	37
6.3	Incidence de la présence ou pas d'isolant	37
6.4	Incidence de la présence d'un pare-vapeur de part et d'autre de la paroi	37
6.5	Cas défavorable dans le cas d'un flux de vapeur orienté du dessus vers le dessous (flux descendant).....	38
6.6	Cas défavorable dans le cas d'un flux de vapeur orienté du dessous vers le dessus (flux ascendant).....	38
6.7	Influence du complexe chape / revêtement de sol	38
6.8	Cas du CLT	38
6.9	Points singuliers	38

7.	Proposition de prescriptions pour une conception salubre des planchers en bois	39
7.1	Généralités.....	39
7.2	Cas des locaux chauffés de part et d'autre du plancher	39
7.3	Cas des locaux pouvant rester vide en période hivernale	41
8.	Conclusion.....	43
 Annexe 1 : Règles d'interprétation des modélisations		44

1. INTRODUCTION

Pour la conception de nombreuses configurations de planchers intermédiaires en bois, il existe une incohérence technique entre les différentes Règles de l'Art.

Il y a d'une part les prescriptions du DTU 51.3 (annexe B du CCT), qui dans les pièces sèches, dès que les sous-faces ne sont pas aérées sur l'intérieur exigent la mise en œuvre exclusive de revêtements de sols respirants (parquets et sols textiles) ce qui exclut donc les PVC, carrelages,... et dans le cas des pièces humides, l'aération de la sous-face est obligatoire dans tous les cas.

D'autre part, les exigences réglementaires relatives à la Sécurité Incendie et à la performance acoustique des parois conduisent à la mise en œuvre de plafonds fermés constituant des écrans empêchant toute ventilation de la sous-face du panneau de plancher sur l'intérieur.

En plus de ce premier niveau d'incohérence, le NF DTU 31.2, dans lequel est abordé la mise en œuvre de barrière à la diffusion de vapeur d'eau en plancher intermédiaire indique que pour un plancher entre deux locaux :

- Une barrière à la diffusion de vapeur d'eau n'est pas nécessaire entre deux pièces chauffées en permanence au sein d'une même unité de vie.
- Elle est indispensable entre un local chauffé en permanence et un local non chauffé. Elle est indispensable dans le cas de séparatif entre deux unités de vie ; il est alors à poser des deux côtés de la paroi.
- Entre un local chauffé en permanence et un local chauffé par intermittence ou entre 2 locaux à destinations différentes, il faut s'adapter au cas par cas.

La présente étude a eu pour but de clarifier les prescriptions sur ce sujet: mise en œuvre ou non d'un pare-vapeur, nécessité ou non de ventiler la sous-face, et cela en fonction du type de local présent de part et d'autre du plancher.

2. Définitions des parois soumises à la présente étude

Les parois horizontales dénommées « plancher(s) » dans le présent document, sont des parois séparatives ou non composées :

- D'éléments structuraux :
 - Panneaux à base de bois conformes au DTU 51.3 constituant le platelage de la paroi, ou NF DTU 31.1 pour les panneaux formant diaphragme et d'un solivage support conforme au NF DTU 31.1
 - Caissons préfabriqués conformes au NF DTU 31.2
 - Panneaux CLT faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un Document Technique d'Application visant favorablement l'utilisation de ces panneaux en paroi horizontale.
- D'éléments de second œuvre :
 - Revêtements de sol posés en direct sur le support bois ou désolidarisés via des chapes ou sous-couches
 - Isolants éventuels
 - Membranes éventuelles (étanchéité, pare-vapeur,...)
 - Revêtements de plafond (éventuels uniquement dans le cas du CLT, obligatoire sinon)

Ces planchers sont destinés à séparer des logements ou des locaux à destination différentes, ou dans un seul et même local à plusieurs niveaux.

Les planchers cités ci-dessus peuvent être des ouvrages neufs ou des ouvrages à rénover dès lors qu'ils respectent les prescriptions des Règles de l'Art citées ci-dessus.

Les planchers sur vide sanitaire ne sont pas abordés ici car ils font l'objet de prescriptions particulières dans le NF DTU 31.2 et dans le DTU 51.3.

Les schémas ci-dessous illustrent les parois couvertes par la présente étude (source : <https://catalogue-bois-construction.fr/>)

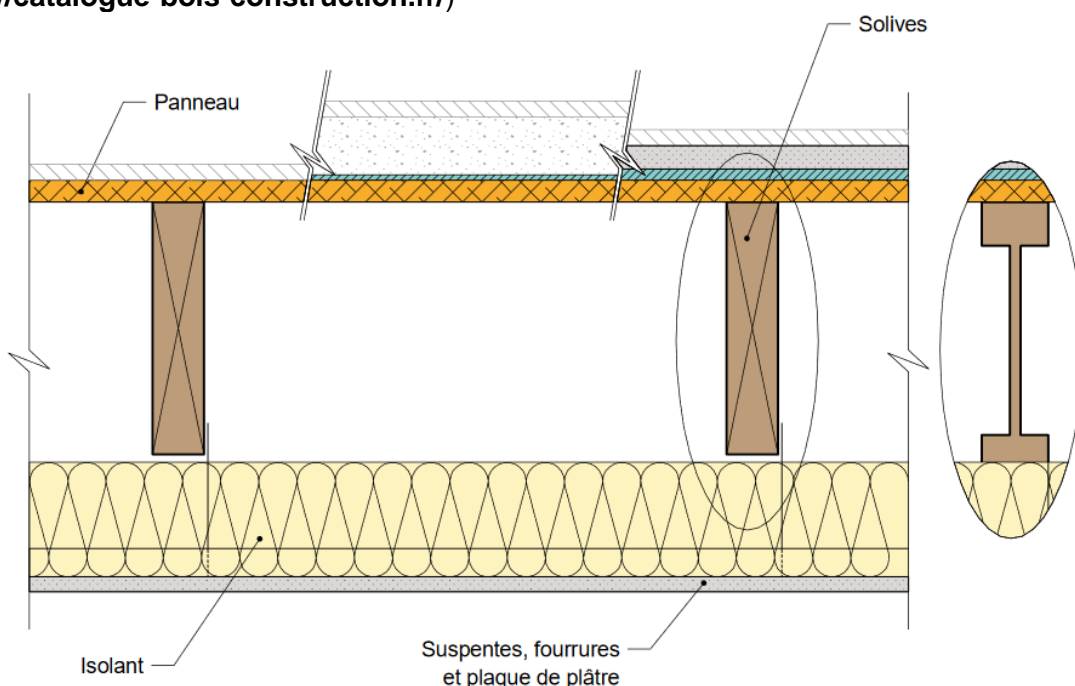


Figure 1 : Exemple de plancher intermédiaire avec solivage dans un même local

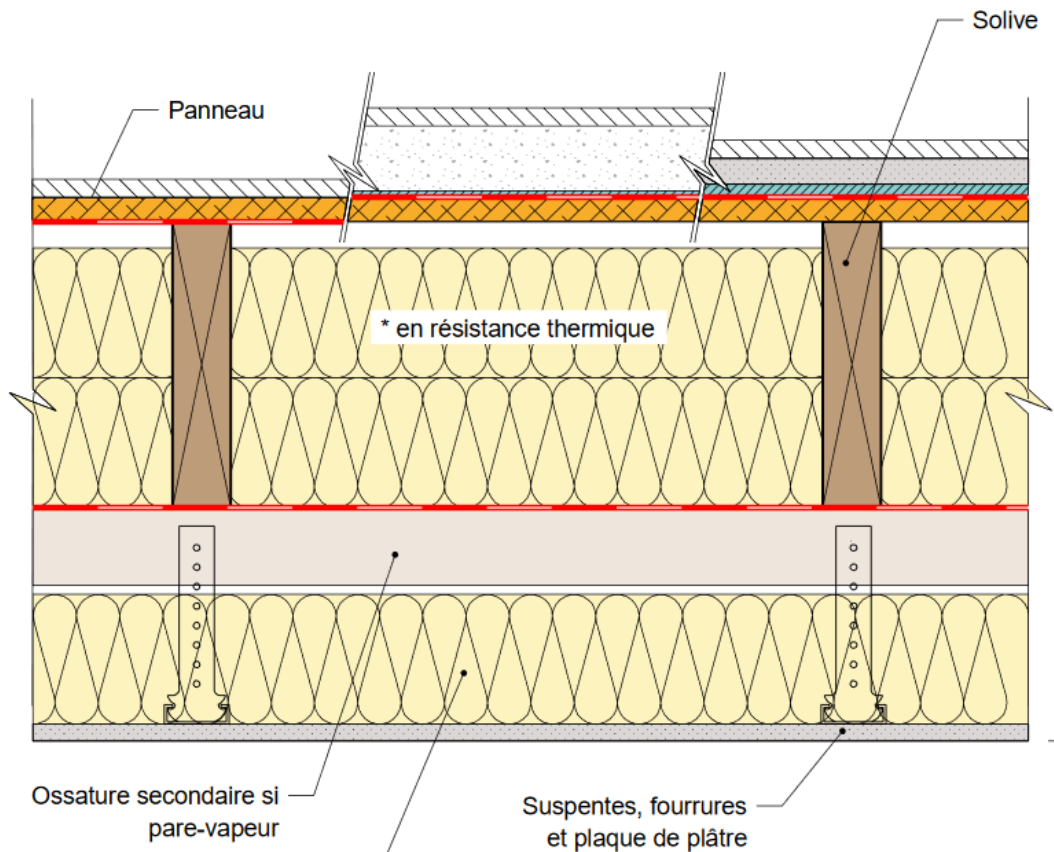


Figure 2 : Exemple de plancher avec solivage séparatif entre logements

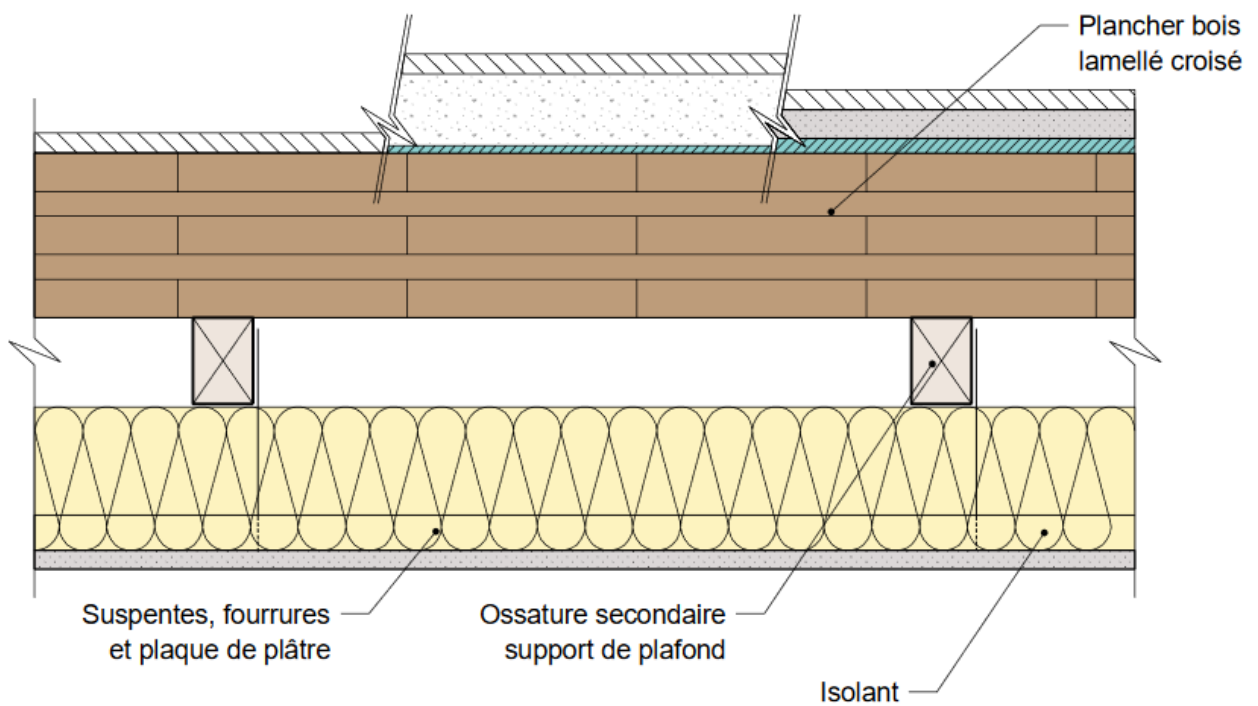


Figure 3 : Exemple de plancher avec panneau CLT

3. Analyse des Règles de l'Art existantes concernant les prescriptions relatives à la conception des planchers bois

3.1 Exigences réglementaires : Sécurité Incendie / Acoustique

3.1.1 Solutions de plancher bois répondant aux exigences réglementaires de stabilité au feu

Pour satisfaire aux exigences des différents textes réglementaires, la norme NF EN 1995-1-2/NA d'avril 2020 (annexe nationale de l'Eurocode 5, partie 1-2), définit dans son annexe A (normative) les dispositions constructives permettant de justifier le degré de résistance au feu des ouvrages et notamment celui des planchers tels que définis au §2 du présent document.

Les dispositions pour ce type de parois consistent à mettre en œuvre des plafonds constituant des écrans destinés à protéger la structure porteuse (solivage et panneau) pendant la durée de résistance au feu requise pour la paroi.

Ces ouvrages « écrans » sont constitués de plaques de parement en plâtre et / ou en panneaux à base de bois.

Il est par ailleurs précisé que ces ouvrages doivent être parfaitement continus ou rendus tels au niveau des traversées de paroi.

Toute ventilation du plénum (volume vide ou rempli tout ou partie d'isolant, entre la sous-face du panneau et le dessus du plafond) sur le niveau inférieur est donc à exclure pour éviter la propagation des flammes dans la paroi.

3.1.2 Solutions de plancher bois répondant aux exigences réglementaires d'affaiblissement acoustique

Les solutions techniques de planchers en bois répondant aux niveaux d'exigences fixés par la réglementation (bruit aériens et bruits de choc) pour les planchers séparatifs entre logements sont notamment définies par le Référentiel QUALITEL Acoustique.

La continuité des éléments de second œuvre permettant d'apporter la masse nécessaire pour respecter les exigences de performance acoustique sur les planchers en bois doit être respectée pour éviter toute transmission latérale ou bruit parasite.

Les systèmes de second œuvre permettant de rapporter de la masse sont :

- au-dessus du plancher : systèmes de chape humide ou de chape sèche
- en dessous du plancher : parement de plafond

Sous peine de ne pas pouvoir respecter la performance acoustique réglementaire requise, les ouvrages ne peuvent pas être ventilés ou aérés, que ce soit par le dessus ou par le dessous.

3.2 Jurisprudences des cahiers CSTB

3.2.1 Cahier 3578_V4 – Chapes fluides à base de sulfate de calcium – CPT – mars 2019

«4.3 Supports en bois ou panneaux à base de bois

Les supports sans pente suivants sont visés :

- les planchers sur solives ou sur lambourdes et planchers de doublage, conformes au DTU 51.3 (P 63-203-1)
- les planchers en bois ou en panneaux à base de bois.

Dans le cas de la pose sur plancher, 3 points doivent être vérifiés :

- capacité portante ;
- flèche active ;
- maintien de l'aération.

4.3.2 Maintien de l'aération

Le complexe film d'interposition + chape constituant un frein aux échanges hygrothermiques entre le plancher bois et l'atmosphère du local, des dispositions doivent être prises pour éviter tout risque de confinement d'humidité.

Ces conditions dépendent de la composition globale du plancher, en particulier des conditions d'aération et d'isolation de la sous-face et des conditions ambiantes de part et d'autre du plancher.

Seuls sont visés les supports bois ou en panneaux à base de bois, aérés en sous-face et séparant au sein du même bâtiment des pièces chauffées aux mêmes périodes. ».

3.2.2 Cahier 3774_V3 – Chapes fluides à base de ciment – CPT – mars 2019

Remarque préalable : Le présent chapitre n'est pas une erreur de copier-coller mais le contenu des deux documents, Cahier 3578_V4 et cahier 3774_V3 est le même.

«4.3 Supports en bois ou panneaux à base de bois

Les supports sans pente suivants sont visés :

- les planchers sur solives ou sur lambourdes et planchers de doublage, conformes au DTU 51.3 (P 63-203-1)
- les planchers en bois ou en panneaux à base de bois.

Dans le cas de la pose sur plancher, 3 points doivent être vérifiés :

- capacité portante ;
- flèche active ;
- maintien de l'aération.

4.3.2 Maintien de l'aération

Le complexe film d'interposition + chape constituant un frein aux échanges hygrothermiques entre le plancher bois et l'atmosphère du local, des dispositions doivent être prises pour éviter tout risque de confinement d'humidité.

Ces conditions dépendent de la composition globale du plancher, en particulier des conditions d'aération et d'isolation de la sous-face et des conditions ambiantes de part et d'autre du plancher.

Seuls sont visés les supports bois ou en panneaux à base de bois, aérés en sous-face et séparant au sein du même bâtiment des pièces chauffées aux mêmes périodes. ».

3.2.3 Cahier 3634_V2 – Exécution des enduits de sols intérieurs pour la pose de revêtements de sol – CPT – novembre 2012

« 5.1.4 Planchers en bois ou en panneaux dérivés du bois

Conformément au NF DTU 51.3, vérifier que l'aération du plancher bois est assurée et que cette aération peut être maintenue après application du revêtement de sol.

Le support doit être soigneusement dépoussiéré avant application du primaire. »

3.3 Les différents DTU relatifs à la mise en œuvre des revêtements de sol

3.3.1 NF DTU 51.2 P1-1 (mai 2020) – Parquets collés (CCT)

Pas d'exigences sur la ventilation ou l'aération spécifique des supports en bois ou à base de bois dans ce DTU, mais un simple renvoi au DTU 51.3 :

« 5.3 Supports en bois ou à base de bois

5.3.1 Planchers en bois ou panneaux à base de bois

Ces ouvrages sont exécutés en lames de bois massif, en panneaux contreplaqués, en panneaux de particules, en panneaux de lamelles minces, longues et orientées (OSB) ou en panneaux de fibres conformément aux paragraphes 2.1 et 2.2 de la norme NF DTU 51.3 (novembre 2004) laquelle spécifie les dispositions en matière de tolérance, planéité (flèche) et désaffleurement. »

3.3.2 NF DTU 53.1 P1-1 (novembre 2016) – Revêtements de sol textiles (CCT)

Pas d'exigences sur la ventilation ou l'aération spécifique des supports en bois ou à base de bois dans ce DTU, mais un simple renvoi au DTU 51.3 :

« 6.2 Supports à base de bois ou panneaux dérivés du bois

Les supports à base de bois visés par le présent document sont ceux exécutés conformément au NF DTU 51.3 lequel spécifie les dispositions en matière de tolérances, de planéité, de désaffleurements et d'humidité. »

3.3.3 NF DTU 53.2 P1-1 (avril 2007) – Revêtements de sol PVC collés (CCT)

Pas d'exigences sur la ventilation ou l'aération spécifique des supports en bois ou à base de bois dans ce DTU, mais un simple renvoi au DTU 51.3 :

« 5.2 Supports à base de bois ou panneaux dérivés

Les supports à base de bois visés par le présent document sont ceux exécutés conformément à la NF P 63-203-1 (Référence DTU 51.3) laquelle spécifie les dispositions en matière de tolérances, de planéité et de dés-affleurements. »

3.4 Le DTU 51.3 (NF P 63-203) de novembre 2004

3.4.1 Rappels sur le domaine d'application du DTU 51.3

Un ouvrage de plancher conforme au DTU 51.3 peut être :

- un plancher porteur sur solivage mis en œuvre à l'abri de l'eau
- un plancher porteur sur solivage mis en œuvre avec risque d'exposition à l'eau
- un plancher sur lambourdes
- un plancher de doublage
- un plancher flottant en panneaux dérivés du bois sur supports continus

On entend par risque d'exposition à l'eau la possibilité pour le plancher de rester exposé aux intempéries le temps nécessaire à la mise hors d'eau de la construction ce délai ne pouvant excéder deux semaines.

Les planchers sur lambourdes, de doublage et flottants sont destinés à être mis en œuvre sur des supports continus tels que dalle de béton, entrevous, etc.

Le domaine d'application du DTU 51.3 est donc bien plus large que les planchers faisant l'objet du présent rapport et définis au §2 du présent rapport.

3.4.2 Classification des différents types de revêtements de sols (DTU 51.3 P1-1 §5.5.5.2)

✓ **Revêtements respirants, donc non " étanches "**

Ces revêtements n'offrent qu'une faible résistance aux échanges hygrothermiques lents (ce qui est normalement le cas) entre le plancher bois et l'atmosphère du local en service.

Ex : parquets, sols textiles sans sous-couche ni enduction épaisse en envers.

✓ **Revêtements non respirants (ou trop peu) mais non étanches**

Ces revêtements freinent les échanges à un point tel que si le plancher bois ne peut se mettre en équilibre saisonnier d'humidité par sa face inférieure, des désordres plus ou moins graves sont à prévoir. Cependant, ils ne protègent pas le plancher bois contre une humidification importante liée à l'utilisation du local (voir clauses B.1.2 et B.1.3).

Ex : revêtements de sol stratifié, sols textiles avec sous-couche (sous-couche latex incorporée, en général), sols plastiques linoléum et caoutchouc en lés ou en dalles, classés E1 ou E2, sols céramiques collés, en général, peinture et vernis non microporeux.

✓ **Revêtements " étanches ", donc non respirants**

Ces revêtements s'opposent complètement ou presque complètement aux échanges hygrothermiques entre le plancher bois et le local et, de plus, ils empêchent l'humidité du local de pénétrer dans le nouveau plancher. La pose doit être réalisée conformément au DTU 52.1.

Ex : sols plastiques à joints soudés à chaud, en lés ou en dalles, classés E3, s'ils comportent une étanchéité effective en rives et d'une robustesse adaptée aux exigences du local (classement P).

3.4.3 Types de locaux de part et d'autre du plancher (Annexe A.3.1)

Deux types de locaux sont distingués par le DTU :

- Les locaux chauffés ou chauffés par intermittence dans lesquels les variations d'humidité sont moyennes ou assez fortes
- Les locaux habités et chauffés en permanence dans lesquels les variations d'humidité sont faibles, le climat intérieur dit de "confort" étant compris, été comme hiver, entre 45 et 65% HR et 19 et 27°C, dans lesquels les variations d'humidité sont faibles ou moyennes. »

3.4.4 Ventilation en sous-face (Annexe B)

L'annexe B du CCT du DTU 51.3 exige dans les pièces sèches la pose uniquement de revêtements de sols respirants lorsque la sous-face du panneau de plancher n'est pas aérée. On ne peut donc pas poser de revêtements céramiques, PVC, coulés... De plus, quel que soit le revêtement de sol, dans le cas d'une pièce humide, l'aération de la sous-face est obligatoire.

1. Pièces sèches (locaux classés E ₀ ou E ₁)	Catégories de revêtements (Cf. Annexe B.1.1.2)		
	Respirants	Non respirants Non étanches	Étanches
Caractéristiques de la paroi			
1. Sous-face aérée sur l'intérieur non isolée thermiquement en étage au-dessus d'un local sec	Plancher type S C	Plancher type S C (Cf. notes 3 et 7 du Tableau B.1)	Plancher type S C
2. Sous-face aérée sur l'intérieur non isolée thermiquement en étage au-dessus d'un local humide (cuisine, salle d'eau, etc.)	Plancher type H C	Plancher type H C	Plancher type H C
3. Sous-face des panneaux non aérée mais isolée thermiquement	Plancher type H C (pare-vapeur sous le panneau)	Plancher type H N ^a)	Plancher type H N ^a)
4. Sous-face aérée sur l'extérieur (garage, vide sanitaire...) isolée thermiquement	Plancher type H C (avec pare-vapeur continu entre le plancher et l'isolant)		Plancher type H C
S = «sec» : tous les planchers en bois massif ou en panneaux dérivés du bois sont admis.			
H = «humide» : seuls conviennent les panneaux utilisables en milieu humide.			
C = convient.			
N = ne convient pas.			
a) Sauf si aucune humidification n'est à craindre par la sous-face de la paroi, si le revêtement est mis en œuvre sur une paroi sèche et si l'entretien est effectué dans les conditions prévues au § 3.			

Figure 4 – Tableau B-2 de l'annexe B du DTU 51.3

II. Pièces humides (ou de service) classées E ₂ et nécessitant un revêtement classé E ₃		
Caractéristiques de la paroi		
1. Sous-face aérée sur l'intérieur non isolée thermiquement en étage au-dessus d'un local sec	Sans objet	Plancher type H C
2. Sous-face aérée sur l'intérieur non isolée thermiquement en étage au-dessus d'un local humide (cuisine, salle d'eau, etc.)		Plancher type H C
3. Sous-face des panneaux non aérée mais isolée thermiquement		Plancher type H N ^a)
4. Sous-face aérée sur l'extérieur (garage, vide sanitaire...) isolée thermiquement		Plancher type H C (le revêtement forme pare-vapeur)
S = «sec» : tous les planchers en bois massif ou en panneaux dérivés du bois sont admis.		
H = «humide» : seuls conviennent les panneaux utilisables en milieu humide.		
C = convient.		
N = ne convient pas.		
a) Sauf si aucune humidification n'est à craindre par la sous-face de la paroi, si le revêtement est mis en œuvre sur une paroi sèche et si l'entretien est effectué dans les conditions prévues au § 3.		

Figure 5 – Tableau B-3 de l'annexe B du DTU 51.3

Les solutions qualifiées N « ne convient pas » sont celles dont la sous-face n'est pas aérée et dont les revêtements de sol sont de type « non respirants » ou « étanches »

Le renvoi a), présent dans les deux tableaux ci-dessus lorsque la solution technique « ne convient pas » revêt une importance capitale : la solution pourrait tout de même être envisageable si « aucune humidification n'est à craindre par la sous-face de la paroi, si le revêtement est mis en œuvre sur une paroi sèche et si l'entretien est effectuée dans les conditions prévues au §3 (de cette même annexe B).

3.5 Règles de l'Art ailleurs en Europe et dans le monde

Des experts internationaux ont été interrogés sur la présence d'exigence de ventilation dans leurs Règles de l'Art nationales en sous-face des planchers tels que définis au §2 du présent document.

Personnes interrogées :

- Stephan OTT (Chair of timber structures and building construction – TUM – Allemagne)
- Nathalie Labonnote (Professeur associé – NTNU – Norvège)
- Karin Sandberg (Chef de section Construction Bois – RISE – Suède)
- Sylvain Gagnon (Ingénieur – FPInnovations – Canada)

Toutes les personnes interrogées ont souligné l'absence d'exigence de ventilation de la sous-face des planchers dont la structure porteuse est exclusivement réalisée bois (panneaux/solivage et CLT) dès lors qu'ils sont mis en œuvre en locaux chauffés : la différence de température et d'humidité relative de part d'autre de la paroi étant trop faible pour générer des flux de vapeur.

En synthèse, pour les planchers bois tels que définis au §2, ces experts indiquent que la condensation ou une humidification anormale ne peut se produire que s'il y a une baisse notable de température dans la paroi (exemple : 11-12 ° C avec une humidité relative de 80%). Ces conditions ne peuvent se rencontrer que dans le cas d'une isolation insuffisante ou manquante sur le côté extérieur des parois (pont thermique en tête de plancher).

3.6 Conclusion partielle

Comme cela a été exposé ci-dessus, la prescription de ventilation trouve son origine dans les exigences de l'annexe B du DTU 51.3, prescription ayant fait jurisprudence et ayant été reprise dans différents cahiers CSTB.

Or, le domaine d'application du DTU 51.3 est très vaste, les ouvrages relevant de ce DTU pouvant être mis en œuvre sur des supports maçonnés continus, neufs ou existants, potentiellement humides ou sujets à remontées capillaires dans le cas de planchers bas ou de bâtiments béton mal isolés.

La proximité d'éléments sensibles à l'humidité sur de tels supports nécessite bien évidemment des aménagements particuliers pour limiter de risque de développement fongique dans le bois et les matériaux à base de bois. L'aération ou la ventilation en sous-face est une de ces solutions.

Or (voir 3.4.4. ci-dessus) cette aération de la sous-face peut être évitée si « aucune humidification n'est à craindre par la sous-face de la paroi ».

Il faut donc écarter les solutions mises en œuvre sur un support continu en béton pour pouvoir envisager de se passer de l'aération de la sous-face.

Cette absence de ventilation ne pourra donc s'envisager que pour les solutions de planchers décrites au chapitre 2 du présent document, si la structure porteuse du panneau à base de bois est elle-même en bois, que si la périphérie du plancher est suffisamment isolée (pas de pont thermique périphérique) et si les ambiances hygrothermiques de part d'autre du plancher ne sont pas trop défavorables pour générer des flux de vapeur au travers de la paroi.

Ce sont les conséquences des variations de climat intérieur dans les locaux situés de part et d'autre du plancher sur l'humidification de ses composants que nous avons étudiées et qui sont présentées dans la suite du document.

4. Cahier des charges des modélisations

4.1 Objectif

Comme indiqué au chapitre 3.6 ci-dessus, les modélisations suivantes ont pour but de clarifier les prescriptions sur le sujet de la conception des planchers intermédiaires : mise en œuvre ou non d'un pare-vapeur, nécessité ou non de ventiler la sous-face, et cela en fonction du type de local présent de part et d'autre du plancher.

4.2 Présentation des moyens de calculs

Le logiciel utilisé « WUFI 2D » est un logiciel du commerce qui permet de simuler les transferts thermiques, de vapeur d'eau et d'eau liquide.

Ce logiciel permet, à partir des paramètres d'entrée, de déterminer la température et l'humidité en tous points des produits constituant la paroi.

Les calculs sont réalisés pour simuler les transferts sur une période de trois ans et pour des locaux situés à Nancy et Brest climats qui génèrent les taux d'humidité intérieure les plus élevés en France métropolitaine.

4.3 Hypothèses

Quand une lame d'air est supposée ventilée, celle-ci est très fortement ventilée et la température ainsi que l'humidité sont considérées comme identiques à celles de l'ambiance d'où provient la ventilation.

Les transferts d'air ne sont pas pris en compte.

Les membranes utilisées dans une paroi sont considérées comme continues, sans discontinuité ponctuelle, et correctement mises en œuvre.

4.4 Présentation des parois et points singuliers à modéliser

Les variables à prendre en compte pour la constitution des planchers sont :

- Le type de plancher
- La nature du complexe situé au-dessus de l'élément de plancher
- La sous-face du plancher
- La destination du plancher intermédiaire : séparatif entre logements ou pas

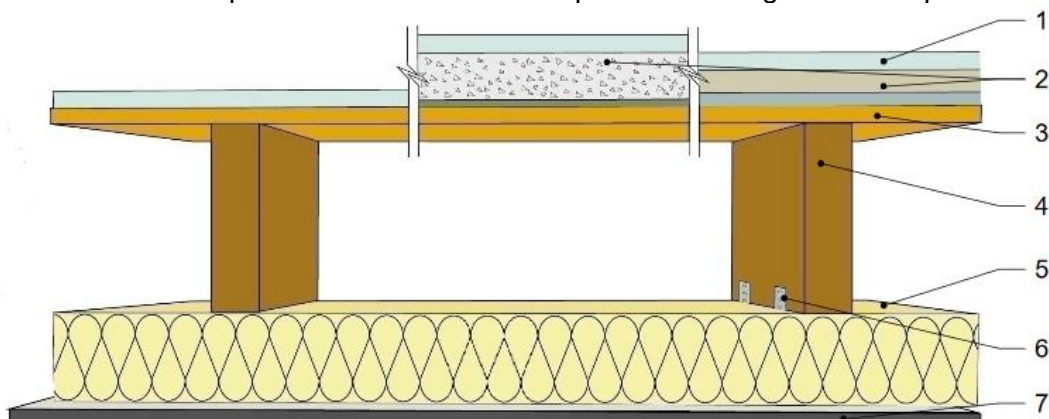


Figure 6 : Plancher avec solivage

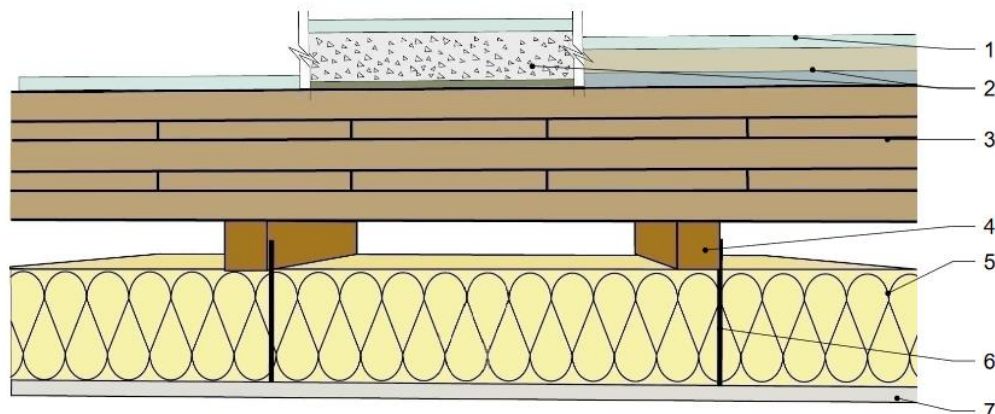


Figure 7 : Plancher CLT

Le type de plancher peut être :

- Plancher traditionnel : solivage + panneau (légende 3 et 4 sur la figure 6)

Les planchers intégrés à cette étude sont des planchers sur solivage comprenant un solivage bois et un panneau à base de bois non destiné à rester apparent, ni au-dessus, ni en sous-face.

Les solivages modélisés sont de section 45 x 220 et le panneau de type OSB3 d'épaisseur 18mm.

- Plancher CLT (légende 3 sur la figure 7)

Le CLT modélisé est un CLT 5 plis d'épaisseur de 150 mm.

Au-dessus du plancher, les variantes peuvent être :

- Présence ou absence d'une membrane pare-vapeur de $S_d = 18 \text{ m}$
- Présence ou absence de chape humide (avec membrane polyane sous la chape)
- Présence ou absence d'une sous-couche acoustique sous le revêtement de sol
- Niveau d'étanchéité du revêtement de sol, définit selon l'annexe B du DTU 51.3 :
 - Non étanche (exemple : parquet en Chêne d'épaisseur 22mm)
 - Non respirant (exemple : sol stratifié, sol caoutchouc, textile avec sous-couche)
 - Etanche (exemple : sol souple PVC)

Au-dessous du plancher, les variantes peuvent être :

- Présence ou absence d'une membrane pare-vapeur de $S_d = 18 \text{ m}$
- Présence ou absence d'isolant dans le plancher

Concernant les points singuliers, deux cas défavorables seront étudiés :

- plancher sur muraille sur mur béton isolé par l'intérieur
- plancher sur lisse haute d'un mur ossature bois avec complément d'isolation par l'intérieur

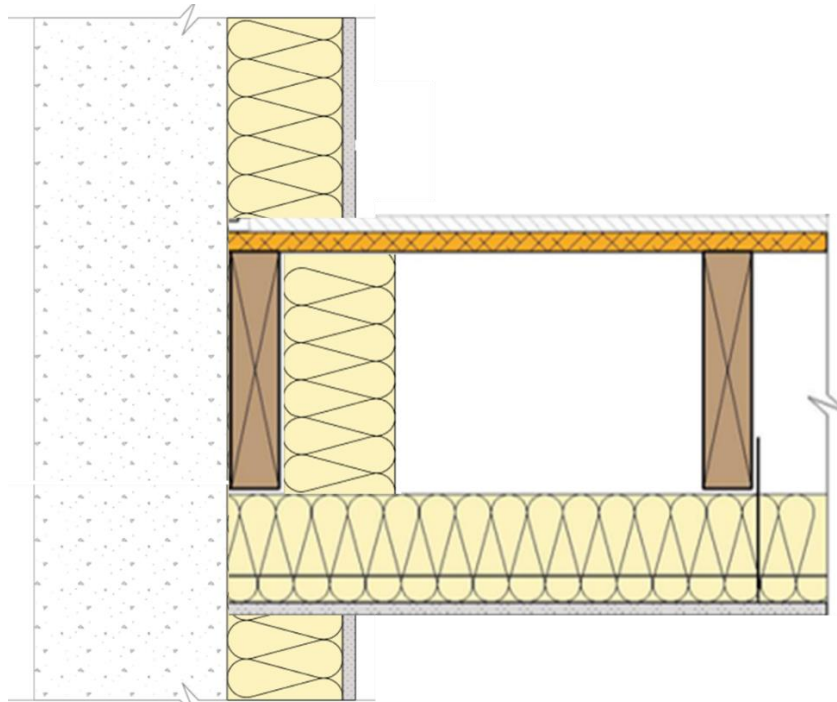


Figure 8 : Liaison sur muraille sur mur béton isolé par l'intérieur

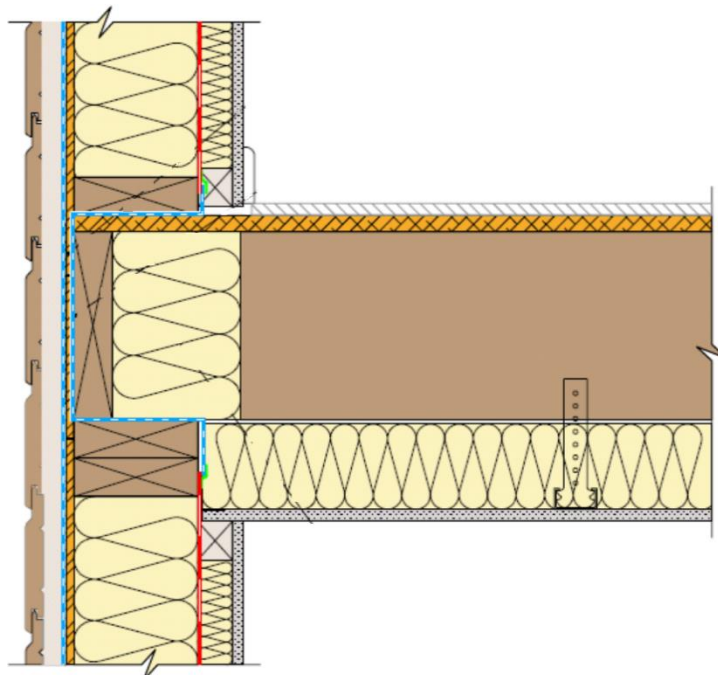


Figure 9 : Liaison sur lisse haute d'un mur ossature bois avec complément d'isolation par l'intérieur

4.5 Caractéristiques des produits composant les parois

Les caractéristiques générales des constituants utilisés dans les modélisations sont données ci-dessous :

Tableau 1 : Caractéristiques des constituants des parois modélisées

Matériau	Densité (kg/m ³)	Porosité (m ³ /m ²)	Capacité thermique (J/kgK)	Conductivité thermique (W/mK)	Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau μ
Isolant minéral	30	0,99	1030	0,038	1,1
Membrane pare-pluie (murs)	130	0,001	2300	2,3	180
Enduit extérieur	1650	0,5	850	0,87	Sd = 2 m
Pare-vapeur Sd 18m	130	0,001	2300	2,3	18000
Sous-couche acoustique / polyane Sd 75 m	130	0,001	2300	2,3	75000
Parquet Chêne	685	0,72	1500	0,13	140
Parquet stratifié	800	0,42	1600	0,15	2500
Sol PVC Sd 150 m	130	0,001	2300	2,3	150000
Bois de structure (résineux)	600	0,72	1600	0,13	140
Panneau à base de bois (type OSB)	600	0,61	1700	0,13	227
Béton	2300	0,18	850	1,6	180

4.6 Ambiances extérieures

Les climats les plus défavorables sont ceux de Nancy et Brest. Les données météo sont issues du logiciel MétéoNorm.

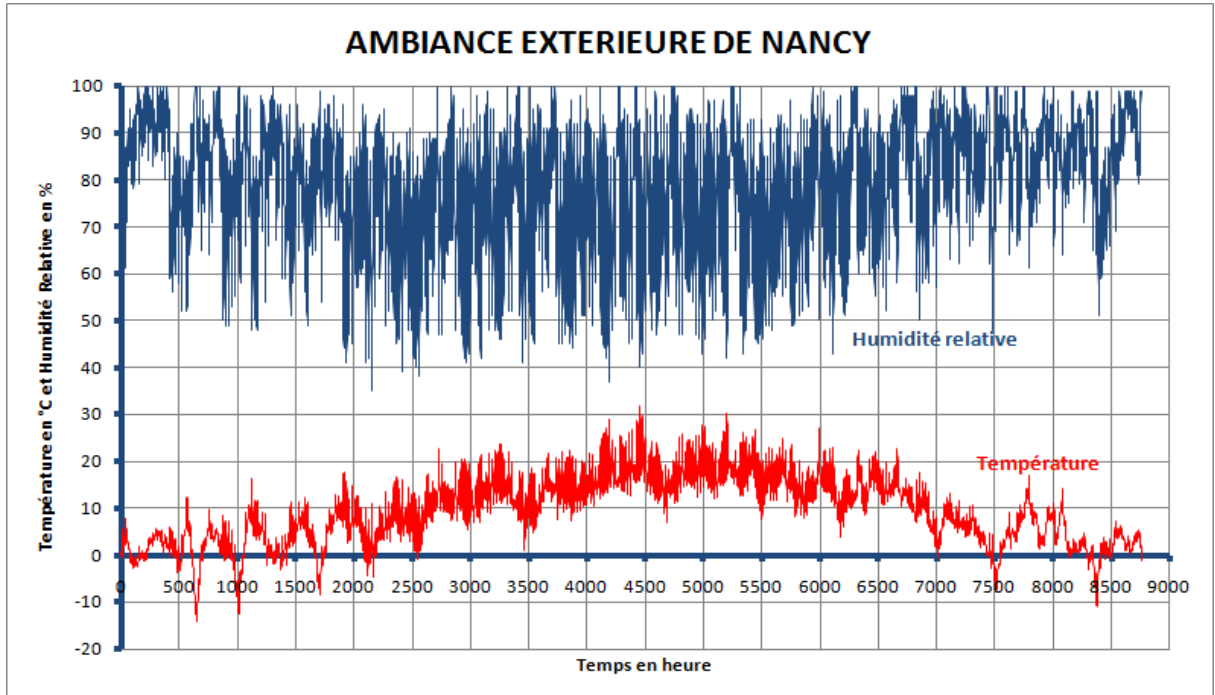


Figure 10 : Variation de la température et du taux d'humidité extérieurs au cours d'une année à Nancy

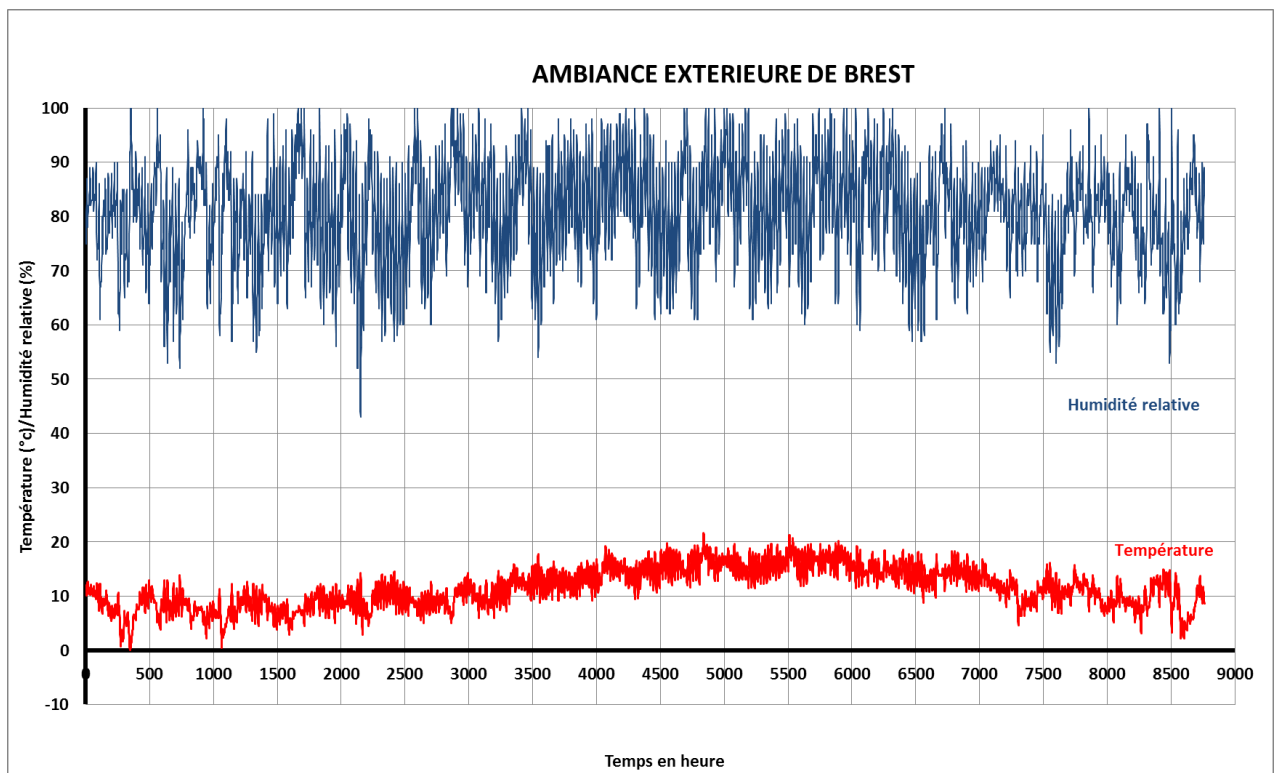


Figure 11 : Variation de la température et du taux d'humidité extérieurs au cours d'une année à Brest

4.7 Ambiances intérieures : Climats de part et d'autre du plancher

4.7.1 Généralités

Dans les conditions couvertes par les différents DTU, les locaux de part et d'autre des planchers intermédiaires peuvent être à faible ou moyenne hygrométrie, occupés et chauffés.

Cependant, il doit également être envisagé le cas d'un local vide (logement vacant) au-dessus ou sous le plancher, pendant la période hivernale.

Il est par ailleurs à noter que lorsque de part et d'autre d'un plancher l'ambiance hygrothermique (même température, même humidité relative) est la même il n'y a pas de flux ni de chaleur, ni de vapeur et qu'il n'y a donc pas de risque de condensation dans le plancher et l'humidité massique dans les éléments en bois et à base de bois atteint l'équilibre hygroscopique, fonction de la température et de l'humidité relative des locaux, comme rappelé sur le diagramme ci-dessous :

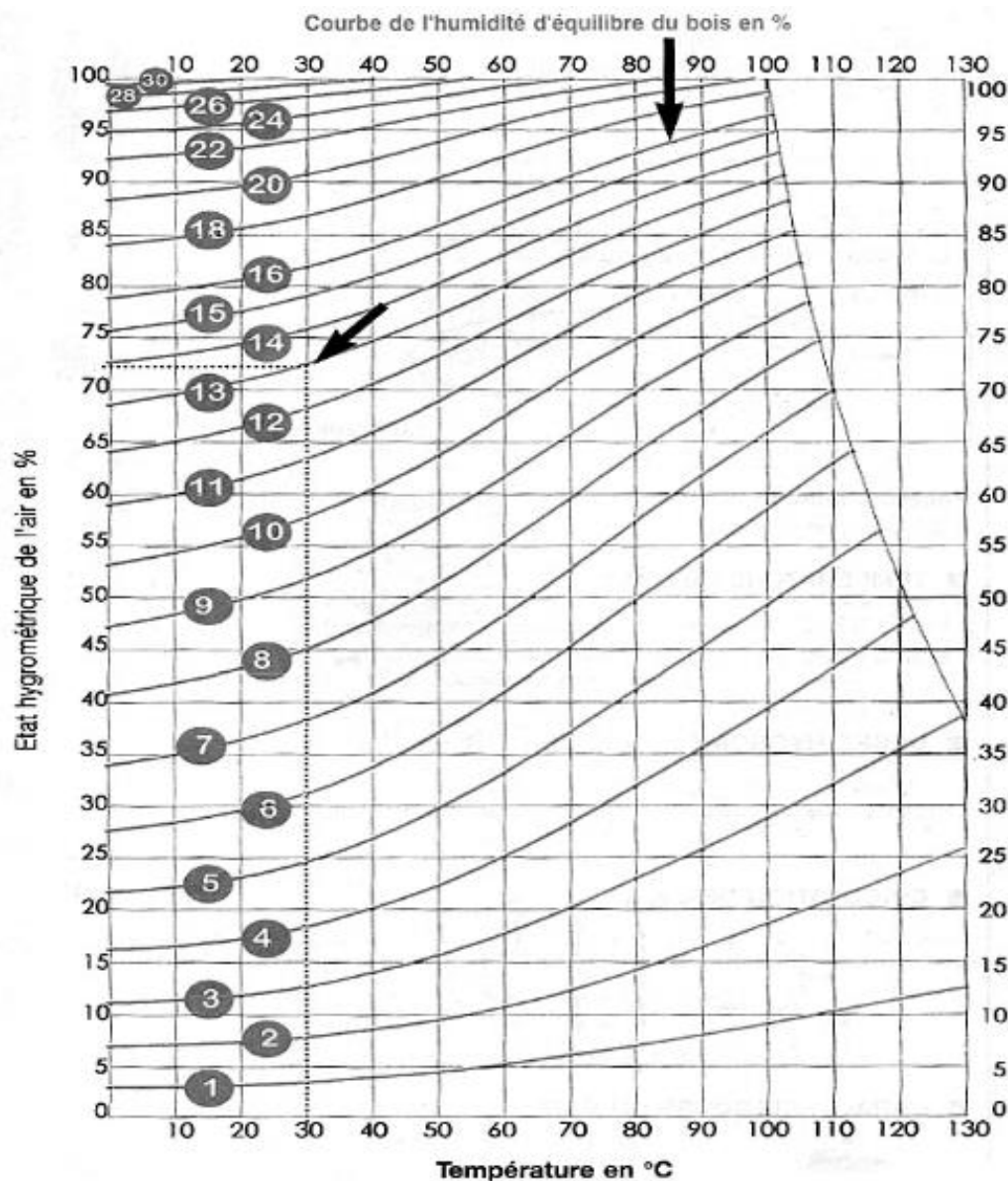


Figure 12 : Courbes d'équilibre hygroscopique du bois

Les climats intérieurs sont fonction du climat extérieur.

De manière sécuritaire, pour prendre en compte d'éventuels pics d'humidité à l'intersaison, en raison de « décalages » éventuels par rapport à la gestion normale du chauffage des locaux, la teneur en vapeur d'eau de l'air intérieur correspond à la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air venant de l'extérieur, à laquelle il faut rajouter la quantité de vapeur d'eau produite par cuisson et autres soient :

- 5 g (W/n) de vapeur d'eau par m³ d'air pour les locaux à moyenne hygrométrie
- et 2,5 g (W/n) de vapeur d'eau par m³ d'air pour les locaux à faible hygrométrie

Le détail des ambiances modélisées est défini ci-dessous

4.7.2 Locaux occupés

✓ **En hiver (1^{er} octobre – 30 avril)**

$$T_{int} = 20^{\circ}C$$

Le taux d'humidité de l'air intérieur est déterminé par le calcul suivant :

$$\rho_{v_{int}} = \rho_{v_{ext}} + 5.10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$\text{d'où } HR_{int} = \frac{(HR_{ext} \times P_{sat}(T_{ext}) \times \frac{M}{RT_{ext}} + 5.10^{-3}) \times \frac{RT_{int}}{M}}{P_{sat}(T_{int})} \text{ pour les locaux à moyenne hygrométrie}$$

et

$$\rho_{v_{int}} = \rho_{v_{ext}} + 2,5.10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$\text{d'où } HR_{int} = \frac{(HR_{ext} \times P_{sat}(T_{ext}) \times \frac{M}{RT_{ext}} + 2,5.10^{-3}) \times \frac{RT_{int}}{M}}{P_{sat}(T_{int})} \text{ pour les locaux à faible hygrométrie}$$

✓ **En été (1^{er} mai – 30 septembre)**

A partir du 1^{er} mai, la température augmente progressivement jusqu'à 25°C.

Cette température est atteinte le 1^{er} juillet. Elle est ensuite constante jusqu'au 31 août.

Du 1^{er} au 30 septembre, la température passe progressivement de 25°C à 20°C.

$$HR_{int} = \frac{(HR_{ext} \times P_{sat}(T_{ext}) \times \frac{M}{RT_{ext}} \times \frac{RT_{int}}{M}}{P_{sat}(T_{int})}$$

(Pas de production de vapeur en été ; l'air intérieur est suffisamment en équilibre avec l'extérieur – ouvertures des fenêtres et des portes – pour que la production de vapeur d'eau soit évacuée)

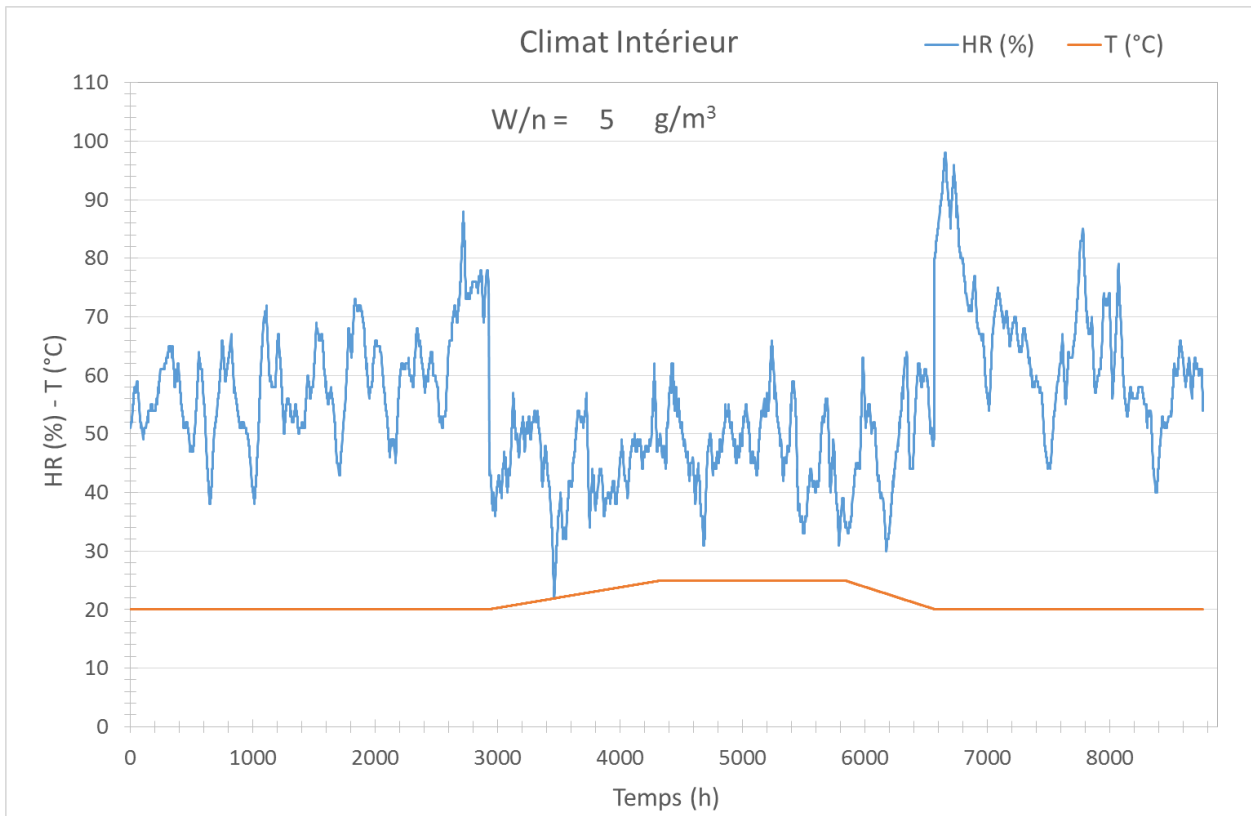


Figure 13 : Variation de la température et du taux d'humidité intérieurs au cours d'une année à Nancy – exemple d'un local à moyenne hygrométrie, sauf en été

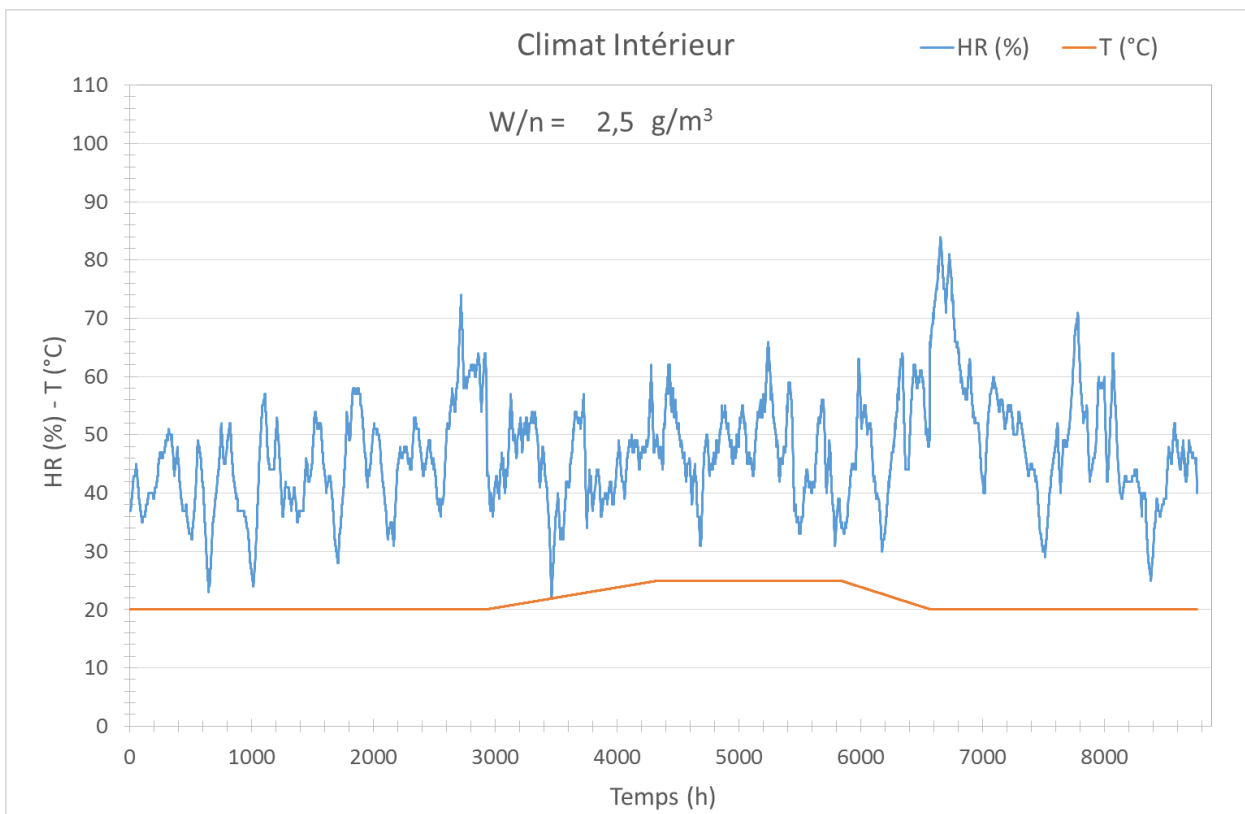


Figure 14 : Variation de la température et du taux d'humidité intérieurs au cours d'une année à Nancy – exemple d'un local à faible hygrométrie, sauf en été

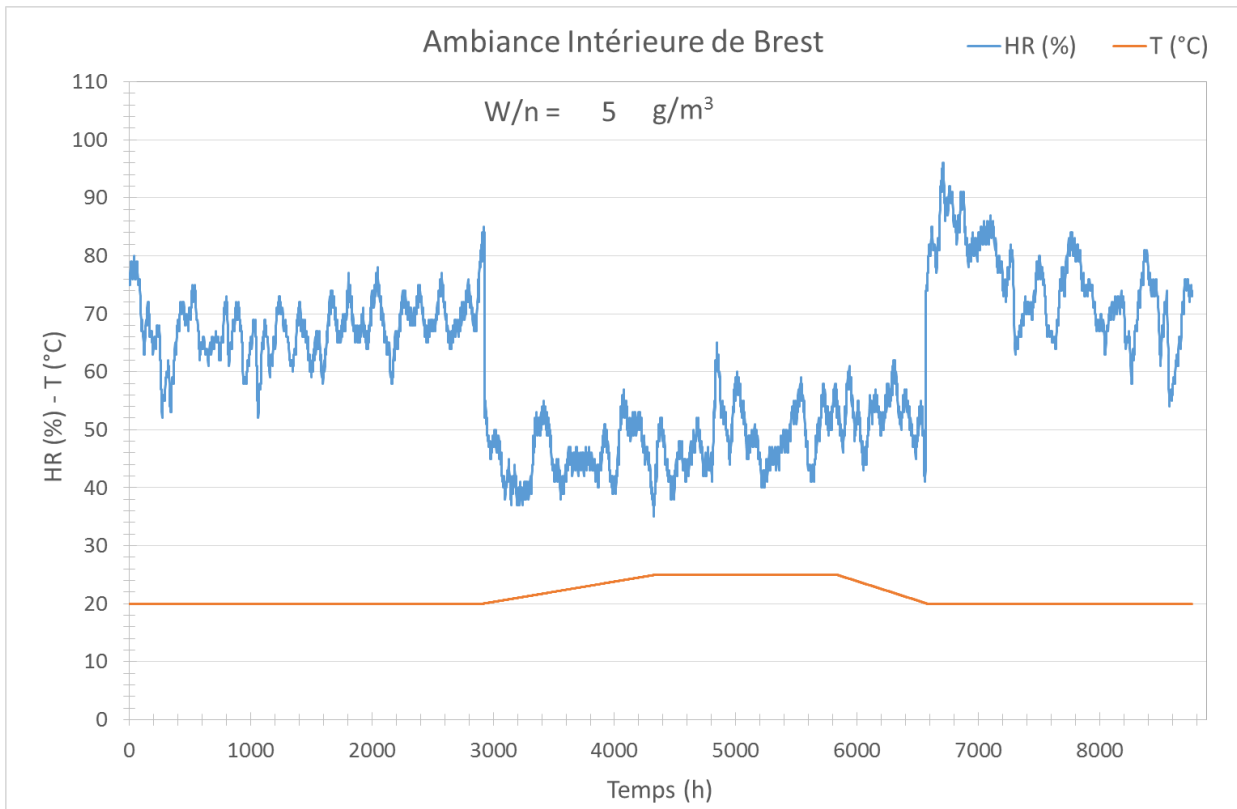


Figure 15 : Variation de la température et du taux d'humidité intérieurs au cours d'une année à Brest – exemple d'un local à moyenne hygrométrie, sauf en été

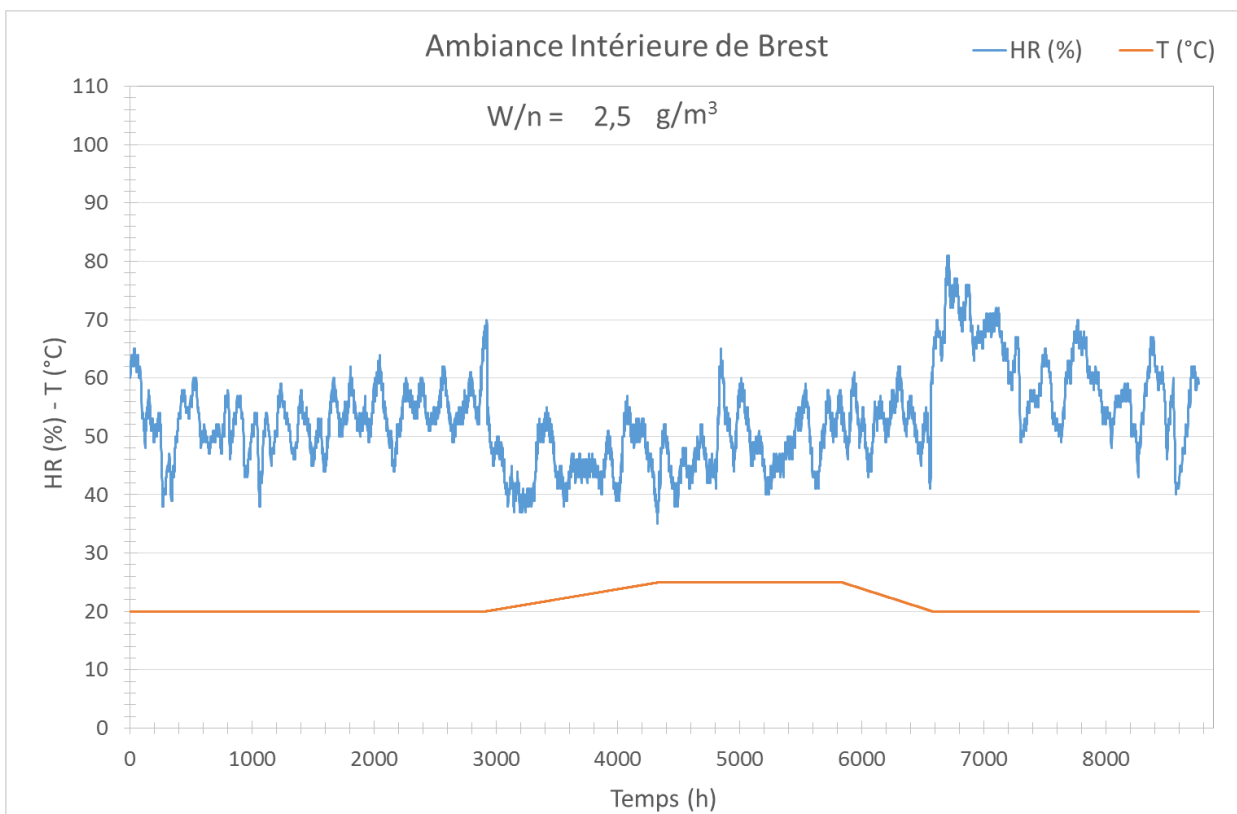


Figure 16 : Variation de la température et du taux d'humidité intérieurs au cours d'une année à Brest – exemple d'un local à faible hygrométrie, sauf en été

4.7.3 Locaux inoccupés

Le local étant inoccupé, on considère qu'il n'y a pas de production de vapeur d'eau.

On aura donc :
$$HR_{int} = \frac{(HR_{ext} \times P_{sat}(T_{ext}) \times \frac{M}{RT_{ext}} \times \frac{RT_{int}}{M})}{P_{sat}(T_{int})}$$

On considère par ailleurs que la température hivernale dans les logements vides ne descend jamais en dessous de 8°C, en raison du mode hors gel et des déperditions des logements contigus.

A partir du 15 mars, la température augmente progressivement jusqu'à 25°C.

Cette température est atteinte le 1er juillet. Elle est ensuite constante jusqu'au 31 août.

Du 1^{er} septembre au 15 novembre, la température passe progressivement de 25 °C à 8 °C.

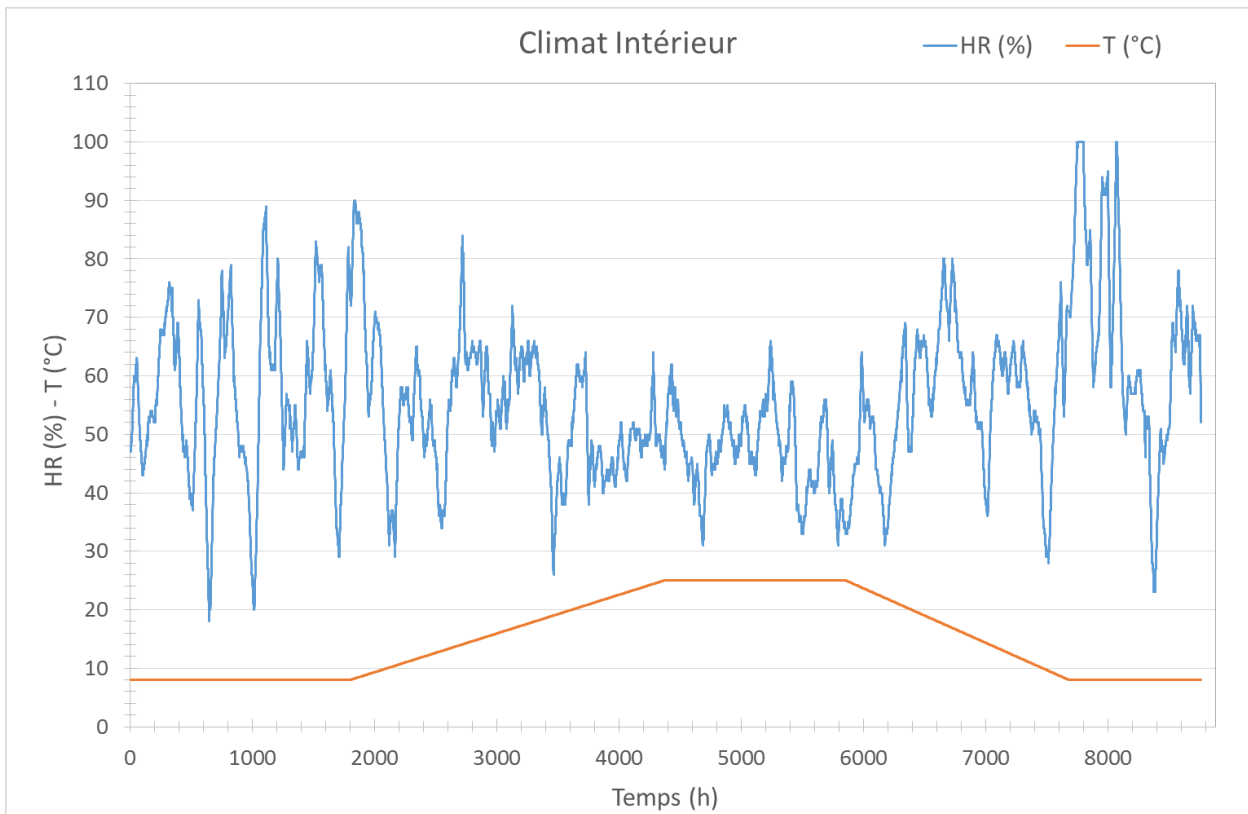


Figure 17 : Variation de la température et du taux d'humidité intérieurs au cours d'une année à Nancy – exemple d'un local inoccupé

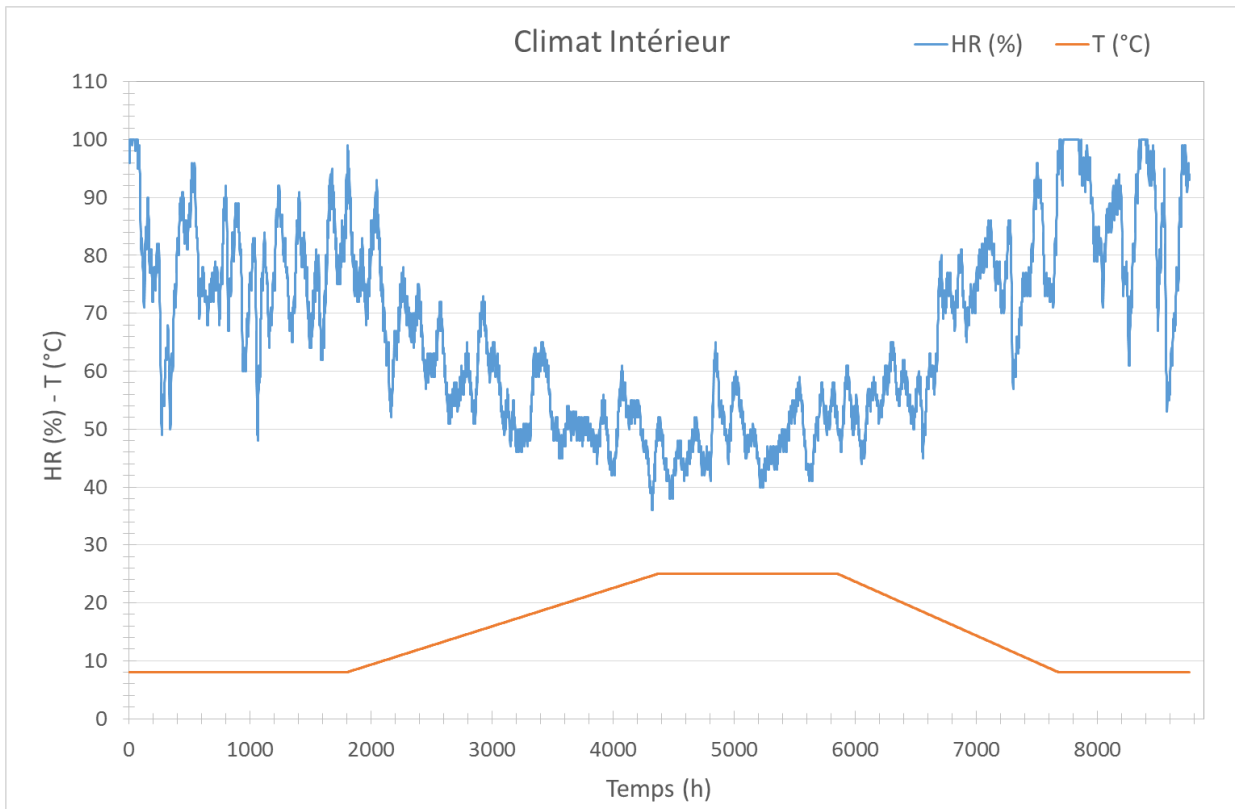


Figure 18 : Variation de la température et du taux d'humidité intérieurs au cours d'une année à Brest – exemple d'un local inoccupé

4.8 Configurations calculées

La 1^{ère} variable à étudier avant de pouvoir agir sur la composition de la paroi elle-même est celle du rôle du climat de part et d'autre du plancher.

Le tableau ci-dessous récapitule les combinaisons possibles pour les ambiances de part et d'autre du plancher.

Tableau 2 : Combinaisons d'ambiances de part et d'autre du plancher pour les climats de Nancy et Brest

		Climat au-dessus du plancher					
		Nancy faible hygrométrie	Nancy moyenne hygrométrie	Nancy logement vide	Brest faible hygrométrie	Brest moyenne hygrométrie	Brest logement vide
Climat sous le plancher	Nancy faible hygrométrie	(1)	cas 3 N	cas 5 N			
	Nancy moyenne hygrométrie	cas 1 N	(1)	cas 6 N			
	Nancy logement vide	cas 2 N	cas 4 N	(1)			
	Brest faible hygrométrie				(1)	cas 3 B	cas 5 B
	Brest moyenne hygrométrie				cas 1 B	(1)	cas 6 B
	Brest logement vide				cas 2 B	cas 4 B	(1)

(1) on considère qu'il n'y a pas de flux de vapeur entre des locaux dont l'ambiance est la même. Ces configurations-là ne seront pas modélisées.

Le tableau 3 ci-dessous récapitule donc les cas de calcul prenant en compte les différentes ambiances comme évoqué dans le tableau 2 et les autres variables relatives à la composition de la paroi comme indiqué au § 4.4 ci-dessus.

Les cas 1 à 10 permettent de vérifier l'incidence du climat et de l'ambiance hygrothermique de part et d'autre du plancher sur la salubrité de cette paroi.

Le cas 11 permet de vérifier l'incidence de la présence ou pas d'isolant.

Les cas 12, 12 bis et 12 ter permettent de vérifier l'incidence de la présence d'un pare-vapeur de part et d'autre de la paroi. Le cas 12 comporte un pare-vapeur au-dessus des solives. Le cas 12 bis comporte un pare-vapeur sous les solives. Le cas 12 ter comporte un pare-vapeur sous les solives et un revêtement de sol étanche.

Le cas 13 constitue un cas défavorable dans le cas d'un flux de vapeur orienté du dessus vers le dessous (flux descendant).

Le cas 14 constitue un cas défavorable dans le cas d'un flux de vapeur orienté du dessous vers le dessus (flux ascendant).

Les cas 15 à 18 présentent l'influence du complexe chape / revêtement de sol.

Le cas 19 permet de comparer la salubrité d'un plancher avec solivage et du plancher CLT.

Le cas 20 permet de vérifier la salubrité d'une liaison entre un plancher bois et un mur en béton.

Le cas 21 permet de vérifier la salubrité d'une liaison entre un plancher bois et un mur ossature bois.

Tableau 3 : Synthèse des cas calculés

N° de calcul	Cas de climats (hygro dessus/hygro dessous)	Type de plancher		Au-dessus du plancher									Sous le plancher				
				Sd PV		Chape		Sd ss-couche acoustique (sous le RdS) ou polyane sous chape		Niveau d'étanchéité du revêtement de sol (selon DTU 51.3)			Sd PV		isolant dans le plancher (10 cm LdR)		
		Solivage	CLT	0 m	18 m	∅	Humide	0 m	75 m	Non étanche (parquet chêne 22 mm)	Non respirants: caoutchouc, textile avec ss-couche Sd = 30 m	Etanches (PVC) Sd = 150 m	0 m	18 m	oui	non	
1	cas 1N (FH/ MH)	X		X		X		X		X				X		X	
2	cas 1B (FH/MH)	X		X		X		X		X				X		X	
3	cas 3N (MH/FH)	X		X		X		X		X				X		X	
4	cas 3B (MH/FH)	X		X		X		X		X				X		X	
5	cas 2N (FH/V)	X		X		X		X		X				X		X	
6	cas 2B (FH/V)	X		X		X		X		X				X		X	
7	cas 5N (V/FH)	X		X		X		X		X				X		X	
8	cas 5B (V/FH)	X		X		X		X		X				X		X	
9	cas 4B (MH/V)	X		X		X		X		X				X		X	
10	cas 6 B (V/MH)	X		X		X		X		X				X		X	
11	cas 6 B (V/MH)	X		X		X		X		X				X			X
12	cas 6 B (V/MH)	X			X	X		X		X					X	X	
12bis	cas 6 B (V/MH)	X		X		X		X		X					X	X	
12ter	cas 6 B (V/MH)	X		X		X		X				X			X	X	
12-IV	cas 4B (MH/V)	X		X		X		X		X					X	X	
13	Brest MH / Brest FH	X		X		X		X		X					X	X	
14	Brest FH/Brest MH	X		X			X		X			X		X		X	
15	Brest FH/Brest MH	X		X			X		X			X		X		X	
16	Brest FH/Brest MH	X		X			X		X	X				X		X	
17	Brest FH/Brest MH	X		X		X		X			X			X		X	
18	Brest FH/Brest MH	X		X		X		X				X					
19	Brest FH/Brest MH		X	X			X		X			X		X		X	
Points singuliers		plancher sur muraille fixe dans un mur béton isolé par l'intérieur															
20	V dessus /MH dessous + ext Brest	X		X		X		X					X		X		
20 bis	V dessus /MH dessous + ext Brest	X		X		X		X					X		X		
		plancher sur lisse haute d'un mur OB															
21	V dessus /MH dessous + ext Brest	X		X		X		X					X		X		

5. Résultats des modélisations

5.1 Nature des résultats

Les résultats des différentes simulations sont présentés dans les tableaux suivants. Ils précisent les teneurs en eau, en kg/m^3 et en % en masse, l'humidité relative en % et l'évolution de l'humidité au cours du temps.

Ces résultats sont extraits de graphiques tirés eux-mêmes du logiciel WUFI après exécution des modélisations. Au vu du très grand nombre de résultats, les graphiques montrant l'évolution de l'humidité au cours du temps dans les parois ne sont pas joints au présent rapport mais seront fournis par voie électronique.

Les simulations ayant été menées sur une période de 3 ans, les humidités relevées sont celles mesurées lors des pics de la 3^{ème} année pour :

- La teneur en eau (kg/m^3) dans la paroi globale,
- La teneur en eau (%) dans la solive
- La teneur en eau (%) à la surface de la solive à l'interface avec le plafond
- La teneur en eau (%) dans l'ensemble du panneau
- La teneur en eau (%) en surface du panneau à l'interface avec le revêtement de sol
- La teneur en eau (%) en surface du panneau à l'interface avec le revêtement de sol, à l'axe de la solive
- La teneur en eau (%) en surface du panneau à l'interface avec la solive, à l'axe de la solive
- La teneur en eau (%) en surface du panneau à l'interface avec le plénum (lame d'air non ventilée)
- L'humidité relative de l'isolant

Dans la suite du document les abréviations suivantes sont utilisées : FH = faible hygrométrie, MH = moyenne hygrométrie, V = local vide

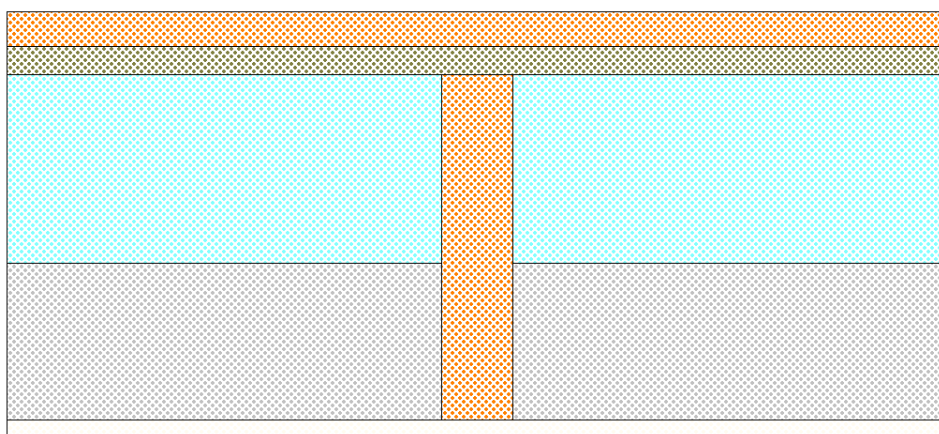


Figure 19 : Représentation de la paroi modélisée (géométrie WUFI)

5.2 Incidence du climat et de l'ambiance hygrothermique de part et d'autre du plancher (cas 1 à 10)

5.2.1 Rappel des configurations modélisées

- Cas1 : Nancy FH // Parquet / OSB / Plenum air / Plenum isolant / BA 13 // Nancy MH
- Cas 2 : Brest FH // Parquet / OSB / Plenum air / Plenum isolant / BA 13 // Brest MH
- Cas 3 : Nancy MH // Parquet / OSB / Plenum air / Plenum isolant / BA 13 // Nancy FH
- Cas 4 : Brest MH // Parquet / OSB / Plenum air / Plenum isolant / BA 13 // Brest FH
- Cas 5 : Nancy FH // Parquet / OSB / Plenum air / Plenum isolant / BA 13 // Nancy V
- Cas 6 : Brest FH // Parquet / OSB / Plenum air / Plenum isolant / BA 13 // Brest V
- Cas 7 : Nancy V // Parquet / OSB / Plenum air / Plenum isolant / BA 13 // Nancy FH
- Cas 8 : Brest V // Parquet / OSB / Plenum air / Plenum isolant / BA 13 // Brest FH
- Cas 9 : Brest MH // Parquet / OSB / Plenum air / Plenum isolant / BA 13 // Brest V
(= cas 6 avec MH)
- Cas 10 : Brest V // Parquet / OSB / Plenum air / Plenum isolant / BA 13 // Brest MH
(= cas 8 avec MH)

5.2.2 Résultats

	cas 1	cas 2	cas 3	cas 4	cas 5	cas 6	cas 7	cas 8	cas 9	cas 10
Teneur en eau paroi globale	stable	stable	stable	stable	stable	stable	stable	stable	stable	hausse
Teneur en eau (%) solive	11,8	13,3	10,6	11,3	10,2	10,8	13,4	16,2	10,9	19,4
Teneur en eau (%) surface de la solive à l'interface avec le plafond	17,2	18,0	14,5	14,2	15,5	18,5	14,9	14,6	18,5	18,8
Teneur en eau (%) ensemble panneau	12,9	13,7	12,4	13,0	12,0	12,3	14,9	18,5	12,3	30,4
Teneur en eau (%) surface panneau interface avec revêtement de sol	12,6	13,4	12,3	13,2	11,9	12,3	14,0	17,3	12,7	26,9
Teneur en eau (%) surface panneau interface avec revêtement de sol, à l'axe de la solive	12,1	13,1	12,4	13,2	11,9	12,4	13,4	15,1	12,9	17,2
Teneur en eau (%) surface panneau interface solive, à l'axe de la solive	14,1	13,4	12,1	12,8	11,7	12,4	13,9	15,8	12,2	18,9
Teneur en eau (%) surface panneau interface plénum (lame d'air non ventilée)	13,9	14,9	13,3	13,5	12,6	12,6	17,0	21,4	12,6	41,8
Humidité relative (%) de l'isolant	75,0	78,2	68,5	68,5	64,5	67,5	71,0	76,5	68,0	89,0

5.3 Incidence de la présence ou pas d'isolant (cas 11)

5.3.1 Rappel des configurations modélisées

- Cas 11 : Brest V // Parquet / OSB / Plenum air / BA 13 // Brest MH (= cas 10 sans isolant)

5.3.2 Résultats

	cas 11
Teneur en eau paroi globale	stable
Teneur en eau (%) solive	18,6
Teneur en eau (%) surface de la solive à l'interface avec le plafond	19,4
Teneur en eau (%) ensemble panneau	23,4
Teneur en eau (%) surface panneau interface avec revêtement de sol	19,9
Teneur en eau (%) surface panneau interface avec revêtement de sol, à l'axe de la solive	16,4
Teneur en eau (%) surface panneau interface solive, à l'axe de la solive	17,9
Teneur en eau (%) surface panneau interface plénum (lame d'air non ventilée)	28,9
Humidité relative (%) de l'air dans le plénum	88,0

5.4 Incidence de la présence d'un pare-vapeur de part et d'autre de la paroi (cas 12, 12 bis et 12 ter)

5.4.1 Rappel des configurations modélisées

- Cas 12 : Brest V // Parquet / OSB / PV sur solives / Plenum air / Plenum isolant / PV sous solives / BA 13 // Brest MH (= cas 10 avec PV sur et sous le solivage)
- Cas 12bis : Brest V // Parquet / OSB / Plenum air / Plenum isolant / PV sous solives / BA 13 // Brest MH (= cas 10 avec PV sous le solivage)
- Cas 12ter : Brest V // Sol Sd 150m / OSB / Plenum air / Plenum isolant / PV sous solives / BA 13 // Brest MH (= cas 10 avec PV sous le solivage et revêtement de sol étanche)
- Cas 12-IV : Brest MH//parquet/OSB/plenum air / plenum isolant / PV sous solives / BA 13 // Brest V (= cas 9 avec PV sous le solivage)

5.4.2 Résultats

	cas 12	cas 12bis	cas 12ter	Cas 12-IV
Teneur en eau paroi globale	baisse	baisse	baisse	baisse
Teneur en eau (%) solive	16,1	13,3	16,9	13,0
Teneur en eau (%) surface de la solive à l'interface avec le plafond	15,2	12,3	15,2	13,1
Teneur en eau (%) ensemble panneau	13,7	14,4	17,3	13,7
Teneur en eau (%) surface panneau interface avec revêtement de sol ou PV	13,7	14,4	17,2	13,8
Teneur en eau (%) surface panneau interface avec revêtement de sol, à l'axe de la solive	13,7	14,2	16,7	13,7
Teneur en eau (%) surface panneau interface solive ou PV, à l'axe de la solive	13,8	14,3	16,7	13,8
Teneur en eau (%) surface panneau interface plénum (lame d'air non ventilée) ou PV	13,8	14,7	17,4	13,7
Humidité relative (%) de l'isolant	76,5	68,0	80,0	67,0

5.5 Cas défavorable dans le cas d'un flux de vapeur orienté du dessus vers le dessous (flux descendant) – (cas 13)

5.5.1 Rappel des configurations modélisées

- Cas 13 : Brest MH // Parquet / OSB / Plenum air / Plenum isolant / PV sous solives / BA 13 // Brest FH

5.5.2 Résultats

	cas 13
Teneur en eau paroi globale	baisse
Teneur en eau (%) solive	12,4
Teneur en eau (%) surface de la solive à l'interface avec le plafond	12,5
Teneur en eau (%) ensemble panneau	13,6
Teneur en eau (%) surface panneau interface avec revêtement de sol	13,6
Teneur en eau (%) surface panneau interface avec revêtement de sol, à l'axe de la solive	13,5
Teneur en eau (%) surface panneau interface solive, à l'axe de la solive	13,6
Teneur en eau (%) surface panneau interface plénum (lame d'air non ventilée)	13,5
Humidité relative (%) de l'isolant	64,5

5.6 Cas défavorable dans le cas d'un flux de vapeur orienté du dessous vers le dessus (flux ascendant) – (cas 14)

5.6.1 Rappel des configurations modélisées

- Cas 14 : Brest FH // Sol étanche PVC Sd 150m / Chape / Polyane Sd 75m / OSB / Plenum air / Plenum isolant / BA 13 // Brest MH

5.6.2 Résultats

	cas 14
Teneur en eau paroi globale	baisse
Teneur en eau (%) solive	13,6
Teneur en eau (%) surface de la solive à l'interface avec le plafond	18,6
Teneur en eau (%) ensemble panneau	14,3
Teneur en eau (%) surface panneau interface avec polyane	14,3
Teneur en eau (%) surface panneau interface avec polyane, à l'axe de la solive	13,9
Teneur en eau (%) surface panneau interface solive, à l'axe de la solive	13,9
Teneur en eau (%) surface panneau interface plénum (lame d'air non ventilée)	15,2
Humidité relative (%) de l'isolant	79,0

5.7 Influence du complexe chape / revêtement de sol (cas 15 à 18)

5.7.1 Rappel des configurations modélisées

- Cas 15 : Brest FH // Sol Sd 30m / Chape / Polyane Sd 75m / OSB / Plenum air / Plenum isolant / BA 13 // Brest MH
- Cas 16 : Brest FH // Parquet / Chape / Polyane Sd 75m/ OSB / Plenum air / Plenum isolant / BA 13 // Brest MH
- Cas 17 : Brest FH // Sol Sd 30m / OSB / Plenum air / Plenum isolant / BA 13 // Brest MH
- Cas 18 : Brest FH // Sol Sd 150m / OSB / Plenum air / Plenum isolant / BA 13 // Brest MH

5.7.2 Résultats

	cas 15	cas 16	cas 17	cas 18
Teneur en eau paroi globale	baisse	baisse	stable	stable
Teneur en eau (%) solive	13,6	13,6	13,3	13,6
Teneur en eau (%) surface de la solive à l'interface avec le plafond	18,7	14,9	18,8	18,8
Teneur en eau (%) ensemble panneau	14,2	14,2	14,3	14,2
Teneur en eau (%) surface panneau interface avec revêtement de sol	14,2	14,2	14,0	14,2
Teneur en eau (%) surface panneau interface avec revêtement de sol, à l'axe de la solive	13,8	13,8	13,8	13,8
Teneur en eau (%) surface panneau interface solive, à l'axe de la solive	13,8	13,8	13,5	13,8
Teneur en eau (%) surface panneau interface plénum (lame d'air non ventilée)	15,2	15,2	15,3	15,2
Humidité relative (%) de l'isolant	79,0	79,0	79,0	79,0

5.8 Comparaison de la salubrité d'un plancher avec solivage et d'un plancher CLT (cas 19)

5.8.1 Rappel des configurations modélisées

Cas 19 : Brest FH // Sol PVC Sd 150m / Chape / polyane Sd 75 m / CLT / Plenum air / Plenum isolant / BA 13 // Brest MH

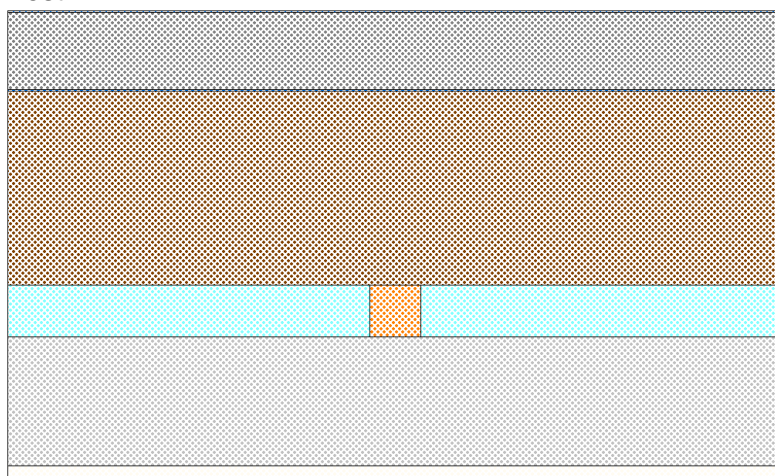


Figure 20 : Configuration CLT modélisée

5.8.2 Résultats

	cas 19
Teneur en eau paroi globale	baisse
Teneur en eau (%) chevron support de plafond	14,1
Teneur en eau (%) CLT (ensemble)	12,9
Teneur en eau (%) surface CLT interface avec revêtement de sol	13,3
Teneur en eau (%) surface CLT interface plénum (lame d'air non ventilée)	14,8
Humidité relative (%) de l'isolant	81,0

5.9 Salubrité d'une liaison plancher bois / mur extérieur en béton isolé par l'intérieur (cas 20 et 20bis)

5.9.1 Rappel des configurations modélisées

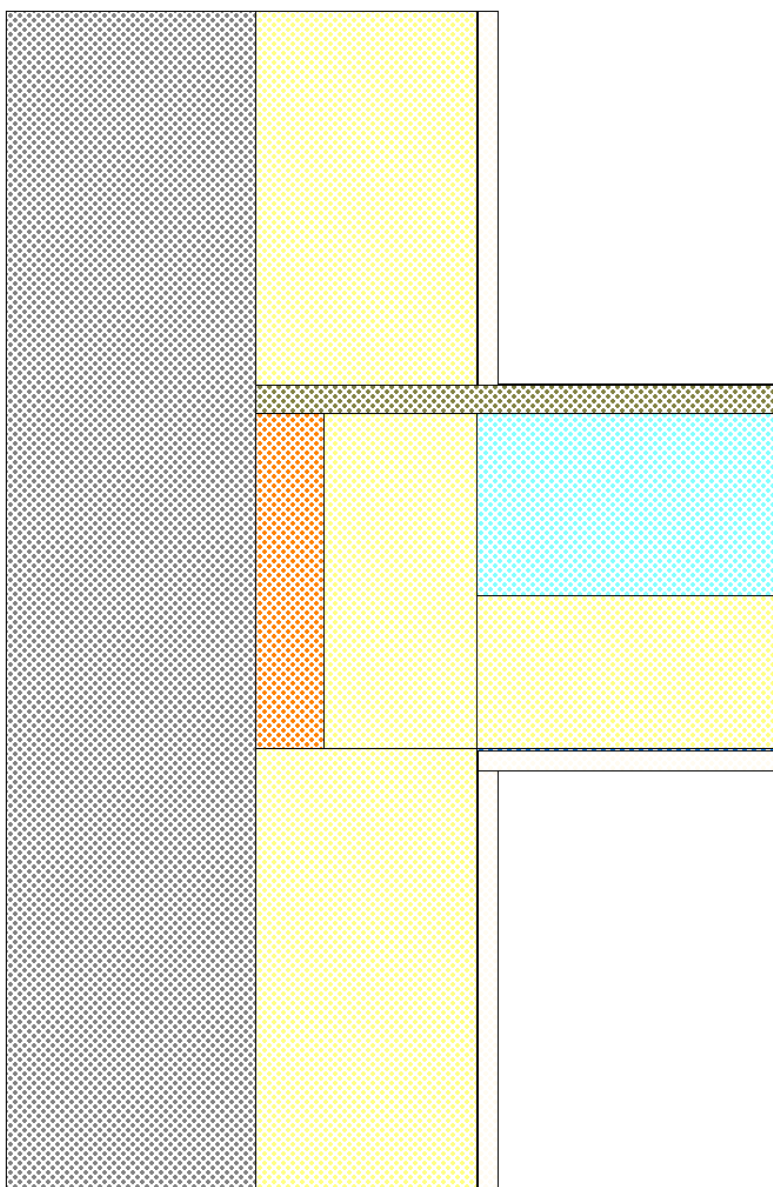


Figure 21 : Configuration liaison plancher bois / mur béton avec ITI

✓ **Climats pour les cas 20 et 20 bis :**

- Au-dessus du plancher : Brest vide
- Sous le plancher : Brest Moyenne Humidité
- Extérieur : Brest

✓ **Parois modélisées :**

- Mur extérieur : béton + ITI avec pare-vapeur et BA13
- Solive de rive 45x220 et isolant de rive 100 mm
- Cas 20 : plancher de type Parquet / OSB / Plenum air / Plenum isolant / BA 13
- Cas 20 bis : plancher de type RdS PVC Sd 150m/ OSB / Plenum air / Plenum isolant / PV Sd 18 m / BA 13

5.9.2 Résultats

	Cas 20	Cas 20bis
Teneur en eau paroi globale	hausse	stable
Teneur en eau (%) solive de rive	20,8	15,8
Teneur en eau (%) surface solive de rive interface béton	21,6	18,4
Teneur en eau (%) panneau sous l'isolant du mur	20,8	18,3
Humidité relative (%) de l'isolant de rive	99,5	76

5.10 Salubrité d'une liaison plancher bois / mur extérieur à ossature bois (cas 21)

5.10.1 Rappel des configurations modélisées

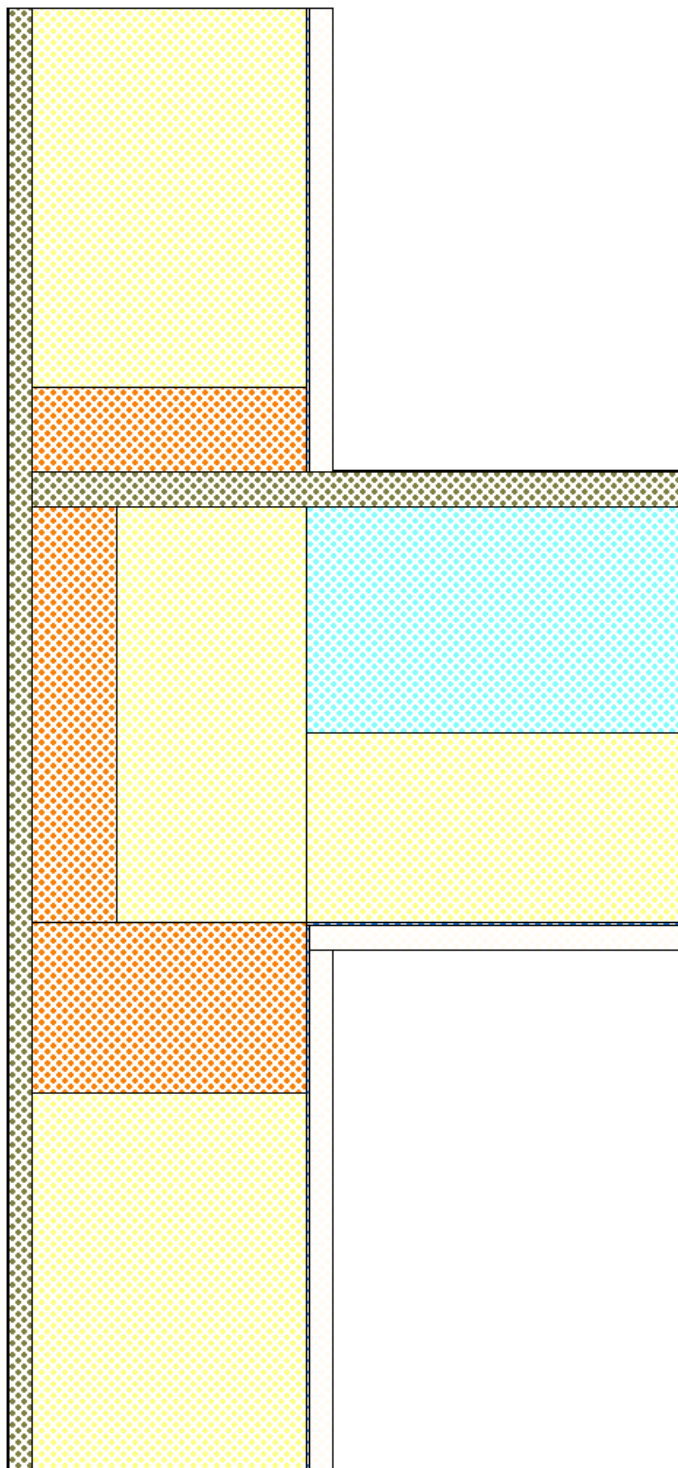


Figure 22 : Configuration liaison plancher bois / mur à ossature bois

✓ **Climats pour le cas 21 :**

- Au-dessus du plancher : Brest vide
- Sous le plancher : Brest Moyenne Humidité
- Extérieur : Brest

✓ **Parois modélisées :**

- Mur extérieur : ossature bois isolée de 145 mm, contreventement extérieur, pare-vapeur et BA13
- Solive de rive 45x220 et isolant de rive de 100 mm.
- Plancher de type RdS PVC Sd 150m/ OSB / Plenum air / Plenum isolant / PV Sd 18 m / BA 13

5.10.2 Résultats

	Cas 21
Teneur en eau paroi globale	baisse
Teneur en eau (%) solive de rive	18,9
Teneur en eau (%) panneau du mur au droit du plancher	16,2
Teneur en eau (%) panneau sous l'isolant du mur	16,3
Humidité relative (%) de l'isolant de rive	79,5

6. Interprétation des résultats

6.1 Règles d'interprétation des modélisations

Ces règles sont définies en annexe 1.

Les cases colorées en rouge dans les tableaux résultats du chapitre 5 ci-dessus s'écartent des seuils acceptables.

6.2 Incidence du climat et de l'ambiance hygrothermique de part et d'autre du plancher

Les simulations de 1 à 10, réalisées sur des modèles ne comportant aucune membrane étanche à la vapeur d'eau ont permis de mettre en évidence l'influence des différents climats de part et d'autre du plancher.

La seule barrière à la diffusion de vapeur d'eau que comporte la paroi est le panneau constituant le plancher.

Le climat de Nancy, plus sec est moins défavorable que le climat de Brest qui génère toujours une humidité supérieure dans les parois.

Dans les locaux chauffés en permanence (cas 1 à 4), quelle que soit l'hygrométrie du local, et quelle que soit l'orientation du flux de vapeur (ascendant ou descendant) la teneur en eau des différents éléments en bois ou à base de bois du plancher reste toujours inférieure aux seuils critiques vis-à-vis de leur durabilité (humidité toujours inférieure à 18%).

Dans l'éventualité d'un local vide, d'un côté ou de l'autre du plancher, des humidités critiques peuvent être atteintes : C'est le cas lorsque le local vide est situé au-dessus du plancher. Le flux de vapeur est alors orienté du bas (local chauffé) vers le haut (local froid) et le panneau de plancher constitue une barrière à la diffusion de vapeur d'eau côté froid, suffisante pour générer des taux d'humidité supérieurs à 20%, seuil critique pour le risque d'apparition de champignons de pourriture dans les matériaux en bois et à base de bois.

Dans ce cas d'un local vide situé au-dessus du plancher, quelle que soit l'humidité du local sous le plancher, l'humidité composant la paroi est trop élevée lorsqu'il n'y a pas de pare-vapeur en sous-face.

6.3 Incidence de la présence ou pas d'isolant

Au regard des résultats du cas 10, les résultats du cas 11 montrent que l'absence d'isolant dans le plancher n'aggrave pas la teneur en eau des composants la paroi.

6.4 Incidence de la présence d'un pare-vapeur de part et d'autre de la paroi

Les simulations 12, 12bis, 12ter et 12-IV permettent de montrer que l'incidence d'un local vide positionné « du mauvais côté de la paroi » peut-être contrecarrée par la mise en œuvre d'un pare-vapeur souple du côté chaud du flux.

Quelle que soit la configuration, les taux d'humidité dans les matériaux (dans la masse et en surface) restent inférieurs à 18%.

En cas de flux ascendant (local vide situé au-dessus), la présence d'un pare-vapeur de $S_d = 18$ m en sous-face est suffisante pour réduire l'humidité dans le plénum, quelle que soit la résistance à la diffusion de vapeur d'eau du complexe situé au-dessus du plancher.

En cas de flux descendant (local vide situé sous le plancher), le seul effet barrière du panneau de plancher est suffisant en cas de présence d'un pare-vapeur en sous-face.

6.5 Cas défavorable dans le cas d'un flux de vapeur orienté du dessus vers le dessous (flux descendant)

En complément de la modélisation 12-IV, le seul effet barrière du panneau de plancher est suffisant en cas de présence d'un pare-vapeur en sous-face.

Malgré la présence du pare-vapeur en sous-face du plancher, les niveaux d'humidité sont analogues à ceux du modèle sans pare-vapeur (cas 4).

6.6 Cas défavorable dans le cas d'un flux de vapeur orienté du dessous vers le dessus (flux ascendant)

Malgré la présence d'une très forte barrière à la diffusion de vapeur d'eau (polyane sous la chape + revêtement de sol PVC) positionnée du « mauvais côté » par rapport au flux de vapeur, les niveaux d'humidité sont analogues à ceux du modèle avec la barrière réduite constituée seulement de parquet (cas 2).

6.7 Influence du complexe chape / revêtement de sol

Quels que soient les complexes de chape et de revêtement de sol, les taux d'humidité dans le plancher sont les mêmes, alors que le flux est ascendant et donc défavorable, toujours inférieurs à 19% d'humidité.

6.8 Cas du CLT

L'effet « tampon hygroscopique » mis en évidence dans l'étude « Perméabilité à la vapeur d'eau du CLT » (<https://www.codifab.fr/actions-collectives/bois/permeabilite-la-vapeur-deau-du-clt-2307>) pour les parois verticales et les planchers bas sur vide sanitaire est également visible dans le présent cas des planchers intermédiaire : avec un flux ascendant et un effet barrière maximal au-dessus du panneau CLT, la teneur en eau du CLT (dans la masse et en surface) est toujours inférieure à 15% et inférieure aux teneurs en eau de la même configuration en version « solivage » (cas 14).

6.9 Points singuliers

En cas de local vide au-dessus du plancher (cas le plus défavorable), on constate une aggravation des conditions de salubrité de la paroi s'il n'y a pas de pare-vapeur en sous-face du plancher avec risque réel de dégradation de la paroi.

En revanche, lorsqu'un pare-vapeur est mis en œuvre en sous-face, que ce soit pour une liaison sur mur maçonné ou sur mur à ossature bois les taux d'humidités en tête de plancher (solive de rive, panneau de plancher noyés sous les isolants) restent inférieurs à 19%.

7. Proposition de prescriptions pour une conception salubre des planchers en bois

7.1 Généralités

Dans le cas d'un plancher porteur sur solivage mis en œuvre à l'abri de l'eau ou d'un plancher porteur sur solivage mis en œuvre avec risque d'exposition à l'eau (en phase provisoire) tels que définis dans le DTU 51.3 ou d'un plancher à base de panneau CLT, la sous-face des panneaux peut être non aérée au sens du DTU 51.3.

Les locaux situés de part et d'autre du plancher doivent être de faible ou moyenne hygrométrie.

Dans le cas des pièces humides (locaux E2 ou E3), le complexe de revêtement de sol au-dessus du panneau doit former une protection ou une étanchéité à l'eau continue en partie courante et au droit des points singuliers (relevés en pied de murs, éléments encastrables,...) protégeant le support bois de toute reprise d'eau liquide.

Tous les panneaux de plancher à base de bois doivent être conformes à la norme NF EN 13986 et être travaillants en milieu humide et répondre aux exigences suivantes :

- panneaux de contreplaqué de type 3S de la NF EN 636 et d'épaisseur supérieure ou égale à 10 mm ;
- panneaux OSB de type OSB 3 ou OSB 4 de la NF EN 300 et d'épaisseur supérieure ou égale à 16 mm ;
- panneaux de particules de type P5 ou P7 de la norme NF EN 312 et d'épaisseur supérieure ou égale à 16 mm ;
- panneaux lamibois à usage structurel avec au moins deux plis croisés et d'épaisseur supérieure ou égale à 15 mm Les panneaux destinés à des emplois travaillants doivent satisfaire au type LVL/2 S ou LVL/3S à la norme NF EN 14374 ;
- panneaux CLT faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un Document Technique d'Application visant favorablement l'utilisation en éléments structuraux de plancher.

7.2 Cas des locaux chauffés de part et d'autre du plancher

Pour des locaux à faible et moyenne hygrométrie, systématiquement chauffés en période hivernale, quel que soit l'écart d'hygrométrie de part et d'autre du plancher, et quelle que soit la résistance à la diffusion de vapeur d'eau du complexe de revêtement de sol, l'aération de la sous-face du panneau de plancher n'est pas nécessaire pour assurer la salubrité de la paroi.

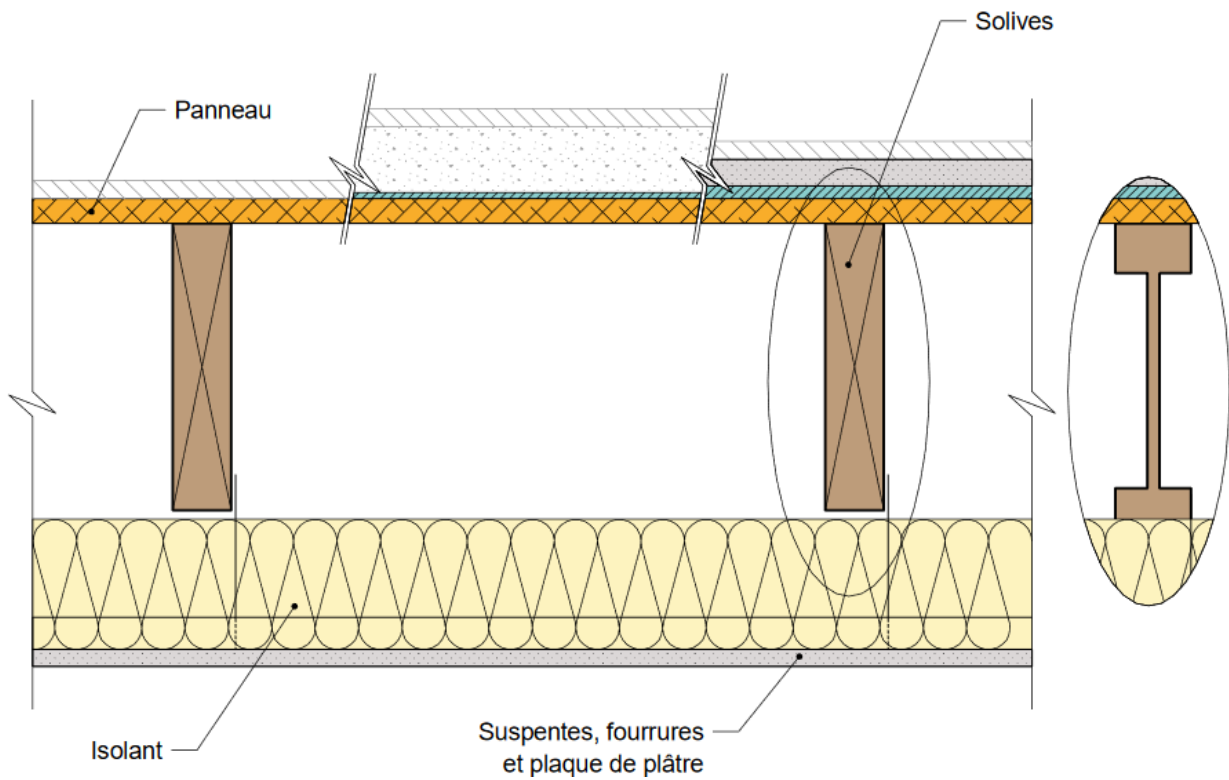


Figure 23 : Conception type d'un plancher bois avec solivage

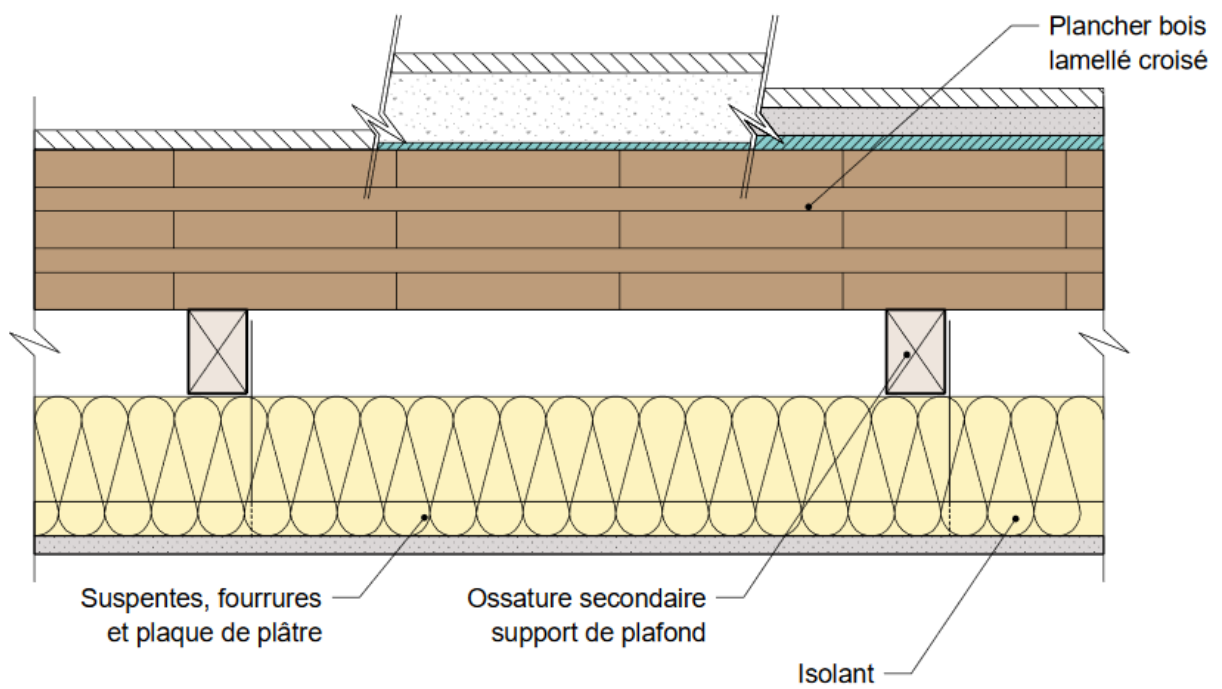


Figure 24 : Conception type d'un plancher CLT

7.3 Cas des locaux pouvant rester vide en période hivernale

S'il y a un risque que l'un des locaux situés de part et d'autre du plancher reste vide (et donc non chauffé), un pare-vapeur de S_d égal à 18 m doit être choisi et mis en œuvre conformément aux prescriptions du NF DTU 31.2, en sous-face du plancher (sous les solives et l'éventuel isolant dans le cas d'un plancher bois avec solivage, sous le panneau CLT et l'éventuel isolant dans le cas d'un plancher bois CLT).

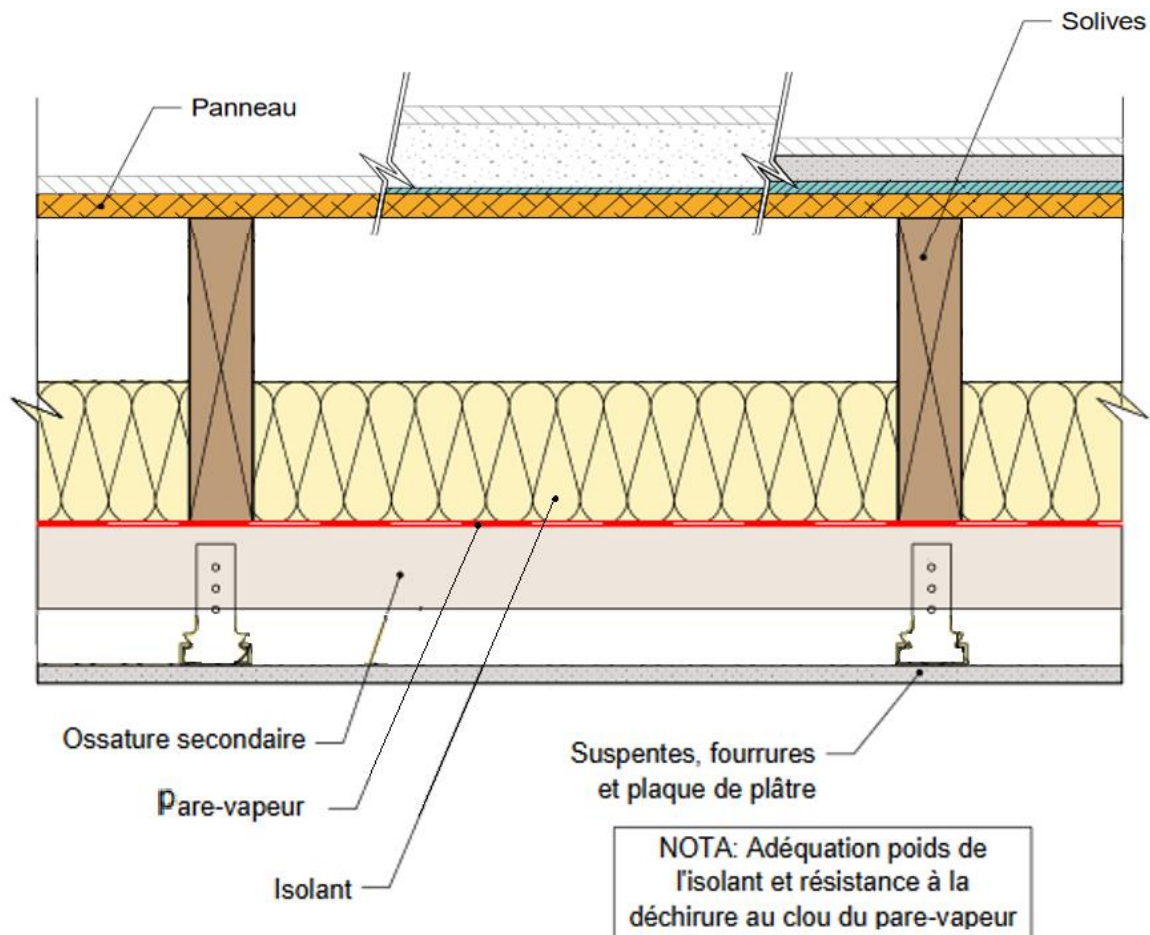


Figure 25 : Conception type d'un plancher bois avec solivage en cas de risque « local non chauffé »

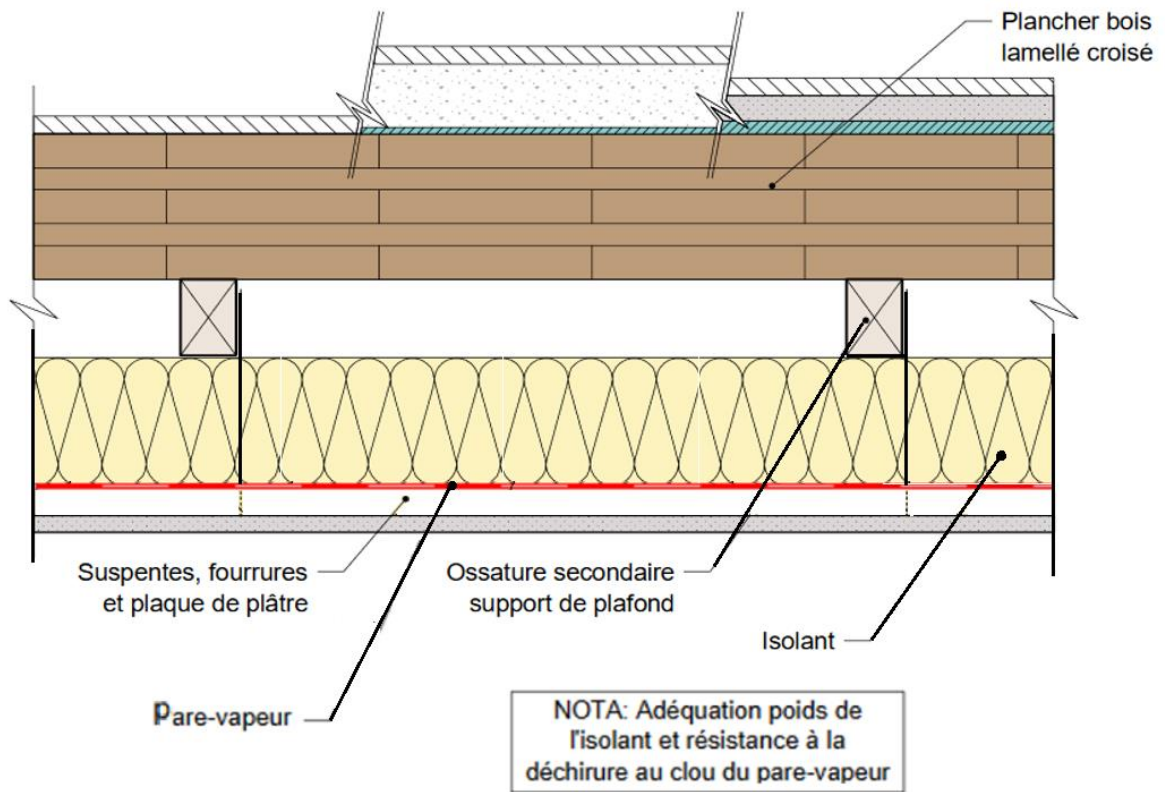


Figure 26 : Conception type d'un plancher CLT en cas de risque « local non chauffé »

8. Conclusion

Le domaine d'application du DTU 51.3 en vigueur est très large et couvre aussi bien les planchers porteurs sur solivage que les planchers sur lambourdes ou de doublage mis en œuvre sur un support en béton.

Pour les planchers sur solivage uniquement, lorsqu'il ne s'agit pas de planchers bas sur vide sanitaire, les sources d'humidification potentielles sont donc très éloignées.

Toutes les exigences et jurisprudences actuelles imposant une ventilation de la sous-face des panneaux de plancher sont basées sur les prescriptions de l'annexe B du DTU 51.3 et font abstraction du renvoi « a) » située sous le tableau B.2 de cette même annexe.

La présente étude a permis de montrer que dans le cas des planchers sur solivage (hors planchers bas sur vide sanitaire), comme mentionné dans ce renvoi « a) » : « aucune humidification n'est à craindre par la sous-face si le revêtement est mis en œuvre sur une paroi sèche et si l'entretien est effectué dans les conditions du chapitre B.3 du DTU 51.3 ».

La sous-face des panneaux composant ces planchers peut donc ne pas être aérée au sens du DTU 51.3, quel que soit le revêtement de sol utilisé et quel que soit le type de local au-dessus ou sous le plancher, tant qu'il s'agit de locaux chauffés à faible ou moyenne hygrométrie.

Une prescription supplémentaire est en revanche nécessaire dans le cas de locaux potentiellement non chauffés en période hivernale : la mise en œuvre d'un système pare-vapeur (composé d'une membrane avec Sd égal à 18 m) en sous-face des éléments porteurs en bois et des éventuels isolants.

Ces conclusions sont également valables pour les planchers à base de panneaux CLT, car leur capacité hygroscopique beaucoup plus importante que les panneaux de faible épaisseur, dans des conditions équivalentes est beaucoup plus favorable.

Annexe 1 : Règles d'interprétation des modélisations

La signification pratique des résultats peut être interprétée suivant différentes méthodes :

- en comparant les conditions hygrothermiques obtenues avec les limites spécifiées ;
- en contrôlant le risque d'accumulation d'humidité. L'évolution de la teneur totale en eau dans la construction sera évaluée en comparant la valeur à l'initiale à celle après un cycle ;
- en évaluant la tolérance à l'humidité de la construction (potentiel de séchage) ;
- en traitant les résultats transitoires à l'aide d'un modèle de post-traitement (par exemple pour le développement des moisissures ou des algues, la pourriture, la corrosion ...).

Les risques sont évalués à partir des teneurs en eau en % des humidités relatives des produits et de leurs évolutions au cours des trois ans.

Le premier élément à vérifier est la teneur en eau de la paroi dans sa globalité. Si celle-ci augmente significativement d'une année sur l'autre, cela signifie que les transferts hygrothermiques dans la paroi ne sont pas stables. La teneur en eau de la paroi pourrait augmenter au-delà des trois ans de simulation et conduire à des condensations importantes.

Une paroi, pour être jugée satisfaisante, ne pourra pas contenir des éléments dont l'humidité relative est supérieure à 98 %, même en des endroits particuliers de la paroi. En effet les tolérances du logiciel font qu'au-delà de 98 %, le risque de condensation peut être considéré comme très probable.

Tous les éléments en bois ou à base de bois intervenant dans la stabilité de l'ouvrage (panneaux de contreventement, montants et traverses d'ossature, ...) sont dimensionnés en classe de service 2 (pour limiter le fluage). Les teneurs en eau en masse en tout point de ces éléments ne doivent pas être supérieures à 20 % pendant plus de 8 semaines par an, en ne comptabilisant que les périodes supérieures à une semaine.

De même, la teneur en eau d'un élément de la paroi contenant des produits biosourcés n'intervenant pas dans la stabilité de l'ouvrage (tasseaux, isolants, panneaux à usage non structuraux, ...) ne pourra être qu'occasionnellement (moins de 8 semaines par an) supérieure à 23 % en masse. Cette limite de 23 % est basée sur des travaux en laboratoire et sur des expériences reconnues et réussies, prenant en compte les diverses conditions de germination des spores. Il est à noter que la durée de 8 semaines au-delà de 23 % est défavorable, même si elle est atteinte de manière discontinue. Les périodes au-delà de 23 % inférieures à une semaine ne seront pas comptabilisées, n'étant pas suffisamment longues pour provoquer le développement fongique.

Le graphique ci-après montre l'acceptabilité d'une solution constructive en fonction des éléments exposés ci-dessus.

Périodes d'humidification supérieures à 20% et à 23%

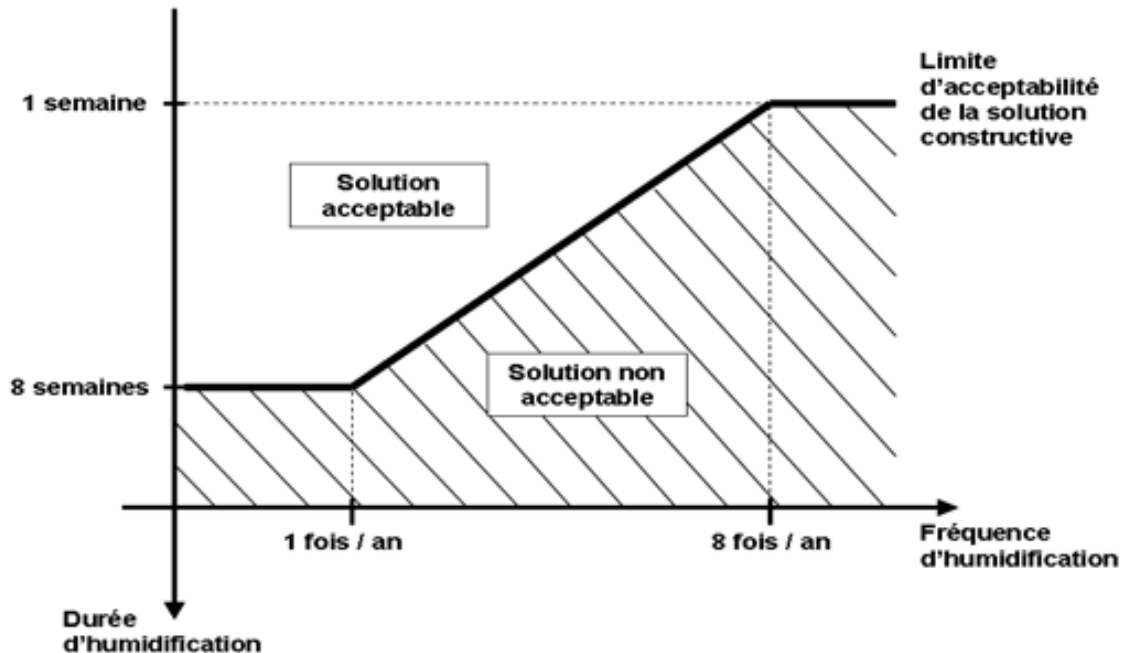


Figure 27 : Représentation des limites d'humidification des matériaux

Une autre propriété influant le comportement du matériau biosourcé à l'humidité est sa capacité à pouvoir contenir à la fois de l'eau libre et/ou de l'eau liée.

L'eau est dite liée ou hygroscopique quand elle est « retenue » chimiquement (liaisons hydrogènes) par les fibres de bois. Les molécules d'eau sont alors fixées dans le matériau lui-même.

L'eau libre ou capillaire, donc liquide, apparaît dans le bois lorsque son taux d'humidité (en % en masse) dépasse le point de saturation des fibres. Pour les principales essences résineuses utilisées en structure, le point de saturation des fibres est atteint lorsque l'humidité du bois dépasse 30 % en masse.

Les cas de calcul où l'humidité du bois ou des matériaux à base de bois (panneaux, isolants) dépasse 30 % sera donc également un critère rédhibitoire, l'eau liquide présente dans une paroi fermée étant très difficile à évacuer.

Dans le cas particulier des isolants, et particulièrement les isolants biosourcés, comme indiqué dans le Cahier 3713_V2, les ambiances pour lesquelles les humidités relatives ne dépassent pas 85% sont les plus favorables.