



Réno2020

Projet de la rue du Molinay

Étude de la nouvelle façade

09 | 03 | 2012

Jean-Marie HAUGLUSTAINE

Stéphane MONFILS

Sommaire

1.	PEB	3
2.	Trisco.....	5
	2.1. Modèle	5
	2.2. Résultats graphiques.....	6
	2.3. Résultats numériques	7
3.	Glata.....	9
	3.1. Sans pare-vapeur.....	9
	3.2. Avec pare-vapeur.....	11

1. PEB

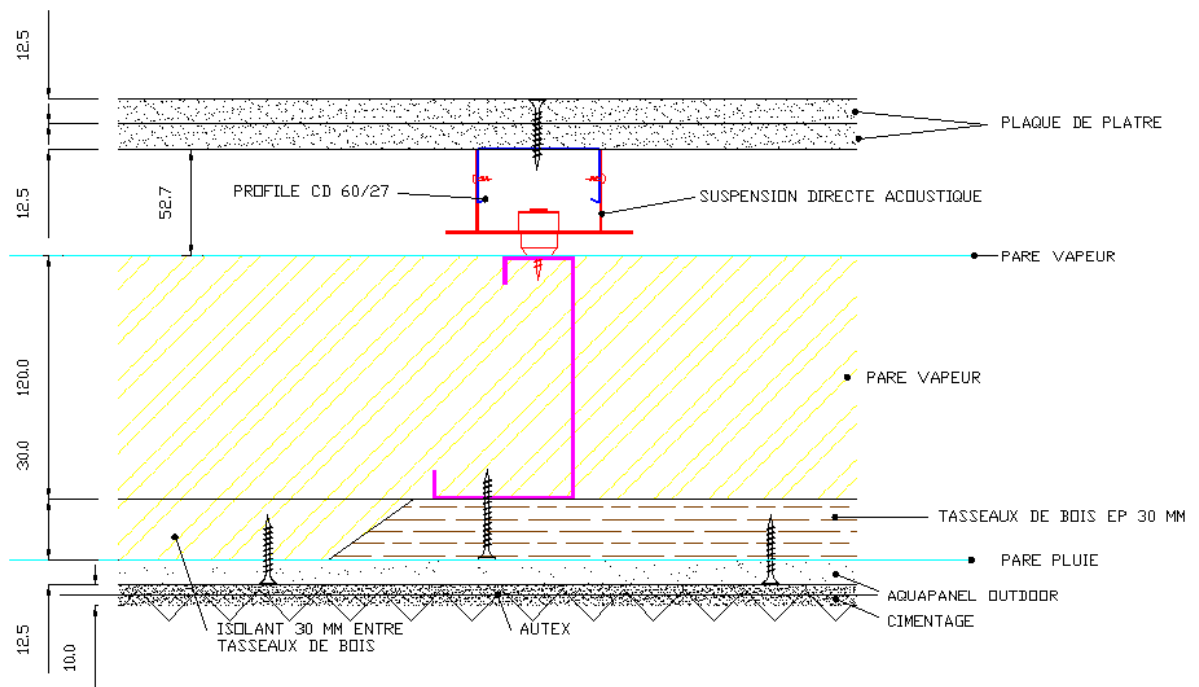


Fig. 1 : plan et composition de la paroi

La composition qui a été encodée dans le logiciel PEB reprend les spécifications des architectes et des techniciens d'Arcelor. La façade se compose d'une structure métallique de type Styltech (en rose sur le dessin ci-dessus), qui sera « noyée » dans l'isolant thermique. L'entre-axe considéré dans les simulations sera de 600 mm. Notons toutefois que ses caractéristiques (et fonctions) structurelles nous obligent à fixer dessus les autres éléments constitutifs de la façade, ce qui ne manquera pas de créer quelques ponts thermiques ponctuels (ils sont d'ailleurs la raison de cette modélisation plus poussée).

Il avait été prouvé dans un rapport précédent la mauvaise prise en compte des structures métalliques en tant qu'élément constitutif d'une couche composée dans la PEB. Le chemin parcouru par cette conclusion à l'administration de l'énergie permet, pour le moment, de ne pas tenir compte de la structure acier dans la composition de la paroi. Bien que plus proche de la réalité, cela n'est pas tout à fait exact non plus, et comme l'objectif de ce rapport est de coller à la réalité performantielle de la paroi, nous reprendrons le résultat de cette simulation antérieure : une couche composée de 0,1% d'acier ($\lambda = 50 \text{ W/mK}$) et de 99,9% d'isolant ($\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$) peut être remplacée par une couche équivalente d'un matériau fictif homogène caractérisé par une valeur λ de 0,045 W/mK.

Côté extérieur, des tasseaux de bois (section 30 * 80 mm) seront fixés horizontalement sur cette structure métallique avec un entre-axe de 600 mm. Un remplissage d'isolant est prévu entre les tasseaux (également avec de la laine de verre type Naturoll 035, technologie Ecosse de Knauf ; la proportion est de 13,33% de bois pour 86,67 % d'isolant). Les tasseaux de bois recevront quant à eux la tâche de servir de support au panneau Aquapanel Outdoor. Il s'agit d'un panneau de fibre-ciment développé par Knauf pour des

applications de façades extérieures, caractérisé par une valeur λ de 0,35 W/mK. Ce panneau servira de support pour l'enduit de crépis extérieur.

Côté intérieur, une structure secondaire, également en acier, sera fixée sur la structure principale, créant ainsi un espace technique dans la façade. Afin d'éviter de rendre le pont thermique (clairement non conforme) non linéaire, des éléments ponctuels en néoprène sont prévus au niveau des fixations visées, rendant également la paroi plus performante d'un point de vue acoustique (aspect non traité ici).

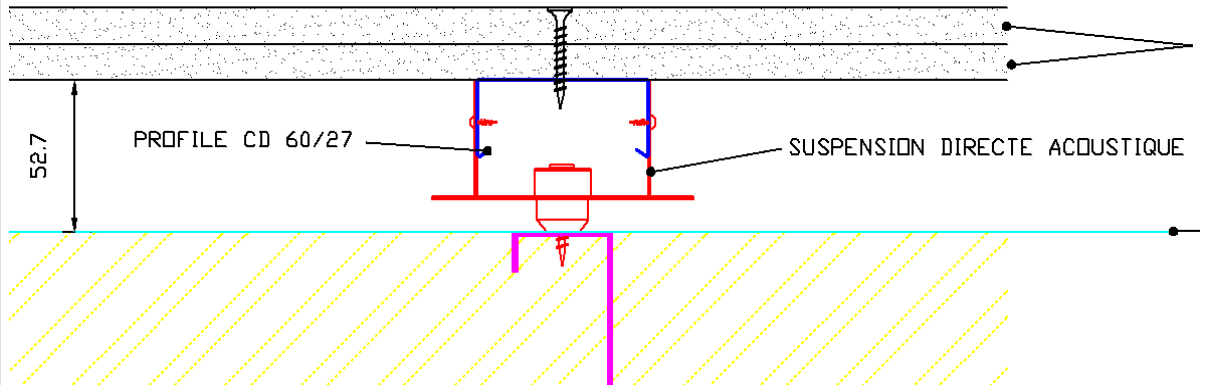


Fig. 2 : détail de composition centré sur la rupture thermique en néoprène

Des éléments ponctuels métalliques seront vissés dans cette structure secondaire pour fixer les deux plaques de plâtre intérieures.

U calculé : 0.269 (Valeur U pour extérieur)

Environnement indicatif : Extérieur

Introduction directe du U : Oui Non

Couches

Extérieur Résistance superficielle ext. Rse = 0,04 [m²K/W]

#	Type de la couche	Type de matériau	Epaisseur [m]	Options	R [m²K/W]	...
1	Simple	Mortier de chaux (Enduits) - AU: 1.2	0.01		0,008	X
2	Simple	Aquapanel - AU: 0.35	0.0125		0,036	X
3	Composée	Bois de charpente en feuillus durs et résineux (Bois et dérivés de bois) - AU: 0.18 - AU: 0.035	0.03	ⓐ ⓑ	0,552	X
4	Simple	Naturoll 035 + structure métal - AU: 0.045	0.12		2,667	X
5	Simple	Air non ventilé (Air)	0.053		0,18	X
6	Simple	Plaques de plâtre entre deux couches de carton (Matériaux hétérogènes)	≤ 0.014		0,05	X
7	Simple	Plaques de plâtre entre deux couches de carton (Matériaux hétérogènes)	≤ 0.014		0,05	X

Intérieur

Résistance thermique (surface à surface) Rt = 3,54 [m²K/W]
 Résistance superficielle int. Rsi = 0,13 [m²K/W]
 Résistance thermique totale RT = 3,71 [m²K/W]
Valeur U indicative U = 0,27 [W/m²K]

+ Couche simple + Couche composée + Couche de maçonnerie

Fig. 3 : composition PEB de la paroi

Le coefficient de transmission thermique de la façade (sans tenir compte des ponts thermiques ponctuels) calculé par la PEB est de 0,269 W/m²K. Pour rappel, la valeur U_{max}

imposée dans le cas d'une toiture est de $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$.

2. Trisco

2.1. Modèle

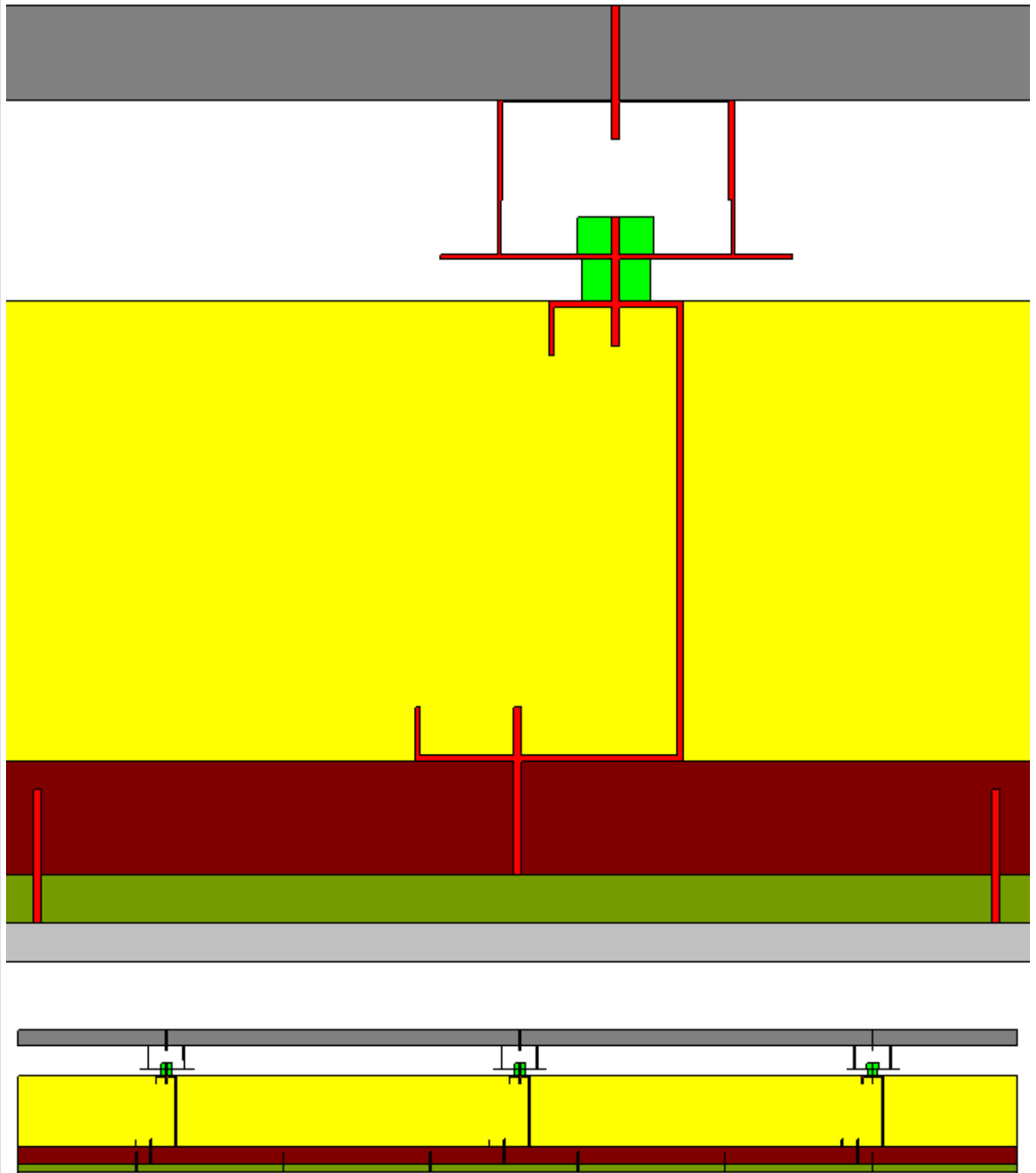


Fig. 4 : plan (de détail et d'ensemble) de la paroi modélisée dans Trisco

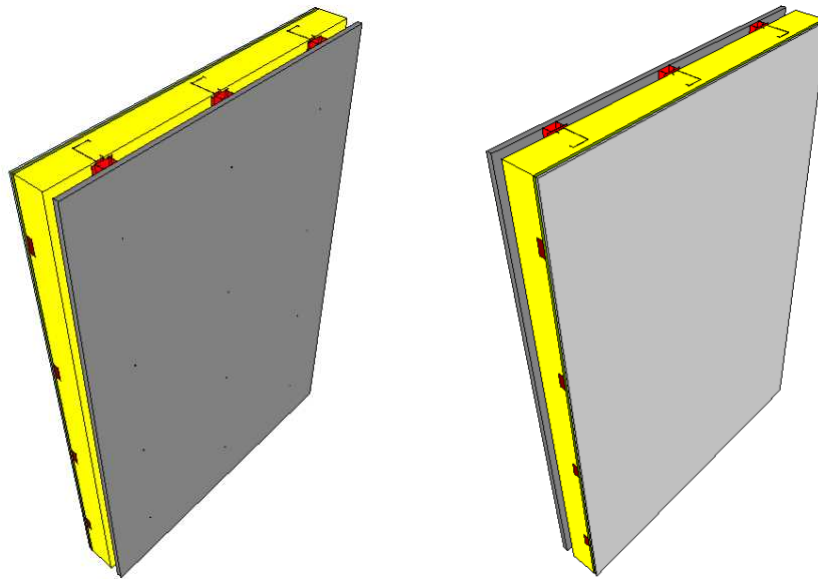


Fig. 5 : vue 3D de la paroi modélisée dans Trisco

Les dimensions et valeurs lambda sont identiques à celles renseignées dans la composition PEB. Seules l'une ou l'autre vis ont été supprimées parce qu'elles ne jouaient aucun rôle dans la transmission thermique entre l'intérieur et l'extérieur.

Le modèle que nous présentons offre une surface d'échange de $1,6985 * 2,48 = 4,21 \text{ m}^2$ au transfert de chaleur. Une différence de température de 20°C a été imposée entre l'intérieur et l'extérieur ($T_{\text{int}} = 20^\circ\text{C}$; $T_{\text{ext}} = 0^\circ\text{C}$).

2.2. Résultats graphiques

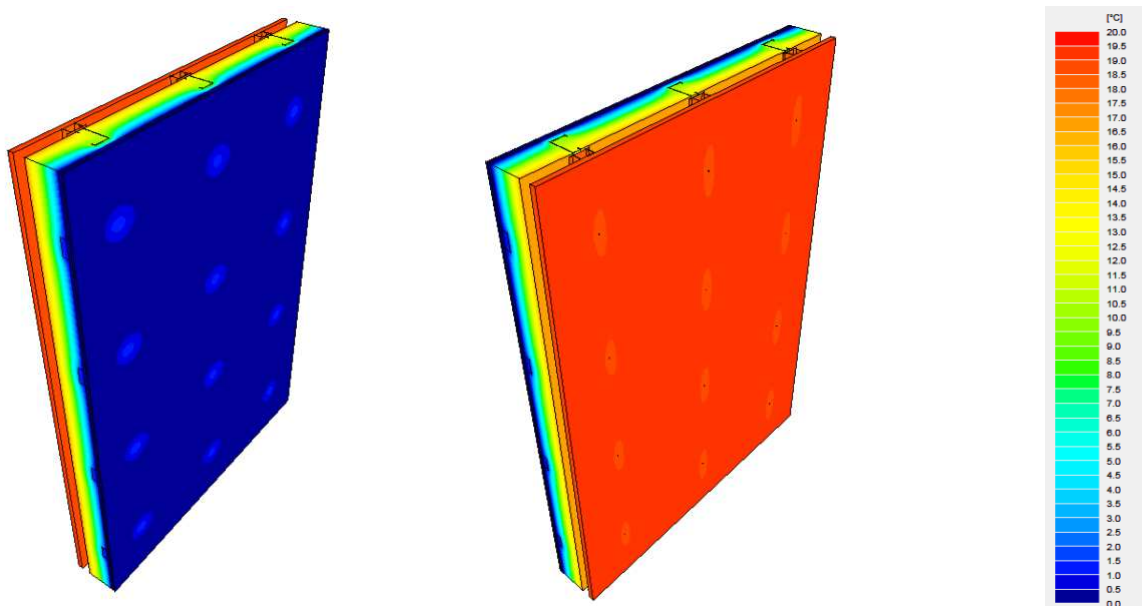


Fig. 6 : vue 3D des résultats de simulation de la paroi dans Trisco

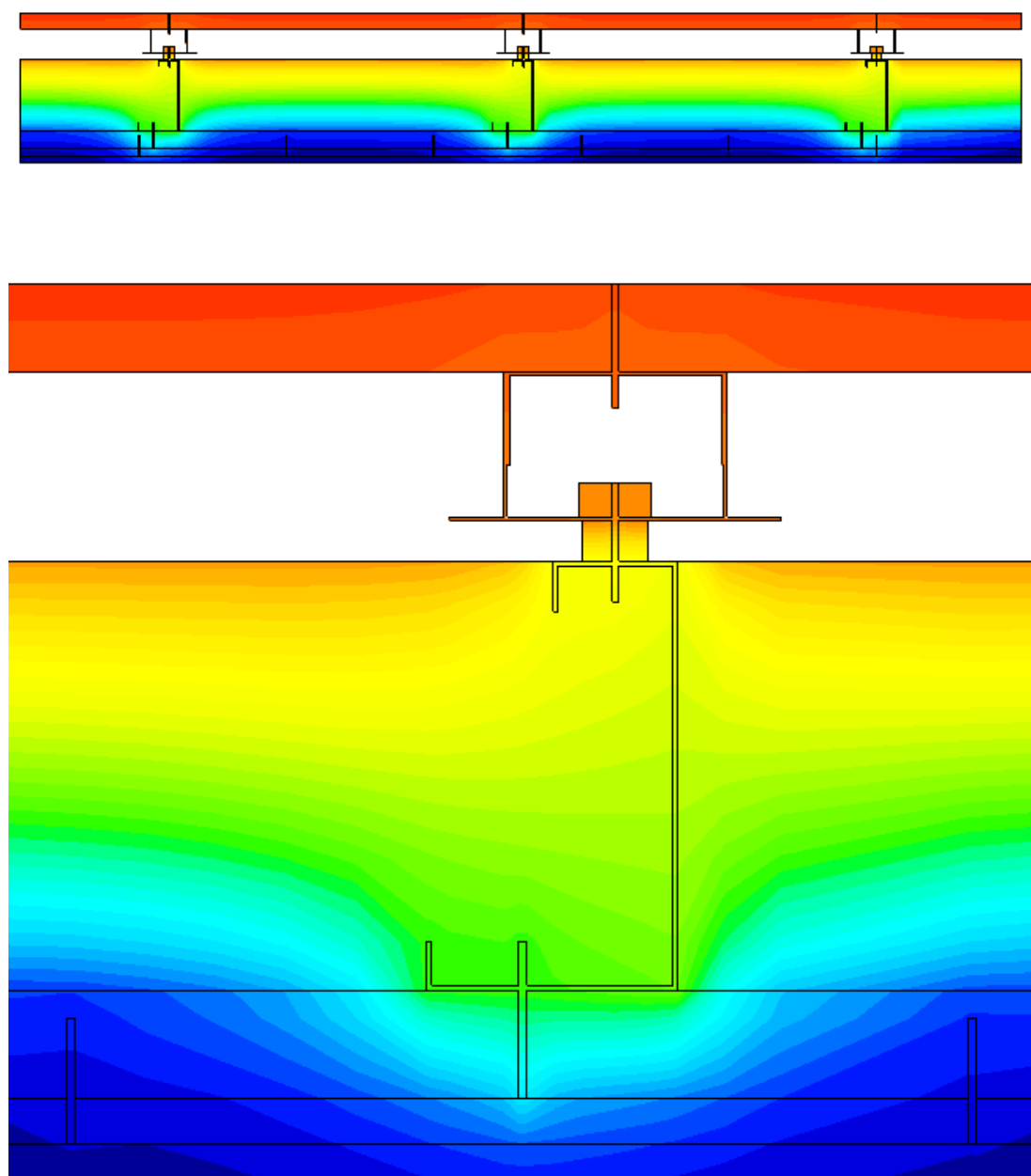


Fig. 7 : plan (d'ensemble et de détail) des résultats de la simulation de la paroi dans Trisco

2.3. Résultats numériques

Comme nous pouvons le constater dans l'image ci-dessous (encadré en bleu), extraite des résultats délivrés par Trisco, le flux entre l'intérieur et l'extérieur est de 25,19 W, pour une différence de température de 20°C, et une paroi de 4,21 m² de surface. Cela nous donne donc une valeur $U = 25,19 / (20 * 4,21) = 0,299 \text{ W/m}^2\text{K}$, au lieu des 0,27 W/m²K annoncés par le logiciel PEB. Nous pouvons penser que ce résultat est plus proche de la réalité, étant donné (comme dit précédemment) la mauvaise prise en compte de la structure métallique comme élément d'une couche composée dans la PEB.

TRISCO - Résultats de calcul

Fichier de données TRISCO: Réno2020_Molinay_façade.trc

Nombre de noeuds = 357778

Divergence de flux de chaleur pour l'objet total = 8.71977e-005

Divergence de flux de chaleur pour le noeud le plus défavorable = 0.509383

Clr.	Type	Nom	tmin [°C]	X	Y	Z	tmax [°C]	X	Y	Z
1	BC_SIMPL	intérieur	18.60	1	23	52	19.28	1	135	17
2	MATERIAL	isolant Knauf	0.30	21	135	11	16.82	10	8	140
3	MATERIAL	néoprène	12.54	10	127	89	17.60	7	128	90
4	MATERIAL	acier	0.42	22	103	88	18.61	1	126	87
5	BC_FRE_S	inside structur	17.19	7	24	52	18.27	4	23	0
6	BC_FRE_S	inside structur	17.20	7	76	53	18.27	4	76	0
7	BC_FRE_S	inside structur	17.19	7	125	52	18.28	4	126	0
8	MATERIAL	carton-plâtre	18.05	3	15	53	19.28	1	135	17
9	BC_FRE_S	inside structur	12.06	10	130	96	18.70	3	135	18
10	MATERIAL	bois	0.41	21	135	118	9.25	19	79	57
11	MATERIAL	aquapanel	0.18	22	135	11	4.33	21	17	53
12	MATERIAL	plâtre	0.11	23	135	11	2.31	22	125	52
13	BC_SIMPL	extérieur	0.11	23	135	11	1.36	23	125	52

Clr.	Type	Nom	ta [°C]	Fl.entr. [W]	Fl.sort. [W]
1	BC_SIMPL	intérieur		25.19	0.00
5	BC_FRE_S	inside structur	18.07	0.12	0.12
6	BC_FRE_S	inside structur	18.07	0.12	0.12
7	BC_FRE_S	inside structur	18.08	0.12	0.12
9	BC_FRE_S	inside structur	17.51	23.99	23.99
13	BC_SIMPL	extérieur		0.00	25.19

Fig. 8 : résultats numériques de la simulation de la façade dans Trisco

D'autres résultats qui nous intéressent sont les températures minimales atteintes en certains endroits de la paroi pour éviter la condensation superficielle (la question de la condensation interne sera traitée après grâce au logiciel Glasta).

Pour rappel, il importe d'atteindre un facteur de température de 0,7 afin de se prémunir du risque de dégradation par condensation.

La température minimale atteinte sur la surface intérieure de la paroi est de 18,6°C comme nous pouvons le voir dans les résultats ci-dessus (encadré de jaune), ce qui correspond à un facteur de température de $18,6 / (20 - 0) = 0,93$, suffisamment élevé pour éviter la condensation superficielle.

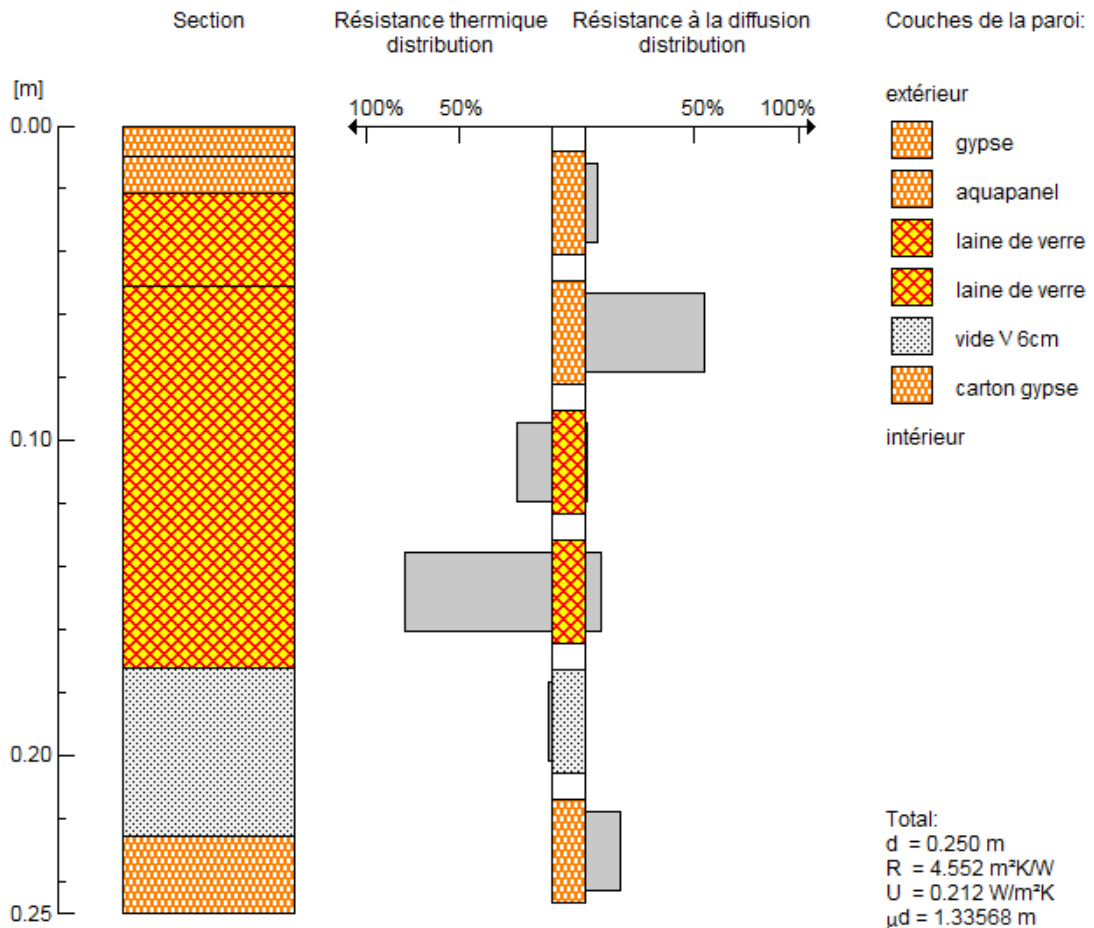
Le pare-vapeur prévu dans le complexe de paroi se situant contre l'isolant thermique, il importe que les températures dans le vide technique ne descendent pas, elles non plus, à un niveau trop bas, susceptible d'engendrer des condensats : ces températures (encadrées en vert ci-dessus) sont de 17,51 °C dans le plenum, et de 18,07°C dans les structures secondaires.

Notons toutefois que bien que le facteur de température soit un bon reflet de ce risque de condensation, il importe également de dépasser 14°C (ce qui correspond à 0,7 de facteur de température, mais uniquement pour un ΔT de 20°C) en toute circonstance. Dans le cas d'un ΔT de 30°C ($T_{int} = 20^\circ\text{C}$; $T_{ext} = -10^\circ\text{C}$), ces températures tombent respectivement à 17,89°C à la surface intérieure, 16,26°C dans le plenum et 17,11°C dans les structures secondaires. Aucun des facteurs de températures n'atteint 0,7, mais les températures sont toutes supérieures à 14°C (température à laquelle de l'air à 20°C et 60% d'HR commence à condenser).

3. Glasta

3.1. Sans pare-vapeur

Comme indiqué précédemment, nous avons également analysé la paroi du point de vue du transfert de la vapeur d'eau. Voici la composition sans pare-vapeur :



Nom du côté 1: extérieur $h1 \text{ [W/m}^2\text{K]}: 25.0000$ $\mu d-1 \text{ [m]}: 0.0014$

No.	Nom	d [m]	$\lambda \text{ [W/mK]}$	R [m ² K/W]	$\mu \text{ [-]}$	$\mu d \text{ [m]}$
1	gypse	0.0100	0.500	0.0200	10.0	0.1000
2	aquapanel	0.0125	0.350	0.0357	66.0	0.8250
3	laine de verre	0.0300	0.035	0.8571	1.0	0.0300
4	laine de verre	0.1200	0.035	3.4286	1.0	0.1200
5	vide V 6cm	0.0530	0.330	0.1606	0.0	0.0009
6	carton gypse	0.0250	0.500	0.0500	10.0	0.2500

Total $d = 0.2505 \text{ m}$ $U = 0.212 \text{ W/m}^2\text{K}$ $R = 4.552 \text{ m}^2\text{K/W}$ $\mu d = 1.3357 \text{ m}$

Fig. 9 : composition de la façade simulée dans Glasta – sans pare-vapeur

Il s'agit ici de la composition « sans pare-vapeur ». Nous pouvons d'ores et déjà constater que la résistance à la diffusion de vapeur d'eau se trouve principalement du côté extérieur ; de la condensation peut donc se manifester à l'intérieur de la paroi. La confirmation suit :

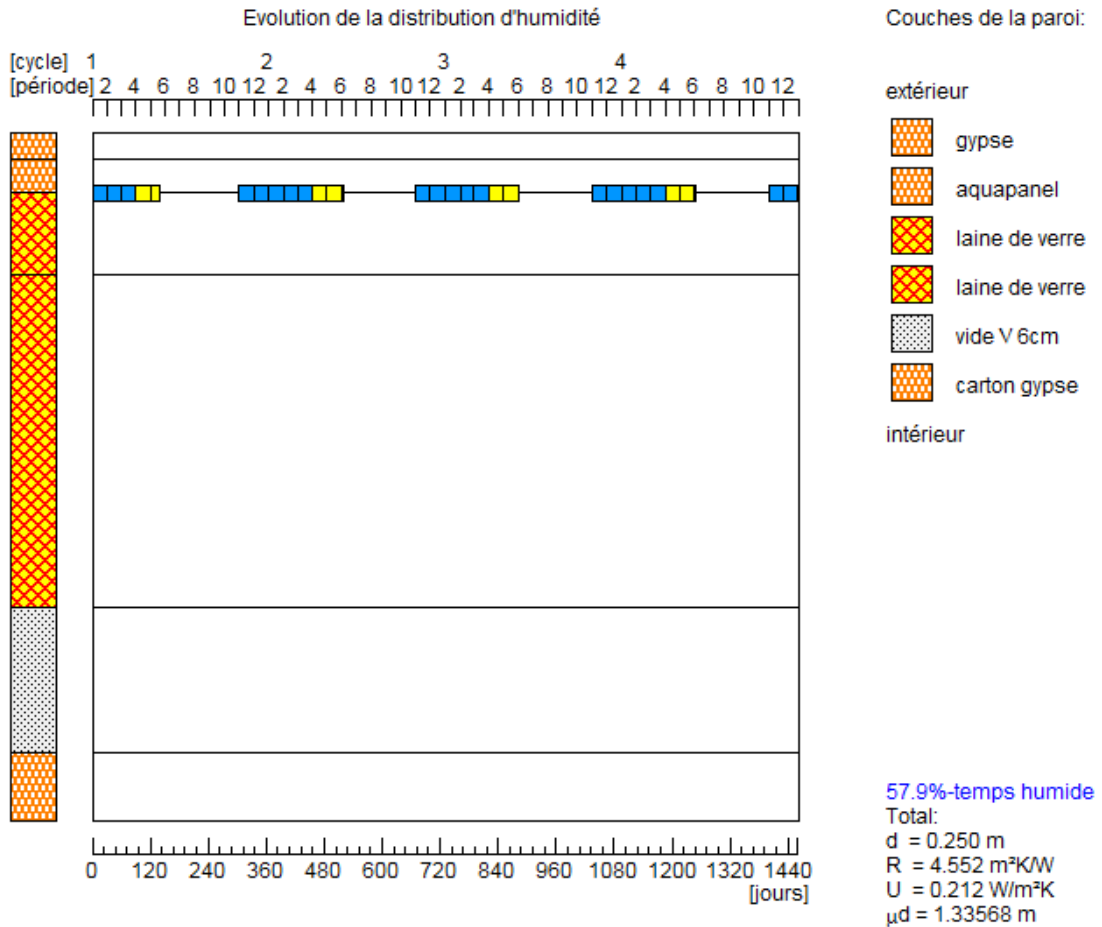


Fig. 10 : évolution (et distribution) de l'humidité dans la paroi simulée dans Glasta – sans pare-vapeur

Il s'agit bien de l'Aquapanel (l'élément qui possède, dans cette composition, la résistance à la diffusion de la vapeur d'eau la plus élevée) qui retient l'humidité. On peut voir que le séchage est complet d'année en année, ce qui est en soi un bon présage, mais il reste que la paroi est humide pendant presque 60% du temps. La figure suivante (Fig. 11 ci-dessous) nous délivre les résultats de l'évolution de la teneur en humidité (la quantité de condensats), plus inquiétants : la limite C (soit une quantité de condensats de 0,5 kg/m², limite maximale pour tout type de matériaux) est dépassée. Il est donc nécessaire de réaliser une autre simulation, avec un pare-vapeur.

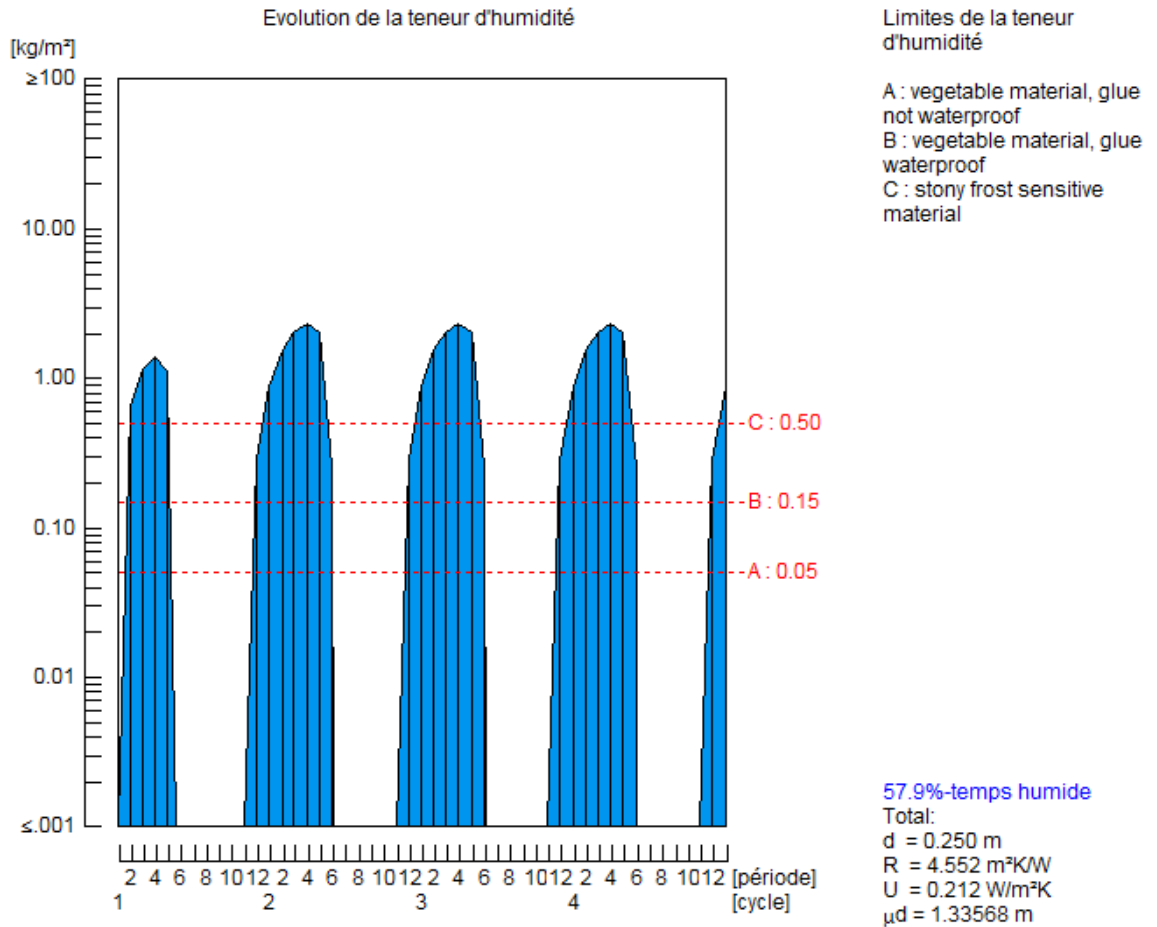


Fig. 11 : évolution de la teneur d'humidité dans la paroi simulée dans Glasta – sans pare-vapeur

3.2. Avec pare-vapeur

Composition rentrée dans le logiciel :

Nom du côté 1: extérieur h_1 [W/m²K]: 25.0000 $\mu d-1$ [m]: 0.0014

No.	Nom	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	μ [-]	μd [m]
1	gypse	0.0100	0.500	0.0200	10.0	0.1000
2	aquapanel	0.0125	0.350	0.0357	66.0	0.8250
3	laine de verre	0.0300	0.035	0.8571	1.0	0.0300
4	laine de verre	0.1200	0.035	3.4286	1.0	0.1200
5	FV	0.0020	0.200	0.0100	2500.0	5.0000
6	vide V 6cm	0.0530	0.330	0.1606	0.0	0.0009
7	carton gypse	0.0250	0.500	0.0500	10.0	0.2500

Total $d = 0.2525$ m $U = 0.211$ W/m²K $R = 4.562$ m²K/W $\mu d = 6.3357$ m

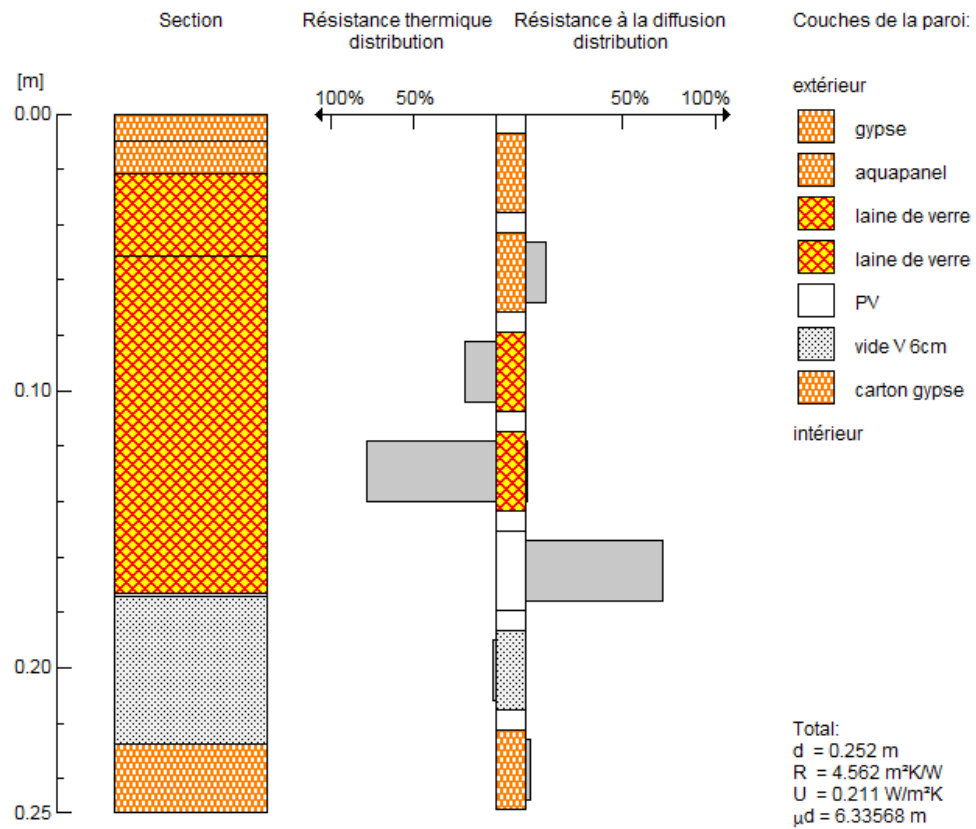


Fig. 12 : composition de la façade simulée dans Glasta – avec pare-vapeur

La résistance à la diffusion de vapeur d'eau apportée par le pare-vapeur est bien supérieure à celle de l'Aquapanel, voilà qui devrait résoudre le problème :

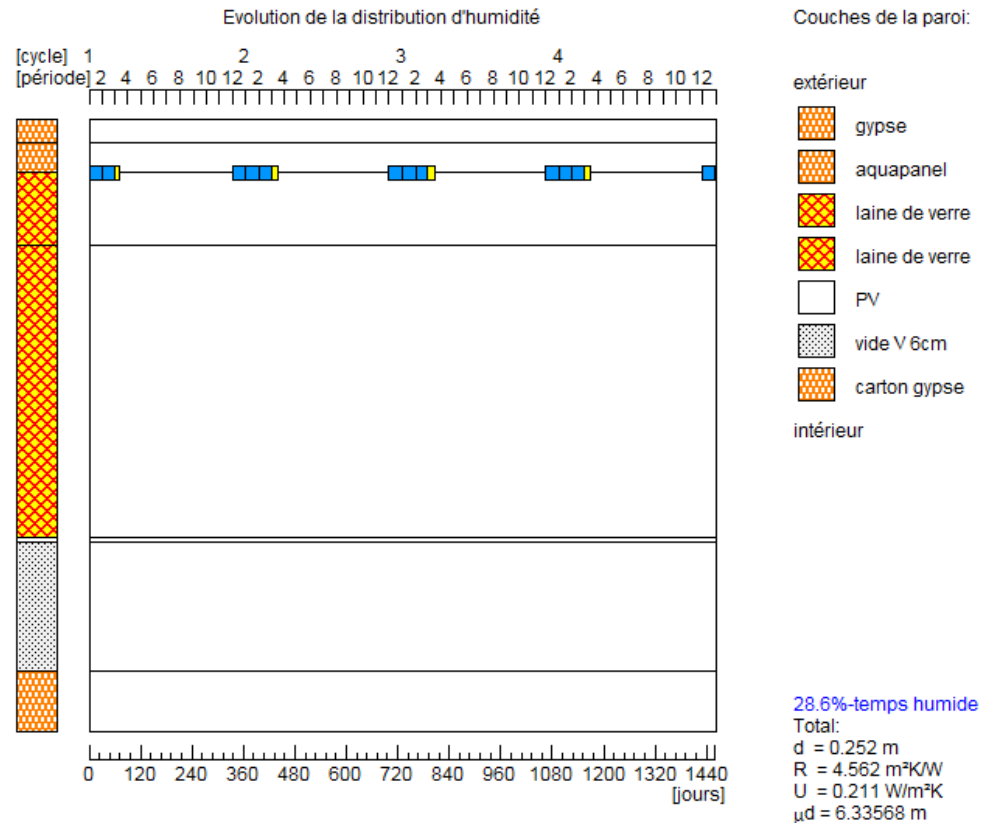


Fig. 13 : évolution (et distribution) de l'humidité dans la paroi simulée dans Glasta – avec pare-vapeur

Le temps d'humidité de la paroi diminue (moins de 30%), vérifions qu'il en va de même avec la quantité de condensats :

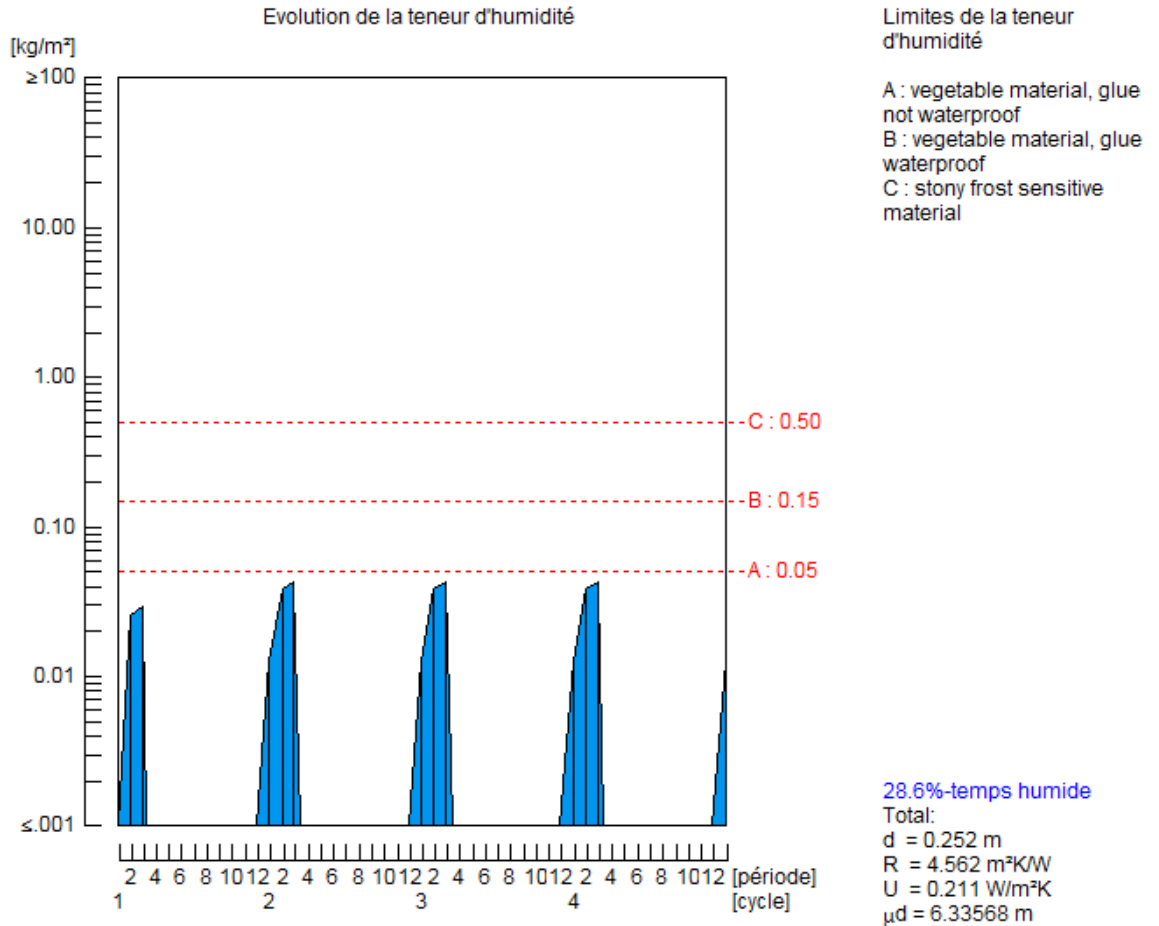


Fig. 14 : évolution de la teneur d'humidité dans la paroi simulée dans Glasta – avec pare-vapeur

Le pare-vapeur est nécessaire ; une valeur μd de 5 m est, on le voit, suffisante pour limiter la quantité de condensats sous la limite A, mais une valeur de résistance supérieure est toujours envisageable.