

Conceptions drainantes des feuillures à verre pour fenêtres bois (suite)

Menuiseries extérieures

Didier FILLIT
Octobre 2020

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

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	3
1.1 Contexte.....	3
1.2 Objectifs de l'étude.....	3
2. VALIDATION NOUVEAU PROTOCOLE D'ESSAIS D'EVALUATION DES DRAINAGES RAPIDES	4
2.1 Principe.....	4
2.2 Protocole d'essais et échantillonnage.....	5
2.3 Résultats.....	5
2.4 Exploitation des résultats.....	9
2.5 Proposition de modification de la norme XP P 20-650-2.....	12
3. NOUVELLES SOLUTIONS STANDARDS DE DRAINAGES RAPIDES	12
3.1 Etat des lieux.....	12
3.2 Proposition de modification de la norme XP P 20-650-2.....	13
4. DRAINAGES AVEC EQUILIBRAGE DES PRESSIONS HORS TRAVERSE BASSE	16
4.1 Etat des lieux.....	16
4.2 Approche par calculs.....	17
4.3 Approche par essais.....	19
5. PROFILES D'ETANCHEITE TRAVAILLANT PAR REACTION MECANIQUE	25
5.1 Types de drainages compatibles actuellement.....	25
5.2 Nouvelles exigences pour nouvelles compatibilités de drainage.....	25
5.3 Protocole de validation de l'étanchéité à l'angle montant / traverse.....	26
6. NOUVELLE SOLUTION DE DRAINAGE VITRAGE AVEC PROFILES D'ETANCHEITE TRAVAILLANT PAR REACTION MECANIQUE	31
6.1 Principe.....	31
6.2 Proposition de modification de la norme XP P20-650-2.....	31
7. CONCLUSION GENERALE	36
8. ANNEXES, propositions détaillées pour modification de la norme XP P20-650-2	37
8.1 Protocole d'essais – Recherche d'équivalence au drainage rapide.....	37
8.2 Drainages rapides.....	42
8.3 Protocole d'essais – Etanchéité à l'eau aux angles montant / traverse des profilés d'étanchéité vitrage travaillant par réaction mécanique.....	48
9. REMERCIEMENTS	50

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte

La présente étude porte sur l'efficacité des drainages des feuillures à verre des fenêtres bois.

Elle est réalisée en parallèle de la révision des normes françaises XP P 20-650-1 et -2 de janvier 2009 « Fenêtres, portes-fenêtres, châssis fixes et ensembles menuisés – Pose de vitrage minéral en atelier – Partie 1 : Spécifications communes à tous les matériaux et Partie 2 : Exigences et méthodes d'essais spécifiques au bois ».

La normalisation française prévoit deux grandes familles de drainages pour les fenêtres bois : les drainages « classiques » et les drainages « rapides ». La mise en œuvre de certains produits de calfeutrement de vitrage implique selon la norme XP P 20-650-2 la mise en place d'un drainage rapide. Ce drainage rapide de référence est défini dans la norme de façon très précise et toute autre solution de drainage rapide doit être validée par essai selon l'annexe C2.

Au cours d'une première étude CODIFAB sur l'évaluation des drainages, nous avons mis en avant la difficulté de discrimination des solutions de drainage selon cet essai actuel de l'annexe C2 de la norme XP P20-650-2. Cette première étude a permis de proposer un protocole d'essai plus discriminant avec une ventilation forcée durant le cycle d'essais.

Par ailleurs, il existe une demande récurrente de la part des professionnels de la menuiserie extérieure pour qu'il existe d'autres solutions de drainages que celles prévues par la norme :

- ✓ Le drainage « classique » est perçu comme simple à mettre en œuvre mais trop restreint dans les choix des calfeutlements vitrage compatibles,
- ✓ Le drainage « rapide » est perçu comme compliqué à mettre en œuvre mais compatible avec tous les systèmes de calfeutlements vitrage.

1.2 Objectifs de l'étude

L'étude a pour but dans le cadre de la révision des normes françaises XP P 20-650-1 et -2 et pour les fenêtres bois :

- de consolider les résultats de la première étude et de proposer un protocole définitif pour l'évaluation des drainages rapides afin de remplacer celui de l'actuelle annexe C2 de la norme XP P 20-650-2,
- de proposer des nouvelles solutions standards de drainages rapides plus simples à mettre en œuvre,
- de proposer un système de drainage supplémentaire, plus simple que le drainage « rapide » mais compatible avec un plus grand nombre de calfeutlements vitrage que le simple drainage « classique », compatible notamment avec des calfeutlements assurant l'étanchéité à l'eau par réaction mécanique sous réserve que ceux-ci soient conformes à un cahier des charges spécifique à définir.

2. VALIDATION NOUVEAU PROTOCOLE D'ESSAIS D'ÉVALUATION DES DRAINAGES RAPIDES

2.1 Principe

On réalise les essais sur la base du protocole proposé dans la première étude CODIFAB sur l'évaluation des drainages.

Le protocole complet est détaillé en annexe « Protocole d'essais – Recherche d'équivalence au drainage rapide ».

Pour valider l'efficacité du protocole, on compare le drainage « classique » et le drainage « rapide » définis dans les normes XP P20-650-1 et -2. On arrose avec de l'eau, de manière cyclique, des échantillons représentant le drainage rapide de référence et des échantillons de drainage classique. On mesure le taux d'humidité du bois constituant le fond de la feuillure à l'état initial et à la fin des cycles d'arrosage/séchage du protocole. Les 2 types de drainages étant significativement différents, le protocole pour être validé doit conduire à des reprises d'humidité significativement différentes entre les 2 types de drainages.

Concernant les échantillons, l'influence de l'imprégnabilité du bois utilisé restait à évaluer. Ainsi il a été réalisé des essais sur 2 configurations :

- Configuration 1 avec un bois peu ou non imprégnable le MOABI (classe 3-4 d'imprégnabilité selon NF EN 350-2)
- Configuration 2 avec un bois imprégnable le TAUARI (classe 1 d'imprégnabilité selon NF EN 350-2)

Par ailleurs les systèmes de drainages doivent être efficaces quelles que soient les conditions de pression d'air (pour permettre la bonne évacuation de l'eau dans toutes les conditions le système de drainage doit aussi assurer l'équilibrage de pression de la feuillure à verre). Ainsi il a été réalisé des essais dans une troisième configuration :

- Configuration 3 idem configuration 2 mais en réalisant la phase d'arrosage sous une pression d'air statique de 50 Pa.

2.2 Protocole d'essais et échantillonnage

Configuration 1	
10 traverses empilées avec drainage « rapide »	10 traverses empilées avec drainages « classiques »
Bois peu ou non imprégnable MOABI	Bois peu ou non imprégnable MOABI
Carrelets LCA	
5 Cycles (5 jours), chaque cycle correspondant à : <ul style="list-style-type: none"> - Arrosage 3 h (sous pression d'air statique nulle) <ul style="list-style-type: none"> - Arrêt de l'arrosage pendant 2 heures - Mesures de l'humidité des traverses - 19 heures de séchage avec ventilation 	

Configuration 2	
10 traverses empilées avec drainage « rapide »	10 traverses empilées avec drainages « classiques »
Bois imprégnable TAUARI	Bois imprégnable TAUARI
Carrelets LCA	
5 Cycles (5 jours), chaque cycle correspondant à : <ul style="list-style-type: none"> - Arrosage 3 h (sous pression d'air statique nulle) <ul style="list-style-type: none"> - Arrêt de l'arrosage pendant 2 heures - Mesures de l'humidité des traverses - 19 heures de séchage avec ventilation 	

Configuration 3	
10 traverses empilées avec drainage « rapide »	10 traverses empilées avec drainages « classiques »
Bois imprégnable TAUARI	Bois imprégnable TAUARI
Carrelets LCA	
5 Cycles (5 jours), chaque cycle correspondant à : <ul style="list-style-type: none"> - Arrosage 3 h (sous pression d'air statique de 50 Pa) <ul style="list-style-type: none"> - Arrêt de l'arrosage pendant 2 heures - Mesures de l'humidité des traverses - 19 heures de séchage avec ventilation 	

2.3 Résultats

2.3.1 Configuration 1 : MOABI (arrosage sous pression d'air statique nulle)

Humidité du bois % (au pourcentage près)								
Jour J : Humidité initiale (pas de conditionnement initial des échantillons)								
	Drainage classique				Drainage rapide			
	Sonde 1	Sonde 2	Sonde 3	Sonde 4	Sonde 1	Sonde 2	Sonde 3	Sonde 4
Traverse 1	9	9	10	10	5	5	5	6
Traverse 2	8	8	8	9	6	5	5	5
Traverse 3	9	9	8	8	5	5	5	6
Traverse 4	7	6	8	9	6	4	4	6
Traverse 5	9	7	7	8	7	6	6	7
Traverse 6	8	8	8	8	4	5	5	5
Traverse 7	8	8	8	8	6	4	5	6
Traverse 8	8	10	10	10	5	5	4	4
Traverse 9								
Traverse 10								
Humidité moyenne	8,38				5,22			
Humidité après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	9	9	10	10	6	6	6	6
Traverse 2	8	8	9	9	7	6	6	6
Traverse 3	10	9	8	8	6	6	6	7
Traverse 4	8	7	8	10	6	7	6	7
Traverse 5	9	7	8	8	8	7	6	8
Traverse 6	8	8	8	10	5	6	6	5
Traverse 7	9	8	8	9	6	6	6	6
Traverse 8	8	10	10	11	6	5	5	6
Traverse 9								
Traverse 10								
Après les relevés d'humidité, 19 heures de séchage avec ventilation								
J + 1 : Humidité après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	11	10	12	12	6	6	6	6
Traverse 2	11	9	12	11	7	6	6	5
Traverse 3	12	10	10	11	6	6	6	8
Traverse 4	8	10	10	11	7	6	6	7
Traverse 5	9	9	9	10	9	7	6	8
Traverse 6	9	10	9	12	5	6	5	6
Traverse 7	10	10	13	11	6	6	5	6
Traverse 8	11	12	13	13	6	5	5	5
Traverse 9								
Traverse 10								
Après les relevés d'humidité, 19 heures de séchage avec ventilation								
J + 2 : Humidité après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	13	11	14	12	7	6	7	6
Traverse 2	11	10	13	12	7	5	6	6
Traverse 3	13	11	11	12	7	5	6	7
Traverse 4	10	9	9	12	7	5	6	8
Traverse 5	10	9	10	10	10	7	7	8
Traverse 6	11	11	11	12	6	7	6	6
Traverse 7	10	10	14	12	6	5	6	6
Traverse 8	11	12	14	14	7	5	5	6
Traverse 9								
Traverse 10								
Après les relevés d'humidité, 19 heures de séchage avec ventilation								
J + 3 : Humidité après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	13	12	14	12	6	5	7	6
Traverse 2	10	10	13	12	7	5	6	6
Traverse 3	13	11	11	11	7	6	6	7
Traverse 4	10	8	10	11	7	6	6	7
Traverse 5	10	9	9	10	9	7	6	8
Traverse 6	10	10	10	12	6	7	7	6
Traverse 7	10	10	13	12	6	5	6	7
Traverse 8	11	12	14	14	8	5	5	5
Traverse 9								
Traverse 10								
Après les relevés d'humidité, 19 heures de séchage avec ventilation								
J + 4 : Humidité finale après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	13	13	14	12	6	5	6	4
Traverse 2	9	10	13	12	7	4	6	5
Traverse 3	13	11	11	10	6	4	4	7
Traverse 4	10	8	10	11	7	5	5	7
Traverse 5	10	9	9	10	9	7	6	8
Traverse 6	10	9	10	12	5	7	6	6
Traverse 7	10	10	13	13	6	5	6	7
Traverse 8	11	12	15	15	8	5	5	5
Traverse 9								
Traverse 10								
Humidité moyenne	11,19				5,91			
Reprise d'humidité moyenne								
	2,81				0,69			
Ecart de reprise d'humidité entre les 2 systèmes : $2,81 - 0,69 = 2,12$ Facteur de comparaison des moyennes de reprise d'humidité : $E = 7,61$ (voir formule de E en annexe « Protocole d'essais - Détermination de l'efficacité d'un drainage rapide »)								

2.3.2 Configuration 2 : TAUARI (arrosage sous pression d'air statique nulle)

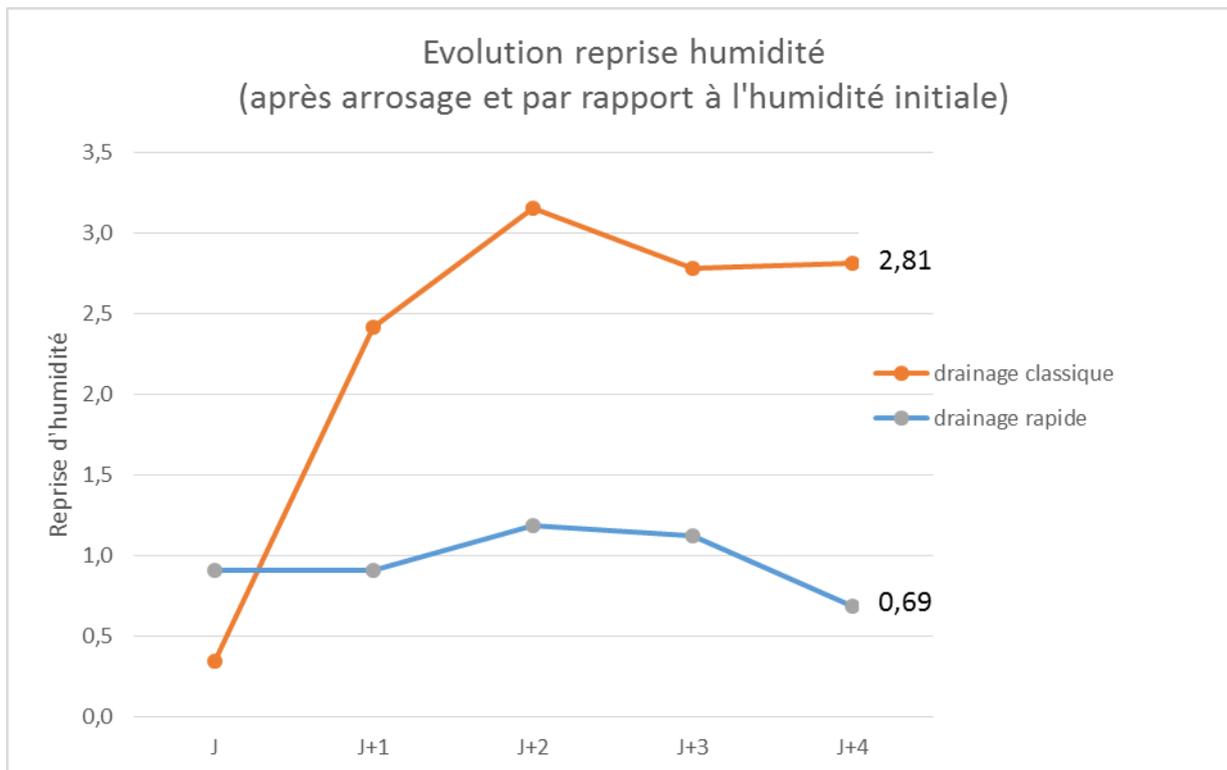
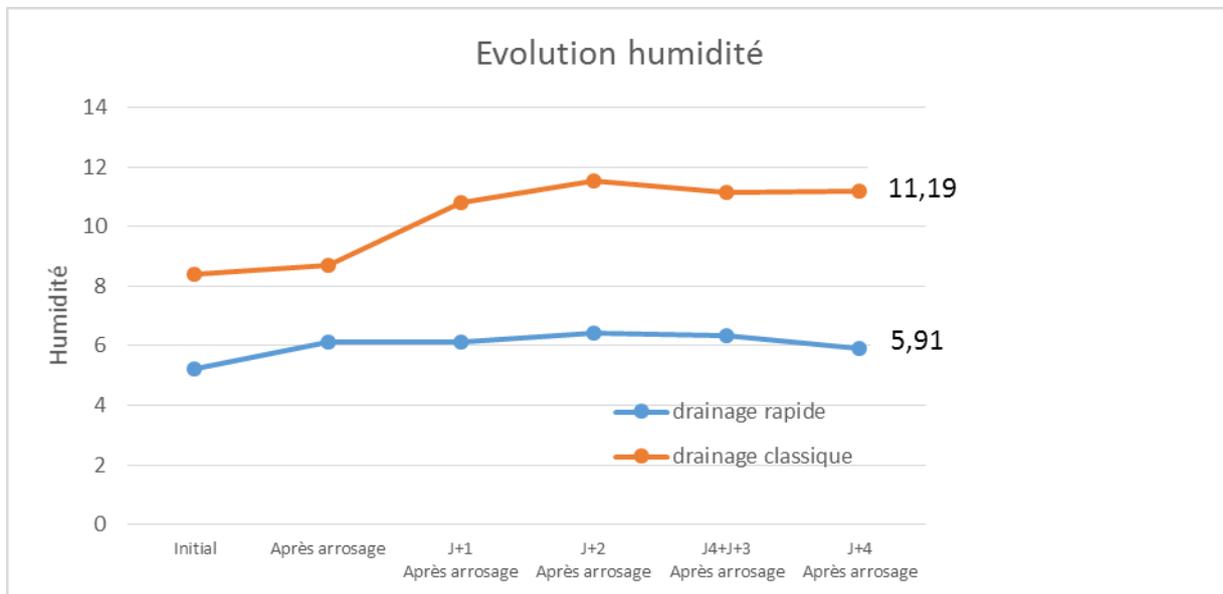
Humidité du bois % (au pourcentage près)								
Jour J : Humidité initiale (pas de conditionnement initial des échantillons)								
	Drainage classique				Drainage rapide			
	Sonde 1	Sonde 2	Sonde 3	Sonde 4	Sonde 1	Sonde 2	Sonde 3	Sonde 4
Traverse 1	7	7	7	7	7	6	6	6
Traverse 2	7	6	7	7	7	7	8	7
Traverse 3	6	7	7	6	6	7	7	6
Traverse 4	7	7	7	7	8	8	7	8
Traverse 5	6	6	8	8	8	8	8	8
Traverse 6	7	7	7	6	8	8	8	8
Traverse 7	8	7	8	7	8	8	8	8
Traverse 8	7	7	7	7	8	7	8	8
Traverse 9	7	6	7	8	8	8	8	7
Traverse 10								
Humidité moyenne	6,94				7,47			
Humidité après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	10	6	7	7	7	6	6	6
Traverse 2	7	6	11	7	7	7	8	8
Traverse 3	6	7	8	6	8	6	7	7
Traverse 4	7	9	7	8	8	8	7	7
Traverse 5	10	6	12	11	8	8	8	8
Traverse 6	7	7	7	6	8	8	8	8
Traverse 7	11	7	8	7	8	8	8	8
Traverse 8	7	7	7	7	8	6	8	8
Traverse 9	6	6	8	7	8	8	7	7
Traverse 10								
Après les relevés d'humidité, 19 heures de séchage avec ventilation								
J + 1 : Humidité après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	11	8	10	12	8	10	7	7
Traverse 2	9	7	10	10	8	10	11	9
Traverse 3	7	7	7	8	7	8	9	9
Traverse 4	8	8	8	10	9	8	8	8
Traverse 5	8	6	12	11	8	9	8	10
Traverse 6	8	7	8	8	8	8	9	9
Traverse 7	12	9	10	9	9	10	9	10
Traverse 8	8	9	9	9	8	8	11	9
Traverse 9	8	8	9	10	10	8	8	8
Traverse 10								
Après les relevés d'humidité, 19 heures de séchage avec ventilation								
J + 2 : Humidité après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	15	11	13	16	10	11	10	8
Traverse 2	10	9	12	12	10	11	12	10
Traverse 3	8	7	8	9	8	9	10	10
Traverse 4	9	9	9	10	10	10	9	9
Traverse 5	8	7	12	13	9	11	10	11
Traverse 6	8	8	9	9	9	8	9	10
Traverse 7	14	11	11	10	9	13	10	9
Traverse 8	10	12	11	10	8	10	12	10
Traverse 9	9	9	10	11	11	10	10	10
Traverse 10								
Après les relevés d'humidité, 19 heures de séchage avec ventilation								
J + 3 : Humidité après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	17	12	15	20	11	12	10	10
Traverse 2	12	10	13	14	11	13	13	10
Traverse 3	8	7	10	10	9	10	11	11
Traverse 4	9	9	10	11	11	11	10	9
Traverse 5	8	8	12	13	9	12	10	12
Traverse 6	9	8	10	10	10	8	9	11
Traverse 7	15	11	13	11	9	14	11	10
Traverse 8	11	13	12	13	9	12	14	11
Traverse 9	12	10	12	12	12	11	10	11
Traverse 10								
Après les relevés d'humidité, 19 heures de séchage avec ventilation								
J + 4 : Humidité finale après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	18	13	16	22	11	13	10	10
Traverse 2	13	12	13	15	12	13	14	10
Traverse 3	8	8	10	12	9	11	11	12
Traverse 4	9	10	10	11	11	11	10	9
Traverse 5	9	8	12	13	10	12	10	12
Traverse 6	9	8	9	10	11	8	9	10
Traverse 7	16	12	12	12	10	15	12	10
Traverse 8	12	13	13	14	10	12	16	12
Traverse 9	13	11	12	14	12	11	11	11
Traverse 10								
Humidité moyenne	12,00				11,14			
Reprise d'humidité moyenne								
	5,06				3,67			
Ecart de reprise d'humidité entre les 2 systèmes : $5,06 - 3,67 = 1,39$ Facteur de comparaison des moyennes de reprise d'humidité : $E = 2,53$ (voir formule de E en annexe « Protocole d'essais - Détermination de l'efficacité d'un drainage rapide »)								

2.3.3 Configuration 3 : TAUARI (arrosage sous pression d'air statique de 50 Pa)

Humidité du bois % (au pourcentage près)								
Jour J : Humidité initiale (conditionnement initial des échantillons à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % d'humidité relative)								
	Drainage classique				Drainage rapide			
	Sonde 1	Sonde 2	Sonde 3	Sonde 4	Sonde 1	Sonde 2	Sonde 3	Sonde 4
Traverse 1	11	10	10	10	10	10	9	9
Traverse 2	10	9	10	10	11	10	11	9
Traverse 3	9	9	11	9	10	10	10	10
Traverse 4	10	9	10	10	11	10	10	10
Traverse 5	9	8	11	11	10	10	10	10
Traverse 6	10	9	10	9	11	12	11	11
Traverse 7	11	10	11	9	10	11	10	10
Traverse 8	11	11	10	10	10	9	12	11
Traverse 9	10	9	11	11	11	10	10	10
Traverse 10								
Humidité moyenne	9,94				10,25			
Humidité après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	12	10	12	14	10	10	9	10
Traverse 2	10	10	10	11	11	11	12	12
Traverse 3	9	10	14	10	10	10	11	11
Traverse 4	11	9	10	11	11	10	10	11
Traverse 5	9	8	19	29	10	11	11	14
Traverse 6	10	9	10	10	12	14	12	12
Traverse 7	17	10	11	36	10	14	11	10
Traverse 8	11	15	10	20	13	10	12	13
Traverse 9	10	9	11	15	11	10	10	10
Traverse 10								
Après les relevés d'humidité, 19 heures de séchage avec ventilation								
J + 1 : Humidité après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	13	11	12	16	12	12	10	10
Traverse 2	11	10	11	13	14	13	16	16
Traverse 3	10	10	12	12	10	12	12	12
Traverse 4	13	10	11	12	11	11	12	11
Traverse 5	11	9	19	27	11	11	11	17
Traverse 6	11	11	13	13	14	14	16	14
Traverse 7	17	12	14	32	10	17	12	12
Traverse 8	12	15	13	20	13	11	18	16
Traverse 9	11	11	13	13	12	12	11	11
Traverse 10								
Après les relevés d'humidité, 19 heures de séchage avec ventilation								
J + 2 : Humidité après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	15	12	13	16	12	12	10	11
Traverse 2	12	11	12	14	15	14	16	15
Traverse 3	10	10	12	13	10	13	12	13
Traverse 4	13	11	12	13	12	11	11	11
Traverse 5	12	10	20	25	11	12	12	17
Traverse 6	12	12	14	14	14	16	16	14
Traverse 7	22	14	12	35	11	17	13	14
Traverse 8	14	18	14	15	14	13	18	16
Traverse 9	13	12	14	15	15	13	13	13
Traverse 10								
Après les relevés d'humidité, 19 heures de séchage avec ventilation								
J + 3 : Humidité après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	16	13	13	16	13	12	10	11
Traverse 2	12	12	12	14	16	13	17	15
Traverse 3	10	10	12	14	11	11	12	13
Traverse 4	14	11	12	13	12	11	11	11
Traverse 5	13	10	22	30	11	12	12	18
Traverse 6	13	13	16	15	14	16	16	15
Traverse 7	26	15	18	23	12	18	14	14
Traverse 8	16	20	17	20	15	13	19	17
Traverse 9	15	13	14	18	15	14	13	13
Traverse 10								
Après les relevés d'humidité, 19 heures de séchage avec ventilation								
J + 4 : Humidité finale après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	17	14	13	17	13	12	10	11
Traverse 2	13	12	12	15	18	14	16	16
Traverse 3	10	11	12	14	11	11	12	14
Traverse 4	14	12	12	14	12	11	11	11
Traverse 5	14	11	23	26	11	12	12	17
Traverse 6	15	14	17	15	16	16	16	16
Traverse 7	28	17	20	29	13	18	15	15
Traverse 8	19	24	19	23	16	14	20	18
Traverse 9	16	14	15	28	15	15	14	14
Traverse 10								
Humidité moyenne	16,64				14,06			
Reprise d'humidité moyenne								
	6,70				3,81			
Ecart de reprise d'humidité entre les 2 systèmes : $6,70 - 3,81 = 2,89$ Facteur de comparaison des moyennes de reprise d'humidité : $E = 3,30$ (voir formule de E en annexe « Protocole d'essais - Détermination de l'efficacité d'un drainage rapide »)								

2.4 Exploitation des résultats

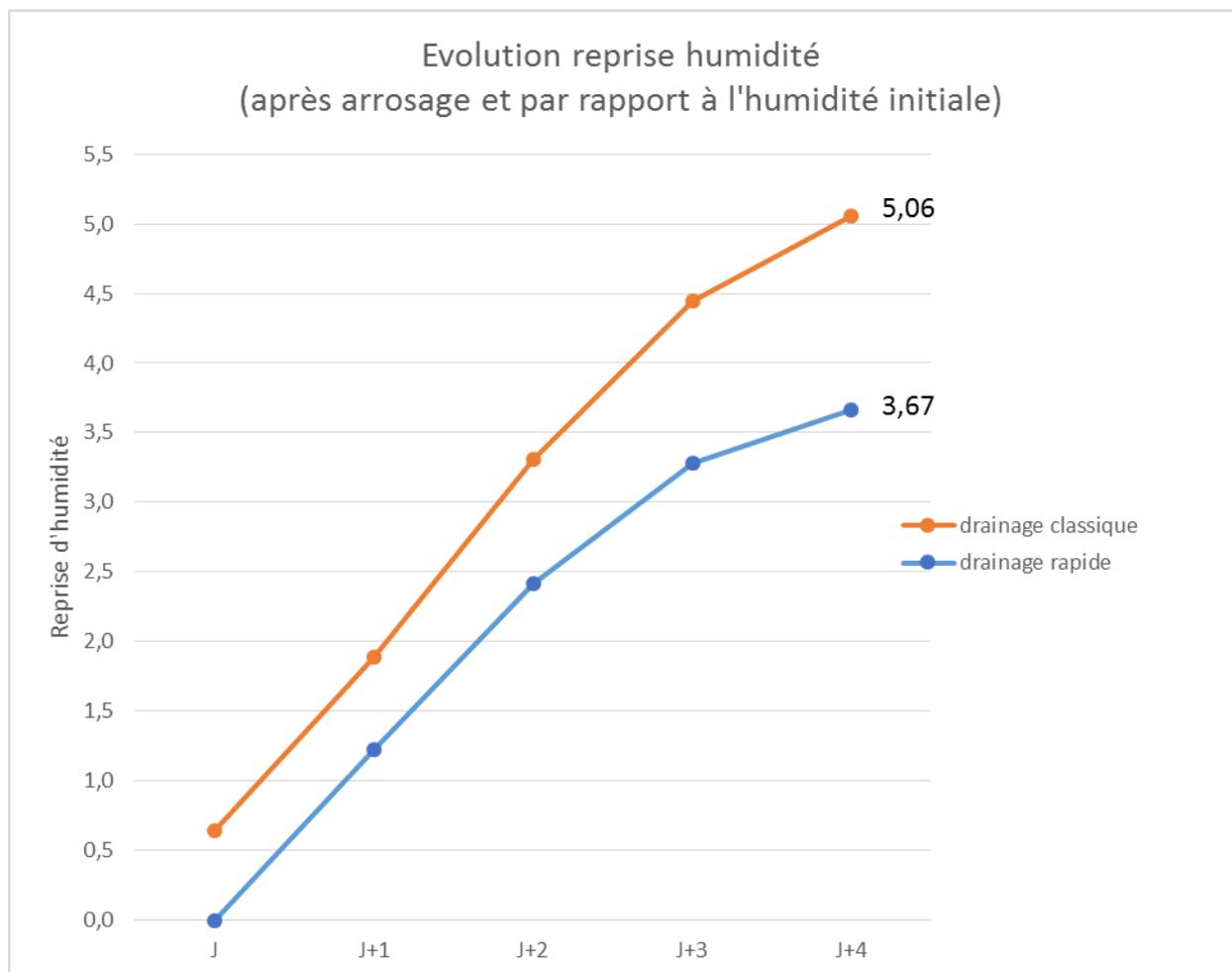
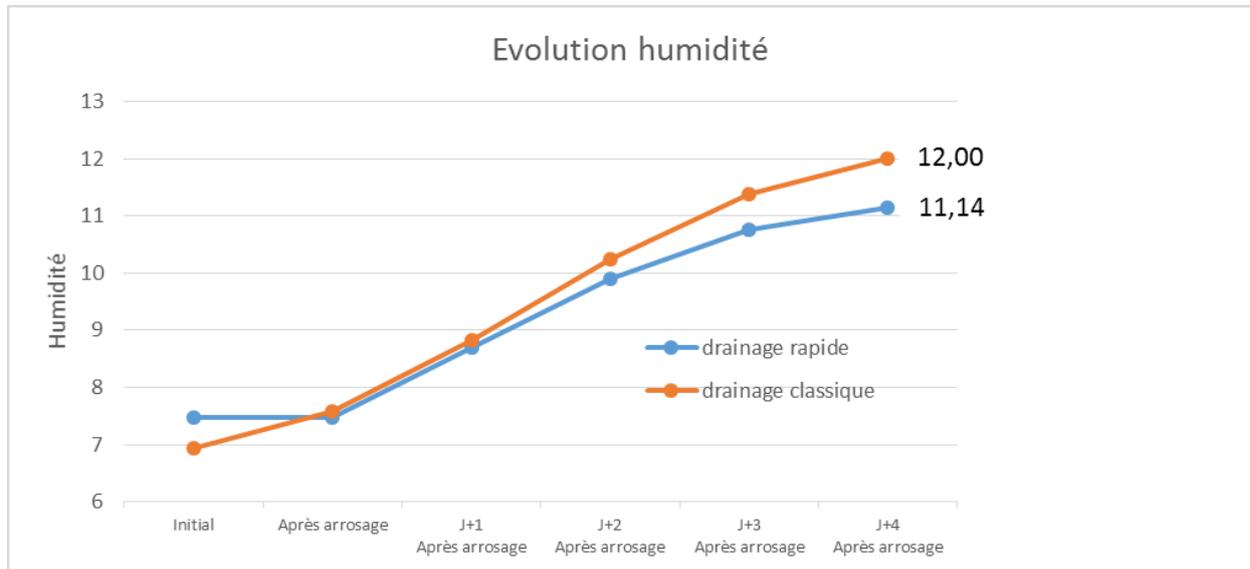
2.4.1 Configuration 1 : MOABI (arrosage sous pression d'air statique nulle)



Moyenne de la prise d'humidité du bois pour chaque type de drainage
Ecart en fin d'essais entre les 2 types de drainage : 2,125

E = 7,61 (facteur de comparaison des moyennes de reprise d'humidité en tenant compte des écarts types de chaque relevé, voir formule en annexe « Protocole d'essais - Détermination de l'efficacité d'un drainage rapide »)

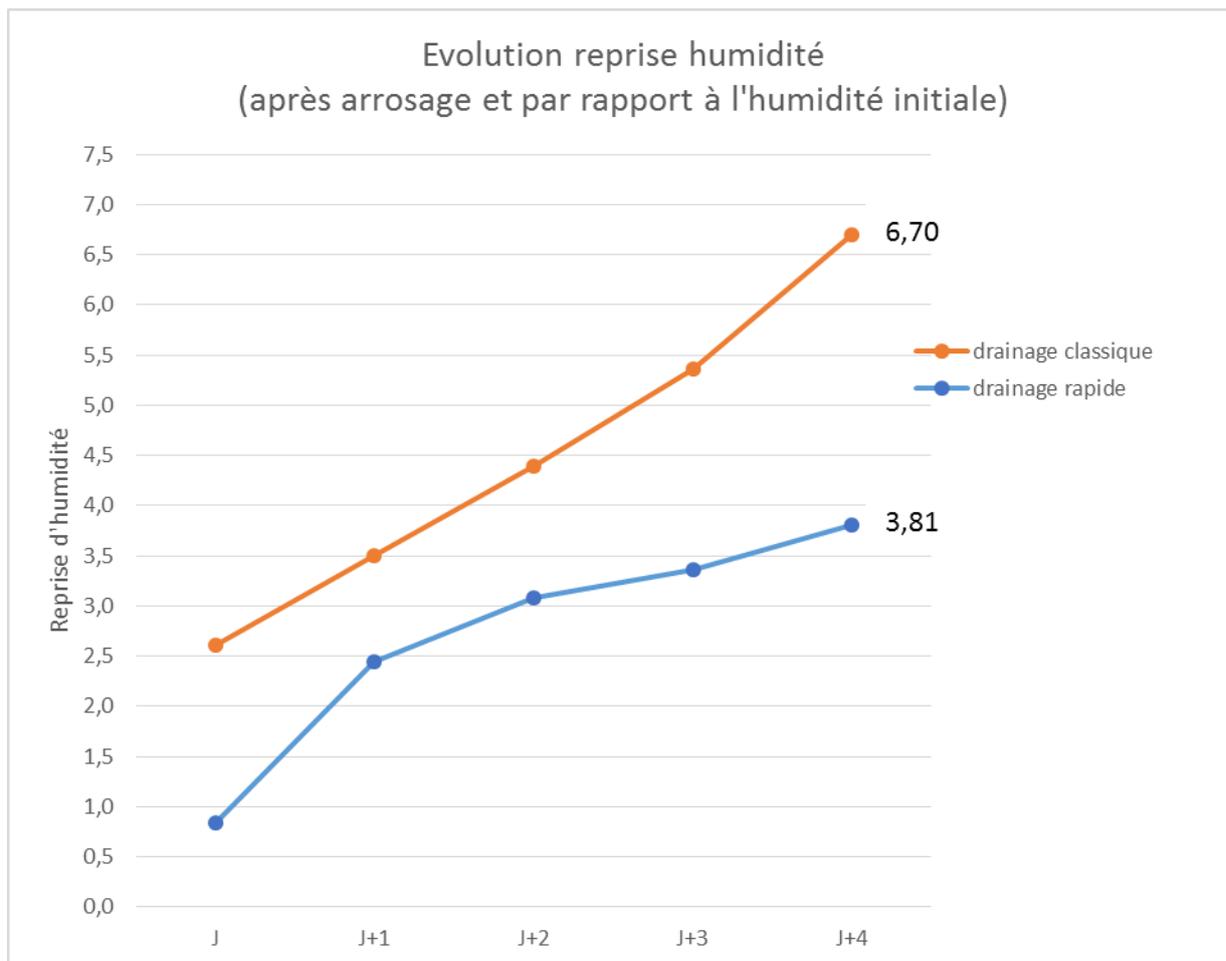
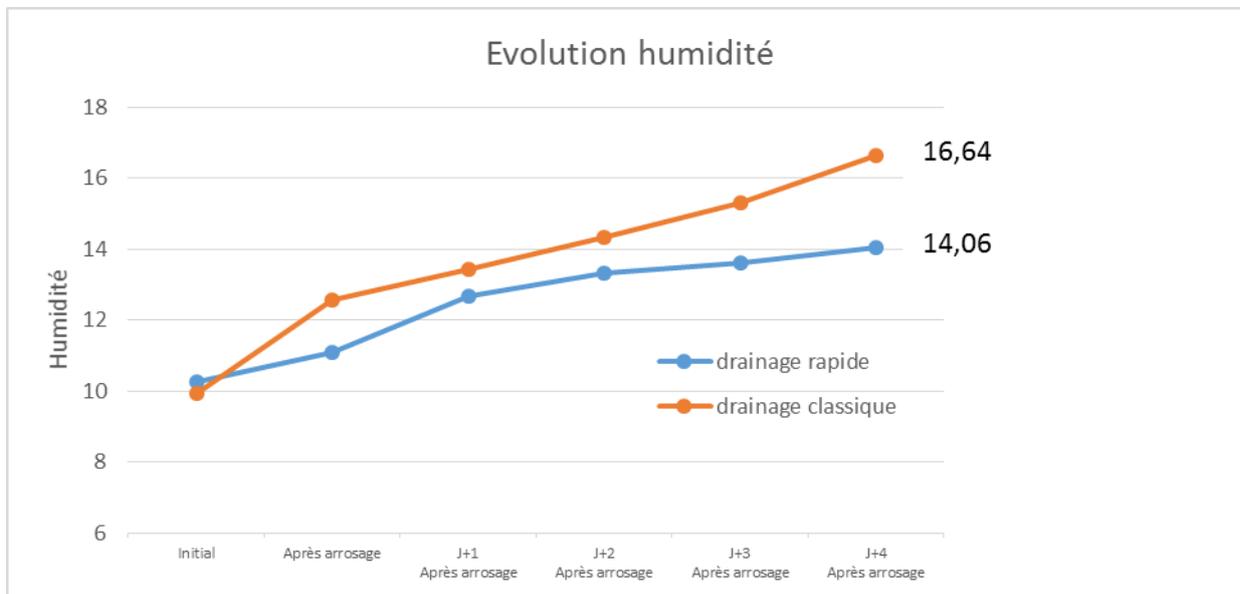
2.4.2 Configuration 2 : TAUARI (arrosage sous pression d'air statique nulle)



Moyenne de la prise d'humidité du bois pour chaque type de drainage
 Ecart en fin d'essais entre les 2 types de drainage : 1,386

E = 2,53

2.4.3 Configuration 3 : TAUARI (arrosage sous pression d'air statique de 50 Pa)



Moyenne de la prise d'humidité du bois pour chaque type de drainage
 Ecart en fin d'essais entre les 2 types de drainage : 2,884

E = 3,3

2.5 Proposition de modification de la norme XP P 20-650-2

Pour les essais réalisés sur le Moabi avec arrosage sous pression d'air statique nulle, la prise d'humidité du bois est faible, la prise d'humidité est de moins de 1 point dans le cas le plus défavorable. De plus elle n'évolue presque plus après 2 jours.

Pour les essais sur le Tauari avec arrosage sous pression d'air statique nulle, la prise d'humidité du bois est plus significative, la prise d'humidité est de 3,67 points.

Il a donc été décidé pour obtenir des prises d'humidité significatives que le protocole d'essai soit à réaliser sur une essence imprégnable (classe 1 selon la norme NF EN 350-2).

Pour les essais sur le Tauari avec arrosage sous pression d'air statique de 50 Pa, l'écart de prise d'humidité en fin d'essais entre les 2 types de drainage est de 2,884 points (au lieu de 1,386 point pour l'arrosage sous pression d'air statique nulle). L'arrosage sous pression d'air statique de 50 Pa rend donc le protocole plus discriminant, plus efficace pour mettre en évidence des efficacités de drainage différentes et donc plus efficace pour comparer un drainage donné au drainage rapide de référence.

Le protocole définitif proposé pour la révision des normes XP P 20-650-1 et -2 est détaillé en annexe « Protocole d'essais – Recherche d'équivalence au drainage rapide ». Il intègre donc l'utilisation d'une essence de bois imprégnable (classe 1 selon la norme NF EN 350-2) et l'arrosage sous pression d'air statique de 50 Pa.

La différence d'efficacité du drainage classique entre un arrosage sans et avec pression d'air statique provient probablement du fait que le drainage classique aux orifices de 2 x 50 mm² pour 1 m de large ne permet pas, en cas de fortes pénétrations d'eau, d'assurer à la fois l'évacuation de l'eau et l'équilibrage des pressions assurant la bonne efficacité du drainage.

La suite de l'étude est orientée pour que les solutions de drainage proposées assurent en même temps l'évacuation de l'eau et l'équilibrage des pressions de la feuillure à verre (c'est-à-dire équilibrage avec l'extérieur de la pression d'air de la feuillure à verre).

3. NOUVELLES SOLUTIONS STANDARDS DE DRAINAGES RAPIDES

3.1 Etat des lieux

3.1.1 Exigences actuelles pour le drainage rapide

Dans la norme XP P20-650-2 actuelle, le drainage est considéré rapide (sans recherche d'équivalence selon le « Protocole d'essais – Recherche d'équivalence au drainage rapide ») si la feuillure de la traverse recevant la rive basse du vitrage comporte les éléments suivants :

- pente de 15° au moins sous l'horizontale amenant, sur la portée de la traverse basse ainsi qu'à ses extrémités, l'eau vers la gorge de récupération ;
- la plus petite dimension de l'évacuation d'eau, sur tout son cheminement, doit être au moins égale à 5 mm ;
- les usinages ne doivent pas conduire à des zones en creux par rapport à la ligne d'évacuation ;
- la longueur cumulée des orifices de drainage doit représenter au moins 60 % de la portée du vitrage dans sa partie basse ;
- les orifices de drainage doivent être protégés par un jet d'eau ou équivalent.

3.1.2 Autres drainages rapides équivalents déjà utilisés

Avec le protocole de recherche d'équivalence au drainage rapide de la norme XP P20-650-2 actuelle, dans le cadre de prestations privées, il a déjà été validé des drainages rapides avec des caractéristiques différentes et notamment des drainages dérogeant aux 2 points suivants :

- pente de 15° au moins sous l'horizontale amenant, sur la portée de la traverse basse ainsi qu'à ses extrémités, l'eau vers la gorge de récupération ;
- la longueur cumulée des orifices de drainage (section minimale 5 mm) doit représenter au moins 60 % de la portée du vitrage dans sa partie basse ;

Les caractéristiques différentes qui ont déjà été validées sont :

- pente de 10° (au lieu de 15°) sur tout le fond de feuillure ou sur au moins la largeur du système de scellement du vitrage ou un fond de feuillure plat avec une rainure de récupération drainée par des orifices présentant une pente de 10° minimum ;
- longueur cumulée des orifices de drainage de 40 % (au lieu de 60 %) de la portée du vitrage dans sa partie basse ;

3.2 Proposition de modification de la norme XP P 20-650-2

3.2.1 Validation des modifications

Il s'agit de calculer pour des orifices dont la section minimale est de 5 mm, quelle est la longueur cumulée minimale en traverse basse pour que ces orifices assurent en même temps l'évacuation de l'eau et l'équilibrage des pressions de la feuillure à verre ?

On impose que seulement le quart de la section des orifices soit utilisé pour le passage de l'eau, le reste servant à l'équilibrage des pressions. Ainsi on assure un écoulement sans risque de turbulence et on assure une marge de sécurité en cas de mauvais entretien des orifices de drainage.

Les orifices ont une pente minimale de 10°.

Dans ce cas, il s'agit d'un écoulement en surface libre c'est-à-dire un écoulement avec une interface libre entre l'air et l'eau, comme dans une rivière (par opposition à un écoulement en charge, où cette interface est absente dans une conduite sous pression par exemple).

On utilise les formules suivantes pour déterminer la vitesse d'écoulement :

Formule de Chézy :

$$V = C (Rh j)^{1/2}$$

où

V = vitesse moyenne de l'écoulement (m/s)

Rh = rayon hydraulique de l'écoulement (m)

j = perte de charge linéique (mCE/m) = i pente de l'écoulement (m/m) dans le cas d'un régime uniforme

C = coefficient de rugosité de Chézy (m^{1/2}/s)

La formule de Chézy devient avec Manning,

Formule de Manning :

$$V = (1/n) Rh^{2/3} i^{1/2}$$

où

le coefficient de Chézy C a pour valeur $(1/n) Rh^{1/6}$

V = vitesse de l'écoulement (m/s)

Rh = rayon hydraulique de l'écoulement (m)

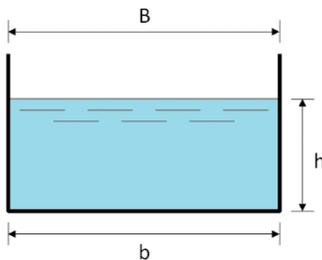
i = pente de l'écoulement (m/m)

n = coefficient de rugosité de Manning

Calcul du rayon hydraulique :

On fait l'hypothèse que les drainages sont réalisés par des mortaises de section rectangulaires dans ce cas

$$Rh = bh / (b+2h)$$



Avec l'hypothèse de drainages réalisés par des mortaises de 5 x10 mm utilisées seulement sur leur quart pour le passage de l'eau $b = 10$ mm et $h = 1,25$ mm

$$Rh = 0,001 \text{ m}$$

Calcul de la pente :

Hypothèse d'une pente minimale de 10° dans ce cas

$$i = 0,1763 \text{ m/m}$$

Détermination du coefficient de Manning :

Pour le coefficient de rugosité de Manning, la valeur de 0,020 est prise pour le bois (cas le plus défavorable).

On obtient donc

$$V = (1/n) Rh^{2/3} i^{1/2}$$

$$V = 0,21 \text{ m/s}$$

Pour des orifices dont la section minimale est de 5 mm, quelle est la longueur cumulée minimale nécessaire ?

On se place dans les conditions d'un essai à l'eau pour les fenêtres selon la norme NF EN 1027 c'est-à-dire rampe d'arrosage avec buses 2l/min entraxe 40 cm (pour des fenêtres de hauteur maximale 2500 mm), c'est-à-dire 5l/min sur 1 m.

On fait l'hypothèse que toute l'eau pénètre dans la feuillure.

On impose que seulement le quart de la section des orifices est utilisé pour le passage de l'eau, l'autre moitié servant à l'équilibrage de pression.

Quels orifices au minimum pour évacuer 5l/min/m ?

Le débit d'écoulement des drainages étant de :

$$\text{Débit} = S_{\text{eau}} V$$

S_{eau} est la section de l'écoulement d'eau en m^2

Donc sur 1 m pour évacuer 5l/min (c'est-à-dire 0,000084 m^3/s), il faut :

$$S_{\text{eau}} = 0,000084 / 0,21 = 0,000400 \text{ m}^2 = 400 \text{ mm}^2$$

En retenant l'hypothèse que seulement le quart de la section des orifices est utilisé par le passage de l'eau (les 3 autres quarts servant à l'équilibrage de pression), il faut donc au minimum par tranche de 1 m une section de drainage de $400 \times 4 = 1600 \text{ mm}^2$. Avec une hauteur de rainure de drainage de 5 mm, il faut donc au minimum par tranche de 1 m un cumul de rainures de drainage de $5 \times 320 \text{ mm}$ donc un drainage sur 32,0 % de la largeur du vitrage (réparti uniformément sur la largeur du vitrage). Considérant que le drainage rapide peut être associé avec un calfeutrement vitrage mono-barrière (sans calfeutrement vitrage extérieur assurant la limitation des pénétrations d'eau), pour assurer une marge de sécurité supplémentaire, on retient un drainage sur 40% de la largeur du vitrage.

Le calcul valide donc avec une marge de sécurité que pour assurer en même temps l'évacuation de l'eau et l'équilibrage des pressions de la feuillure à verre, les conditions suivantes suffisent :

- pente de drainage de 10° ;
- longueur cumulée des orifices de drainage (section minimale 5 mm) de 40 % de la portée du vitrage dans sa partie basse ;

3.2.2 *Nouvelles exigences pour le drainage rapide*

Compte tenu des solutions de drainage rapide déjà validées et utilisées par les fabricants, compte tenu de la validation par calcul réalisée dans le paragraphe précédent, il sera proposé pour la révision de la norme XP P20-650-2, les conditions suivantes pour les drainages rapides dispensés de recherche d'équivalence :

- Sur toute la longueur de la traverse basse du vitrage, l'eau est amenée vers les drainages par soit :
 - o un fond de feuillure ou rainure en pente de 10° au moins sous l'horizontale et sur toute la portée de la traverse via ou non une gorge de récupération ; soit
 - o une rainure d'une largeur d'au moins 12 mm avec une joue de rainure verticale d'au moins 2 mm et un fond de rainure en pente de 10° au moins sous l'horizontale, rainure au droit de l'intercalaire du vitrage isolant (celui côté extérieur dans le cas d'un triple vitrage) ; soit
 - o une rainure d'au moins 6x6 mm au droit de l'intercalaire du vitrage isolant (celui côté extérieur dans le cas d'un triple vitrage)
- En traverse basse du vitrage, la longueur cumulée des orifices de drainage (au passage le plus étroit de ces orifices) doit représenter au moins 40 % de la portée du vitrage; orifices uniformément répartis sur la portée du vitrage et à moins de 50 mm des montants

- La plus petite dimension de l'évacuation d'eau, sur tout son cheminement, doit être au moins égale à 5 mm
- Les orifices de drainage doivent être protégés par un rejet d'eau ou équivalent (cote $r > 0$), leur pente est de 10° au moins, ils doivent déboucher sur un espace dégagé.
- En cas de parclose intérieure, il est obligatoire, en traverse basse et en partie basse des montants (sur 200 mm minimum), de mettre en place un calfeutrement complémentaire entre le pied de parclose et le fond de feuillure recevant le vitrage. Ce calfeutrement complémentaire doit être compatible avec les mastics de scellement des intercalaires des vitrages et les films pvb des vitrages feuilletés selon les modalités de l'Annexe A du NF DTU 39 P1-2 :2006.

Le texte complet proposé pour la révision de la norme XP P20-650-2 est détaillé en annexe « Drainages rapides ».

4. DRAINAGES AVEC EQUILIBRAGE DES PRESSIONS HORS TRAVERSE BASSE

4.1 Etat des lieux

Actuellement les normes XP P 20-650-1 et -2 ne prévoit pour les fenêtres bois que 2 types de drainages, le drainage « classique » et le drainage « rapide ». Dans ces 2 cas la traverse basse recevant le vitrage possède des orifices de drainage assurant en même temps l'évacuation de l'eau et l'équilibrage des pressions de la feuillure à verre (c'est-à-dire équilibrage avec l'extérieur de la pression d'air de la feuillure à verre).

Le drainage « classique » est perçu comme simple à mettre en œuvre mais trop restreint dans les choix des calfeutrements vitrage compatibles. Le drainage « rapide » est perçu comme compliqué à mettre en œuvre mais compatible avec tous les systèmes de calfeutrement vitrage.

Les essais précédents ont montré l'importance de l'équilibrage des pressions de la feuillure à verre. Pour le drainage rapide, l'équilibrage se fait par les importants orifices de drainage qui ne sont jamais saturés.

Par contre pour le drainage classique, s'il y a une pénétration importante d'eau dans la feuillure à verre, il y a un risque de mauvais équilibrage des pressions par saturation des trous de drainage entraînant une mauvaise évacuation de l'eau (de ce fait le drainage classique est limité à un calfeutrement par mastic sur la face extérieure du vitrage afin de limiter les risques de pénétrations d'eau).

L'équilibrage des pressions de la feuillure à verre semble donc une piste importante pour « améliorer » le drainage classique.

Nous proposons d'intégrer pour les fenêtres bois dans la révision des normes XP P 20-650-1 et -2 un système normalisé supplémentaire que nous appellerons drainage « renforcé » où la traverse basse recevant le vitrage possède des orifices assurant l'évacuation de l'eau mais où l'équilibrage des pressions de la feuillure à verre est assuré par d'autres moyens hors traverse basse, cette équilibrage des pressions hors traverse basse étant déjà une exigence pour les fenêtres non bois.

4.2 Approche par calculs

Hypothèses :

- Traverse basse recevant le vitrage possédant une rainure de récupération des eaux de 6x6mm (idem système drainage classique)
- La capacité maximale du drainage est atteinte quand la rainure de 6x6mm est remplie (si l'eau déborde de la rainure, le drainage n'est plus satisfaisant)
- L'équilibrage des pressions de la feuillure à verre (c'est-à-dire équilibrage avec l'extérieur de la pression d'air de la feuillure à verre) est assuré hors traverse basse

On se place dans les conditions d'un essai à l'eau pour les fenêtres selon la norme NF EN 1027 c'est-à-dire rampe d'arrosage avec buses 2l/min entraxe 40 cm (pour des fenêtres de hauteur maximale 2500 mm), c'est-à-dire 5l/min sur 1 m.

On fait l'hypothèse que toute l'eau pénètre dans la feuillure.

Quels orifices au minimum en traverse basse pour évacuer 5l/min/m ?

On est dans le cas d'un écoulement en charge (type écoulement dans une conduite)

On applique le Théorème de Bernoulli en l'appliquant pour un écoulement d'eau en considérant l'eau comme :

- incompressible (la masse volumique reste constante)
- un fluide parfait (les effets visqueux et les pertes de charge sont négligeables).

FORMULE DE BERNOULLI

$$\rho \frac{v^2}{2} + \rho g z + p = Cte$$

Pression Cinétique + Pression de pesanteur + Énergie de pression = constante

ρ est la masse volumique en Kg/m³.

V est la vitesse du fluide en m/s.

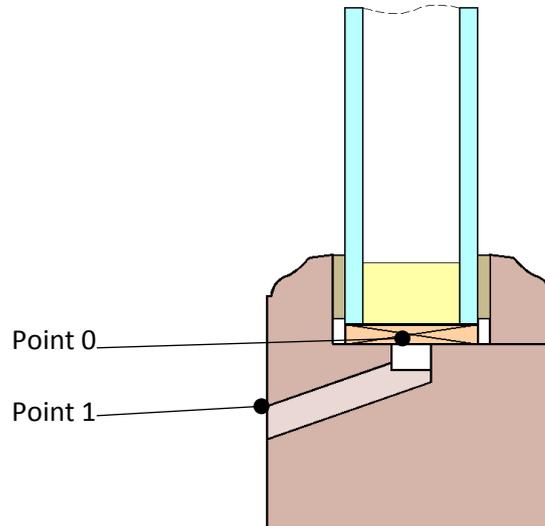
g est la gravité terrestre 9.81 m/s².

Z est le dénivelé vertical du conduit en mètres.

P est la pression statique en pascals.

On se place en régime stationnaire, dans le cas limite où la rainure de 6x6 mm est pleine et les trous de drainage fonctionnent à plein. On considère les lignes de courant parallèles et pratiquement rectilignes à la sortie des trous de drainage.

On applique la formule au point 0 et au point 1.



Donc :

$$\rho (V_0^2/2) + \rho g Z_0 + P_0 = \rho (V_1^2/2) + \rho g Z_1 + P_1$$

Avec

$P_0 = P_1 = P_{atm}$ puisqu'il y a équilibrage des pressions entre la feuillure à verre et l'extérieur

$V_0 = 0$ puisqu'on est au niveau de la surface libre de l'eau et que la section horizontale de rainure est grande par rapport à celle des orifices

$Z_0 = Z_1 + 0,006$ Dans le cas le plus défavorable (la hauteur de rainure étant au minimum de 6 mm)

Donc

$$0,006 g = (V_1^2/2)$$

$$V_1 = (2 g 0,006)^{1/2} \quad \text{Formule de Torricelli}$$

Donc

$$V_1 = 0,34 \text{ m/s}$$

Le débit d'écoulement des drainages étant de :

$$\text{Débit} = S V_1$$

S est la section des trous de drainage en m^2

Donc sur 1 m pour évacuer 5l/min (c'est-à-dire $0,000084 \text{ m}^3/\text{s}$), il faut :

$$S = 0,000247 \text{ m}^2 = 247 \text{ mm}^2$$

Si on prend l'hypothèse de 2 orifices jusqu'à 1000 mm et 1 orifice supplémentaire par tranche de 500 mm, il faut des orifices de 5x25mm ou diamètre 13mm.

Si on prend l'hypothèse de drainer par des orifices de 50 mm^2 (trou de diamètre 8 mm) alors il faut un orifice par tranche de 200mm.

4.3 Approche par essais

4.3.1 Corps d'épreuve

Dans cette approche, pour valider l'efficacité de l'équilibrage des pressions de la feuillure à verre hors traverse basse, on utilise le protocole détaillé en annexe « Protocole d'essais – Recherche d'équivalence au drainage rapide ».

On compare le drainage « renforcé » (trous de drainage correspondant à l'approche par calcul, c'est-à-dire 1 trou de drainage diamètre 8 mm par tranche de 200 mm, c'est-à-dire 4 trous de drainage diamètre 8 mm pour une traverse de 800 mm + équilibrage des pressions hors traverse basse) avec le drainage « rapide » de référence défini dans la norme XP P20-650-2.

Photo face extérieure de la maquette (avant mise en place sur le banc d'essais) :



Dispositif d'équilibrage des pressions et drainages :



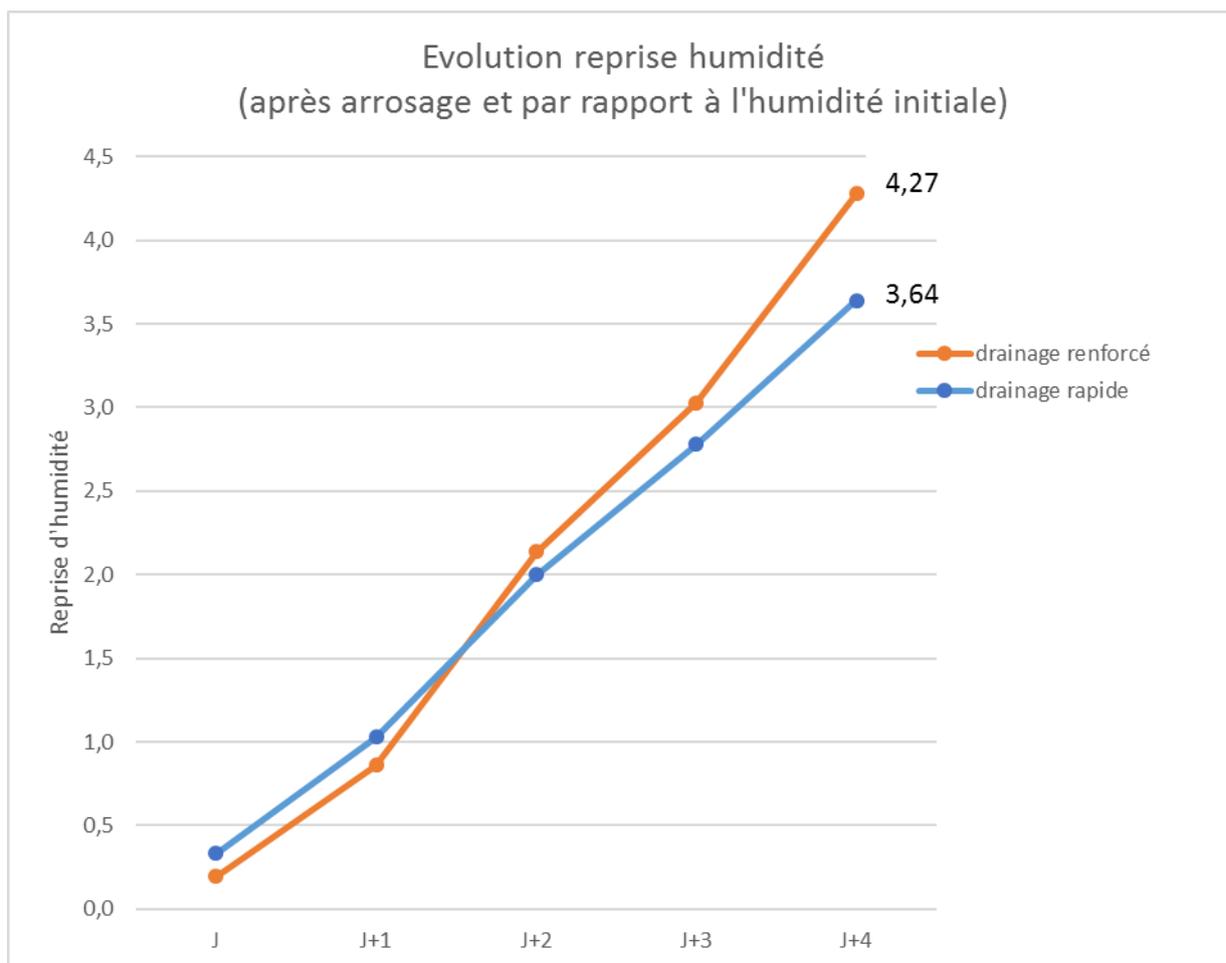
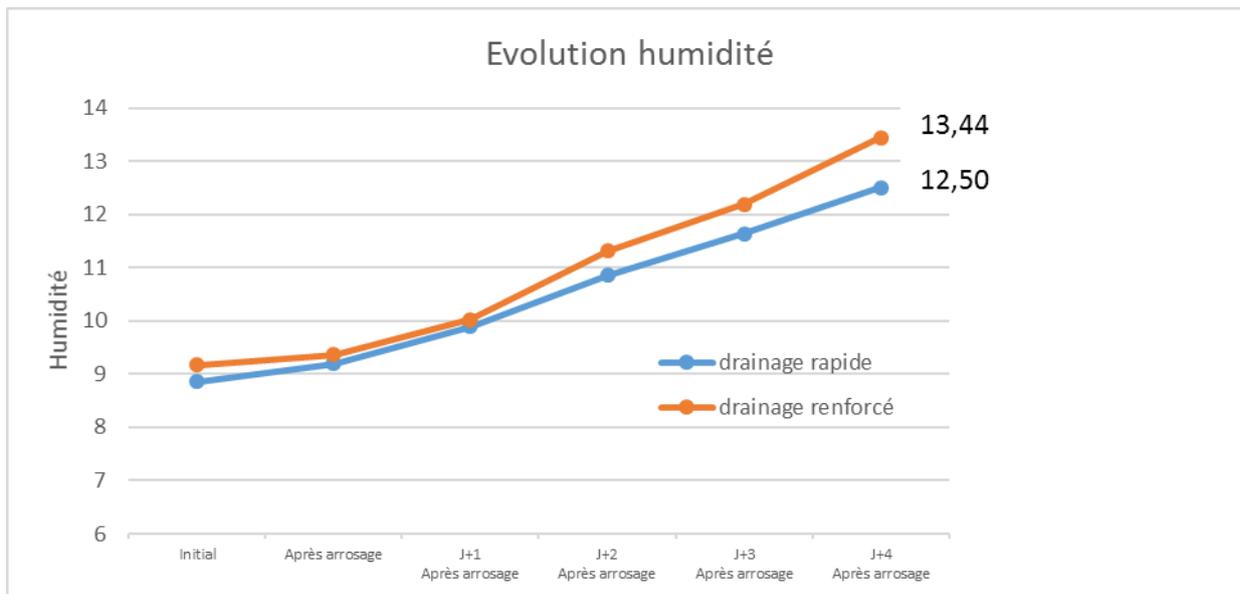
Photo face intérieure de la maquette (après mise en place sur le banc d'essais) :



Nota : les traverses et donc les fonds de feuillure où sont prises les humidités sont en Tauari, les différentes parcloes ont été réalisées avec une autre essence mais ça n'a pas d'incidence sur la prise d'humidité du fond de feuillure en Tauari.

4.3.1 Résultats

Humidité du bois % (au pourcentage près)								
Jour J : Humidité initiale (conditionnement initial des échantillons à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % d'humidité relative)								
	Drainage renforcé				Drainage rapide			
	Sonde 1	Sonde 2	Sonde 3	Sonde 4	Sonde 1	Sonde 2	Sonde 3	Sonde 4
Traverse 1	10	8	9	10	9	9	9	9
Traverse 2	10	10	10	10	10	9	8	8
Traverse 3	9	9	9	10	9	9	9	10
Traverse 4	8	8	8	9	10	10	10	9
Traverse 5	9	9	9	10	8	8	7	9
Traverse 6	10	9	9	9	10	10	9	8
Traverse 7	10	9	9	9	9	9	9	10
Traverse 8	8	9	9	10	9	8	8	9
Traverse 9	9	9	9	9	8	8	8	8
Traverse 10								
Humidité moyenne	9,17				8,86			
Humidité après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	10	8	10	10	9	9	8	9
Traverse 2	10	10	12	10	10	9	8	8
Traverse 3	9	9	9	10	9	9	9	10
Traverse 4	8	7	8	9	10	10	11	10
Traverse 5	8	8	10	11	8	8	8	11
Traverse 6	9	9	9	9	10	10	10	8
Traverse 7	10	9	10	8	9	9	11	12
Traverse 8	8	10	11	12	9	9	8	10
Traverse 9	8	9	10	10	8	8	8	9
Traverse 10								
Après les relevés d'humidité, 19 heures de séchage avec ventilation								
J + 1 : Humidité après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	10	9	12	12	10	9	8	9
Traverse 2	10	11	13	10	10	8	8	9
Traverse 3	9	9	10	11	9	9	13	11
Traverse 4	8	8	8	10	11	9	13	11
Traverse 5	9	9	10	12	8	8	9	12
Traverse 6	10	9	10	10	10	10	11	9
Traverse 7	10	9	10	9	10	9	13	14
Traverse 8	8	11	11	12	9	9	9	13
Traverse 9	9	9	12	12	10	8	9	9
Traverse 10								
Après les relevés d'humidité, 19 heures de séchage avec ventilation								
J + 2 : Humidité après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	13	10	14	15	11	10	9	9
Traverse 2	11	12	16	13	11	9	9	10
Traverse 3	10	10	11	12	10	9	13	12
Traverse 4	9	10	9	11	13	10	13	12
Traverse 5	10	11	12	15	10	8	11	13
Traverse 6	11	9	10	11	11	10	13	9
Traverse 7	11	10	11	10	11	10	13	13
Traverse 8	8	10	13	14	11	10	11	16
Traverse 9	10	9	13	13	12	9	9	11
Traverse 10								
Après les relevés d'humidité, 19 heures de séchage avec ventilation								
J + 3 : Humidité après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	13	10	17	15	12	10	9	10
Traverse 2	11	11	16	15	14	11	9	11
Traverse 3	11	12	12	11	9	10	13	13
Traverse 4	10	11	10	12	13	10	13	12
Traverse 5	11	12	16	16	10	8	11	13
Traverse 6	12	10	11	11	12	10	13	11
Traverse 7	13	11	11	10	13	10	14	17
Traverse 8	9	14	13	14	11	10	11	18
Traverse 9	12	11	12	13	12	11	12	13
Traverse 10								
Après les relevés d'humidité, 19 heures de séchage avec ventilation								
J + 4 : Humidité finale après 3 heures d'arrosage et 2 heures d'arrêt d'arrosage								
Traverse 1	15	12	17	18	13	11	10	11
Traverse 2	13	15	18	15	13	10	10	12
Traverse 3	13	12	13	13	12	10	12	14
Traverse 4	11	12	11	13	13	11	13	13
Traverse 5	12	13	16	19	11	9	12	15
Traverse 6	13	11	12	12	13	12	13	13
Traverse 7	14	12	12	11	14	11	14	16
Traverse 8	10	14	14	14	13	11	12	20
Traverse 9	13	12	15	14	15	12	12	14
Traverse 10								
Humidité moyenne	13,44				12,50			
Reprise d'humidité moyenne								
	4,27				3,64			
Ecart de reprise d'humidité entre les 2 systèmes : $4,27 - 3,64 = 0,63$ Facteur de comparaison des moyennes de reprise d'humidité : $E = 1,44$ (voir formule de E en annexe « Protocole d'essais - Détermination de l'efficacité d'un drainage rapide »)								



Moyenne de la prise d'humidité du bois pour chaque type de drainage
Ecart en fin d'essais entre les 2 types de drainage : 0,63

$$E = 1,44 < 1,64$$

Pour la reprise d'humidité du bois en fond de feuillure, même s'il est moins efficace, le drainage renforcé est donc dans les limites d'équivalence du drainage rapide. On peut donc valider les spécifications du drainage renforcé telles que définies par l'approche par calculs. On ne peut cependant pas considérer le drainage renforcé comme un drainage rapide car il n'assure pas l'équilibrage des pressions avec les seuls orifices de drainage de la traverse basse du vitrage. De plus contrairement au drainage rapide qui assure le drainage et l'équilibrage des pressions avec une marge de sécurité importante (voir paragraphe 3.2.1), les performances du drainage renforcé testé correspondent à un drainage renforcé fonctionnant à plein. Un mauvais entretien des trous de drainage, entraînant un bouchage partiel des trous de drainage ou de l'orifice d'équilibrage des pressions, peut altérer fortement les performances du drainage renforcé, il est donc nécessaire d'associer au drainage renforcé des calfeutrements vitrage compatibles tels que décrits au paragraphe « Spécifications du drainage renforcé », ces calfeutrements assurent ainsi la marge de sécurité nécessaire en cas de drainage mal entretenu.

5. PROFILES D'ETANCHEITE TRAVAILLANT PAR REACTION MECANIQUE

5.1 Types de drainages compatibles actuellement

Actuellement la norme XP P20 650-2 indique qu'un drainage rapide doit être prévu si le calfeutrement d'au moins une rive du vitrage :

- est soit mono-barrière ;
- est soit réalisé par une garniture principale assurant l'étanchéité à l'eau par réaction mécanique (profilés de vitrage en caoutchouc compact ou cellulaire).

De ce fait l'utilisation d'un profilé assurant l'étanchéité à l'eau par réaction mécanique implique la mise en place d'un drainage rapide (sauf dans le cas où il est utilisé seulement en barrière secondaire et associé en barrière principale à un calfeutrement par adhérence type mastic ou bande préformé mastic).

Par ailleurs, la mise en place d'un drainage rapide est perçue comme compliquée par beaucoup de professionnels.

5.2 Nouvelles exigences pour nouvelles compatibilités de drainage

Le drainage « renforcé » comme explicité précédemment s'approche des performances d'un drainage rapide.

Cependant les orifices de drainage en traverse basse étant d'une section beaucoup moins importante qu'un drainage rapide, le risque de bouchage ou d'obstruction de ces orifices est à prendre en compte s'il n'y a pas un entretien régulier de la menuiserie. On ne peut donc pas établir une équivalence entre le drainage « renforcé » et le drainage rapide.

Il est donc proposé à la commission de révision de la norme XP P20 650-2 que les profilés assurant l'étanchéité à l'eau par réaction mécanique deviennent compatibles avec le drainage « renforcé » sous réserve que ces profilés puissent assurer l'étanchéité à l'eau y compris au point le plus délicat de mise en œuvre de ces profilés c'est-à-dire à l'angle montant / traverse de la face extérieure du vitrage.

Il faut donc établir un protocole pour qualifier l'étanchéité à l'eau aux angles montants / traverses pour les profilés de calfeutrement vitrage travaillant par réaction mécanique utilisés sur la face extérieure du vitrage.

5.3 Protocole de validation de l'étanchéité à l'angle montant / traverse

5.3.1 *Le protocole*

La méthode s'applique aux profilés pour vitrage utilisés sur la face extérieure du vitrage qui revendiquent une étanchéité à l'eau aux angles montants / traverses.

Le protocole proposé pour la révision des normes XP P 20-650-2 est détaillé en annexe « Protocole d'essais – Etanchéité à l'eau aux angles montant / traverse des profilés d'étanchéité vitrage travaillant par réaction mécanique ».

Le protocole proposé est le suivant :

Avec le profilé et deux plaques planes transparentes, on crée un espace présentant 2 angles montant / traverse que l'on remplit d'eau après un serrage approprié. On vérifie que le profilé est étanche y compris aux 2 angles. On considère le profilé étanche si l'eau ne traverse pas le profilé y compris aux 2 angles. Si de l'eau pénètre dans le profilé mais sans le traverser, il est considéré étanche.





- Le profilé est conditionné au minimum 1 semaine dans le climat de référence c'est-à-dire (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % d'humidité relative. A la sortie du climat de référence, on vérifie que l'épaisseur du profilé correspond bien aux tolérances d'épaisseur annoncées par le fabricant;
- Mettre en place le profilé sur la première plaque transparente en formant un « U » avec 2 angles à 90°: la hauteur des montants est de 150 mm environ, la longueur de la partie basse est de 200 mm environ, la mise en œuvre dans les angles se faisant selon les prescriptions du demandeur ;
- appliquer la seconde plaque transparente ;
- serrer et « caler » à la position P1 prévue par le demandeur (P1 correspond à l'épaisseur maximale du profilé (compression minimale) indiquée par le demandeur une fois mis en œuvre et comprimé sur la menuiserie en atelier) ;
- disposer l'ensemble verticalement ;
- remplir d'eau l'espace déterminé par le profilé de calfeutrement à tester et les 2 plaques transparentes ;
- la hauteur de la colonne d'eau est de (100 ± 1) mm ;
- laisser en charge hydraulique pendant 5 min et observer si l'eau traverse le profilé ;
- Si pour les 5 échantillons, le profilé est étanche l'étanchéité est validée.

Par ailleurs, le profilé et la jonction angulaire devront rester étanches malgré les effets de retrait/gonflement du bois de la menuiserie en service. Nous prenons ici l'effet de gonflement du bois sous l'effet de reprise d'humidité qui va conduire à un élargissement de la feuillure à verre et donc diminuer la compression initiale du profilé réalisée lors de sa mise en œuvre en atelier.

Nous prenons comme hypothèses sévères mais réalistes :

- Epaisseur du vitrage 32 mm
- Epaisseur de chaque profilé d'étanchéité après sa compression en atelier : 3 mm

- Humidité du bois initiale en atelier : 10%
- Humidité du bois du bois en service en hiver : 19%
- Le verre ne subit aucune déformation du fait de l'humidité

Nous calculons la variation d'épaisseur du bois correspondant à l'épaisseur du vitrage et des 2 profilés d'étanchéité.

$$V = r \cdot e \cdot \Delta H$$

V : variation dimensionnelle (mm)

r : coefficient de retrait du bois

e : épaisseur de bois (mm)

ΔH : variation d'humidité du bois (%)

$r = 0,003$ (en effet coefficient de retrait du bois en % par variation de 1% du taux d'humidité du bois - 0,3% en tangentiel (largeur de feuillure))

$$e = 32 + 2 \times 3 = 38 \text{ mm}$$

$$\Delta H = 9\%$$

$$\text{Donc } V = 0,003 \times 38 \times 9 = 1,026 \text{ mm}$$

Nous sommes dans l'hypothèse d'une utilisation double barrière du profilé (extérieur et intérieur) donc la perte de compression possible de chaque profilé est de l'ordre de 0,5 mm

De ce fait nous proposons de rajouter au protocole d'essais

- Pour les 5 mêmes échantillons, refaire la procédure avec les profilés serrés et « calés » à la position P1+0,5mm (les profilés sont desserrés de 0,5mm)
- Si pour les 5 échantillons, le profilé reste étanche, l'étanchéité à l'eau du profilé aux angles montant / traverse est validée à l'initial (sans épreuve de vieillissement)

Nous proposons également de faire ces essais d'aquarium après avoir placé le joint comprimé entre les 2 plaques :

- 28 jours à $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ et $(50 \pm 5)\%$ d'humidité relative ;

Le protocole proposé pour la révision de la norme XP P 20-650-2 est détaillé en annexe « Protocole d'essais – Etanchéité à l'eau aux angles montant / traverse des profilés d'étanchéité vitrage travaillant par réaction mécanique ».

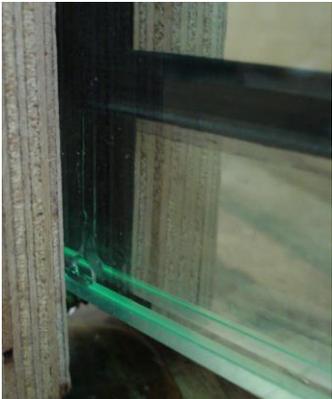
5.3.2 Application du protocole sur différents types de mises en œuvre angulaires

Pour s'assurer de la faisabilité du protocole d'essais, nous avons réalisé ce protocole sur un profilé assurant l'étanchéité à l'eau par réaction mécanique et existant sur le marché, ce profilé étant par ailleurs conforme aux autres exigences le concernant (paragraphe 9 de la norme XP P20 650-2). Il est donc utilisé actuellement associé à un drainage rapide.

Il s'agit d'un joint EPDM cellulaire de section 9x3mm.

Nous avons testé 3 types de mise en œuvre angulaire.

Mise en œuvre coupe droite, montant filant :	
	
Profilé EPDM cellulaire 9x3 mm	
Épaisseur du profilé comprimé : 2 mm (selon indication du fabricant)	
Résultat à l'initial :	
<p>Épaisseur du profilé comprimé : 2 mm Non satisfaisant</p> 	<p>Épaisseur du profilé comprimé : 2,5 mm Non réalisé</p>
Résultats après 28 jours à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % d'humidité relative :	
<p>Épaisseur du profilé comprimé : 2 mm Non réalisé</p>	<p>Épaisseur du profilé comprimé : 2,5 mm Non réalisé</p>

Mise en œuvre coupe droite, traverse filante :	
	
Profilé EPDM cellulaire 9x3 mm	
Épaisseur du profilé comprimé : 2 mm (selon indication du fabricant)	
Résultat à l'initial :	
<p>Épaisseur du profilé comprimé : 2 mm Satisfaisant</p>	<p>Épaisseur du profilé comprimé : 2,5 mm Non satisfaisant</p> 
Résultats après 28 jours à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % d'humidité relative :	
<p>Épaisseur du profilé comprimé : 2 mm Non réalisé</p>	<p>Épaisseur du profilé comprimé : 2,5 mm Non réalisé</p>

Mise en œuvre sans découpe :	
	
Profilé EPDM cellulaire 9x3 mm	
Epaisseur du profilé comprimé : 2 mm (selon indication du fabricant)	
Résultat à l'initial :	
Epaisseur du profilé comprimé : 2 mm Satisfaisant	Epaisseur du profilé comprimé : 2,5 mm Satisfaisant
Résultats après 28 jours à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % d'humidité relative :	
Epaisseur du profilé comprimé : 2 mm Satisfaisant	Epaisseur du profilé comprimé : 2,5 mm Satisfaisant

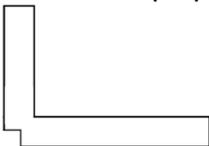
5.3.3 Validation du protocole d'essais

A la vue des résultats, le protocole permet bien de distinguer les mises en œuvre angulaires étanches et non étanches. Il est donc proposé à la révision de la norme XP P 20-650-2.

Le protocole proposé pour la révision de la norme XP P 20-650-2 est détaillé en annexe « Protocole d'essais – Etanchéité à l'eau aux angles montant / traverse des profilés d'étanchéité vitrage travaillant par réaction mécanique ».

A la vue des résultats sur le joint EPDM cellulaire, section 9x3 mm, on constate qu'une mise en œuvre angulaire étanche est possible, par exemple la mise en œuvre sans découpe du joint.

Si une mise en œuvre angulaire sans découpe du profilé semble une solution satisfaisante, elle n'est pas réalisable pour tout type de profilé. Sur le même profilé que celui testé mais avec une section différente 15x3 mm (au lieu de 9x3 mm) la mise en œuvre à 90° sans découpe s'est avérée impossible, cependant avec une coupe partielle du profilé, on retrouve une solution étanche possible comme le montrent les résultats ci-dessous correspondant aux essais suivant le protocole (les essais après vieillissement n'ont pas été réalisés).

Mise en œuvre avec une coupe partielle du profilé :	
	
Profilé EPDM cellulaire 15x3 mm	
Epaisseur du profilé comprimé : 2 mm (selon indication du fabricant)	
Résultat à l'initial :	
Epaisseur du profilé comprimé : 2 mm Satisfaisant	Epaisseur du profilé comprimé : 2,5 mm Satisfaisant

6. NOUVELLE SOLUTION DE DRAINAGE VITRAGE AVEC PROFILES D'ETANCHEITE TRAVAILLANT PAR REACTION MECANIQUE

6.1 Principe

Il est proposé à la commission de révision des normes XP P 20-650-1 et -2 d'intégrer pour les fenêtres bois un nouveau type de drainage normalisé en plus des drainages « classique » et « rapide » existants. Il s'agit du drainage « renforcé » avec équilibrage des pressions compatible avec un plus grand nombre de calfeutrements vitrage que le drainage classique notamment avec les calfeutrements vitrage travaillant par réaction mécanique sous réserve que ces calfeutrements satisfassent au protocole détaillé en annexe « Protocole d'essais – Etanchéité à l'eau du profilé à l'angle montant / traverse » et sous réserve d'une mise en œuvre dans les conditions du tableau ci-dessous :

Drainage vitrage « renforcé »	
Descriptif	Calfeutrements compatibles
<ul style="list-style-type: none"> - feuillure intérieure ou rainure (parcloses extérieures exclues) - rainure de récupération des eaux d'au moins 6x6 mm - l'équilibrage des pressions doit être réalisé hors traverse basse et doit avoir une section d'au moins 50 mm². - 250 mm² de drainage sur 1 m avec 5 mm pour la plus petite dimension des orifices évacuation d'eau (exemple sur 1m : 2 trous Ø13mm ou 2 orifices de 5x25 mm ou 5 trous Ø8mm) - drainages débouchant sur un espace dégagé et sous le niveau de la rainure de récupération des eaux 	<ul style="list-style-type: none"> - Calfeutrement vitrage double barrière - En cas de garniture extérieure d'étanchéité vitrage assurant l'étanchéité à l'eau par réaction mécanique (profilés de vitrage en caoutchouc compact ou cellulaire), l'étanchéité à l'eau dans les angles du calfeutrement extérieur doit être validée par essais (essais d'aquarium à l'initial et après vieillissements selon le « Protocole d'essais – Etanchéité à l'eau du profilé à l'angle montant / traverse »). La mise en œuvre en atelier doit être conforme à la solution validée par essai et faire l'objet d'un Contrôle Production Usine assurant la bonne mise en œuvre. - En cas de garniture extérieure d'étanchéité vitrage assurant l'étanchéité à l'eau par réaction mécanique, la reprise élastique du profilé de calfeutrement à température haute 70°C doit être contrôlée annuellement par essai de reprise élastique conformément à EN 12365-3 - En cas de parcloses intérieures, calfeutrement complémentaire obligatoire en pied de parclose au niveau de la traverse basse et en partie basse des montants (sur 200 mm minimum),

6.2 Proposition de modification de la norme XP P20-650-2

6.2.1 *Quels systèmes de calfeutrement exigeant ce drainage ?*

La norme indique actuellement pour les systèmes de calfeutrement exigeant un drainage rapide :

- « Un drainage rapide doit être prévu si le calfeutrement d'au moins une rive du vitrage :
- Est mono-arrière
 - Est réalisé par une garniture principale assurant l'étanchéité à l'eau par réaction mécanique (profilés de vitrage en caoutchouc compact ou cellulaire). »

Il est proposé de modifier la norme en indiquant :

Un drainage « renforcé » ou un drainage « rapide » doivent être prévus si le calfeutrement de toutes les rives du vitrage :

- est double barrière, sans parclose extérieure, et avec une garniture extérieure assurant l'étanchéité à l'eau par réaction mécanique (profilés de calfeutrement vitrage compacts ou cellulaires caoutchouc ou thermoplastiques élastomères ou autre) qualifiée selon le protocole « Etanchéité à l'eau aux angles montant / traverse des profilés d'étanchéité vitrage travaillant par réaction mécanique ».

Un drainage « rapide » doit obligatoirement être prévu si le calfeutrement d'au moins une rive du vitrage est :

- soit mono-barrière (dans ce cas le calfeutrement s'effectue entre la face intérieure du vitrage et la joue de feuillure constituant la barrière principale, la parclose étant extérieure); soit

- réalisé par une garniture extérieure assurant l'étanchéité à l'eau par réaction mécanique (profilés de calfeutrement vitrage compacts ou cellulaires caoutchouc ou thermoplastiques élastomères ou autre) mise en œuvre sous parclose ou sans qualification de l'étanchéité à l'eau aux angles montant / traverse.

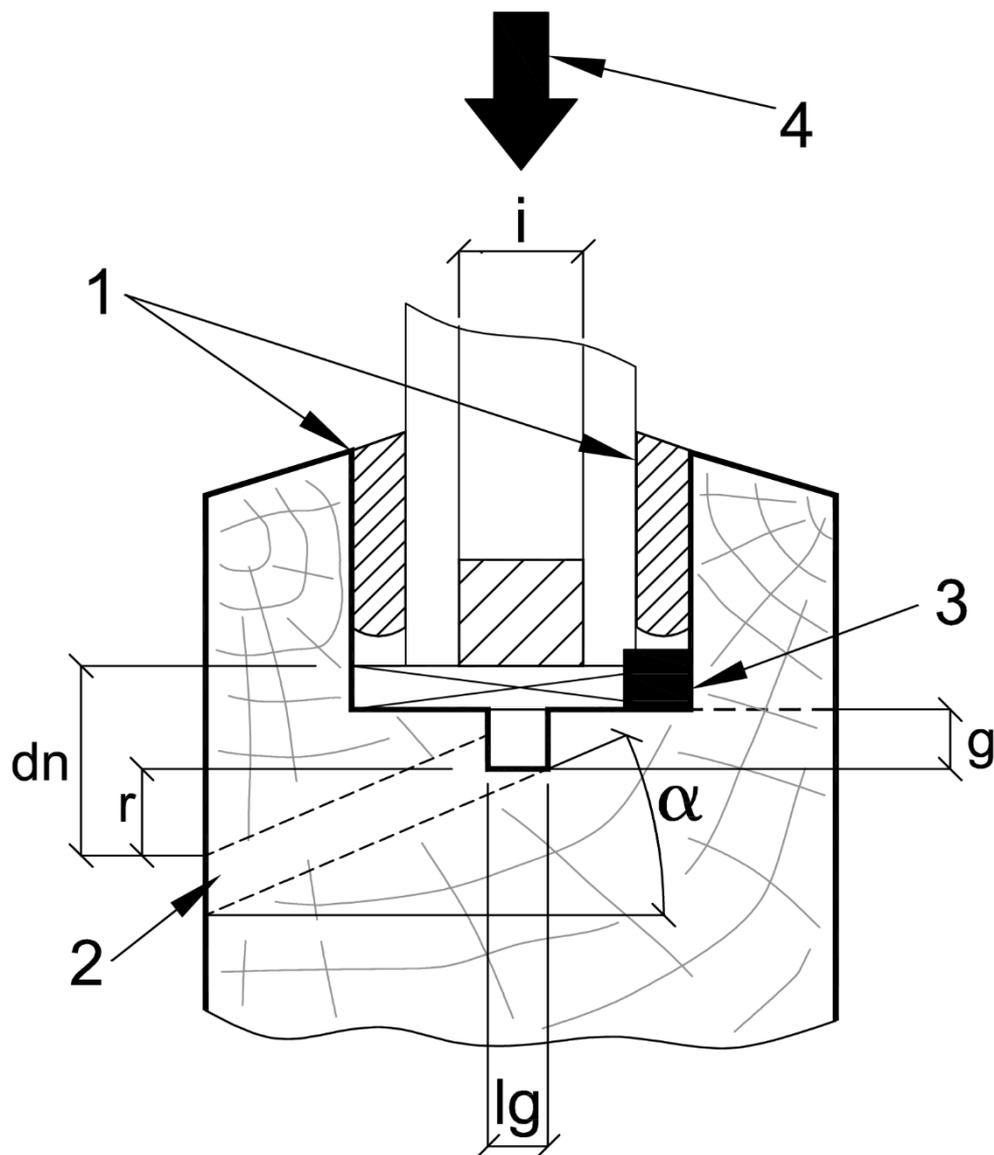
6.2.2 Spécifications du drainage « renforcé »

Il comporte les éléments suivants :

- En traverse basse sur toute la longueur du vitrage, l'eau est dirigée vers les drainages par une rainure de récupération des eaux d'au moins 6x6 mm, rainure au droit de l'intercalaire du vitrage isolant (celui côté extérieur dans le cas d'un triple vitrage).
- En traverse basse, les drainages sont constitués soit par :
 - Deux orifices de 125 mm² minimum chacun jusqu'à 1 m de largeur de vitrage et un orifice supplémentaire au-delà de 1 m par tranche de 0,50 m avec en général, soit des orifices circulaires de 13 mm de diamètre, soit des orifices oblongs avec la plus petite dimension de 5 mm (5 x 25 mm par exemple). Aux extrémités, les orifices doivent être situés à moins de 50 mm des montants. Les autres orifices doivent être uniformément répartis ; soit par :
 - Un orifice de 50 mm² minimum par tranche de 200 mm de largeur de vitrage avec en général, soit un orifice circulaire de 8 mm de diamètre, soit un orifice oblong avec la plus petite dimension de 5 mm (5 x 10 mm par exemple). Aux extrémités, les orifices doivent être situés à moins de 50 mm des montants. Les autres orifices doivent être uniformément répartis.
- les orifices de drainage doivent déboucher sous le niveau de la rainure de récupération des eaux (cote $r > 0$), leur pente est de 10° au moins, ils doivent déboucher sur un espace dégagé.
- l'équilibrage des pressions de la feuillure à verre avec la pression extérieure doit être réalisé hors traverse basse (généralement en partie haute du vitrage). Il doit avoir une section d'au moins 50 mm² (sans permettre d'entrée d'eau dans la feuillure susceptible de

mouiller le chant du vitrage, il est généralement réalisé via un perçage ou l'interruption en traverse haute du calfeutrement vitrage extérieur). Il doit assurer l'équilibrage de la pression sur tout le périmètre du vitrage (la libre circulation de l'air sur tout le périmètre du vitrage peut être assurée via par exemple une rainure non obstruée de 6x6 mm).

- Les parcloses extérieures sont exclues.
- En cas de garniture extérieure d'étanchéité vitrage assurant l'étanchéité à l'eau par réaction mécanique (profilés de vitrage en caoutchouc compact ou cellulaire), l'étanchéité à l'eau de la mise en œuvre dans les angles doit être vérifiée selon le « Protocole d'essais – Etanchéité à l'eau aux angles montant / traverse des profilés d'étanchéité vitrage travaillant par réaction mécanique ». La mise en œuvre en atelier doit être conforme à la solution validée par essai et faire l'objet d'un Contrôle Production Usine. La reprise élastique du profilé de calfeutrement à température haute 70°C doit être contrôlée annuellement par essai de reprise élastique conformément à EN 12365-3, elle doit être de grade 2 (> 40% à 50%) ou plus.
- En cas de parclose intérieure, il est obligatoire, en traverse basse et en partie basse des montants (sur 200 mm minimum), de mettre en place un calfeutrement complémentaire entre le pied de parclose et le fond de feuillure recevant le vitrage. Ce calfeutrement complémentaire doit être compatible avec les mastics de scellement des intercalaires des vitrages et les films pvb des vitrages feuilletés selon les modalités de l'Annexe A du NF DTU 39 P1-2 :2006.



$$dn \geq 9 \text{ mm} \quad r > 0 \text{ mm} \quad \alpha \geq 10^\circ \quad g \geq 6 \text{ mm} \quad 6 \text{ mm} \leq lg \leq i$$

- 1 : Garnitures d'étanchéité (y compris garniture assurant l'étanchéité à l'eau par réaction mécanique si la garniture extérieure est conforme au « Protocole d'essais – Etanchéité à l'eau aux angles montant / traverse des profilés d'étanchéité vitrage travaillant par réaction mécanique »)
- 2 : Drainages (cumul des drainages 250 mm² minimum par tranche de 1 m de largeur de vitrage)
- 3 : En traverse basse et en partie basse des montants (sur 200 mm minimum), calfeutrement complémentaire entre le pied de parclose et le fond de feuillure recevant le vitrage
- 4 : Equilibrage des pressions de la feuillure à verre avec la pression extérieure réalisé hors traverse basse d'une section d'au moins 50 mm²

Figure : Exemple de drainage renforcé

6.2.3 Synthèse des drainages possibles en fonction des principaux calfeutremments vitrage utilisés

Système	Produit de calfeutrement		Liaison châssis vitrage	Type de drainage possible
	Garniture extérieure	Garniture intérieure		
Mono barrière	Absente (sur au moins une des rives du vitrage)	Mastic ou Mastic en bande préformée ou Profilé compact ou Profilé cellulaire (mousse)	Parcloses extérieures	Rapide
		Mastic ou Profilé compact	En rainure	
Double barrière	Profilé compact		En rainure	Rapide
	Profil compact "avec angles étanches**"			Renforcé ou Rapide
	Mastic			Classique ou Renforcé ou Rapide
	Profilé cellulaire (mousse)		Parcloses intérieures ou extérieures	Rapide
	Profilé compact			
	** Profilé compact ou Profilé cellulaire (mousse)	Mastic ou **Mastic en bande préformée	Parcloses intérieures	Renforcé ou Rapide
	Profilé cellulaire (mousse) "avec angles étanches**"			
	Profilé compact "avec angles étanches**"			
	** Profilé compact "avec angles étanches**" ou Profilé cellulaire (mousse) "avec angles étanches**"	Mastic ou **Mastic en bande préformée	Parcloses intérieures ou extérieures	Classique ou (Renforcé si parcloses intérieures) ou Rapide
	Mastic ou Mastic en bande préformée			
Mastic ou **Mastic en bande préformée	** Profilé compact ou Profilé cellulaire (mousse)			

Les profils compacts ou cellulaires (mousse) indiqués dans le tableau ci-dessus correspondent à des profils de calfeutrement vitrage compacts ou cellulaires caoutchouc ou thermoplastiques élastomères ou autre, assurant l'étanchéité à l'eau par réaction mécanique

* qualifié pour la mise en œuvre en garniture extérieure selon le protocole « Etanchéité à l'eau aux angles montant / traverse des profils d'étanchéité vitrage travaillant par réaction mécanique »

**En cas de garnitures extérieure et intérieure différentes qui sont mises en œuvre par compression, elles ne peuvent être associées que si elles ont les mêmes caractéristiques de rigidité ou compression ou si elles sont mises en œuvre avec un dispositif anti-écrasement ou dans une rainure ou feuillure de la joue de feuillure ou de la parclose permettant de calibrer la compression de la garniture et de reprendre l'effort de réaction de la garniture opposée. En cas de vitrages isolants, l'effort de compression doit être inférieur à la contrainte admissible en compression de l'intercalaire vitrage et de son scellement.

7. CONCLUSION GENERALE

Cette étude a été conduite en parallèle de la révision des normes expérimentales françaises XP P20-650-1 et -2 concernant la pose des vitrages en atelier pour les fenêtres, portes-fenêtres, châssis fixes et ensembles menuisés. La norme XP P20-650-2 concerne spécifiquement les menuiseries bois. A l'issue de cette révision, ces normes expérimentales seront converties en normes françaises NF P20-650-1 et -2.

Dans le cadre des normes XP P20-650-1 et -2, il existe 2 types de drainages vitrage pour les menuiseries bois, le drainage « classique » et le drainage « rapide ».

Il existe une demande récurrente de la part des professionnels de la menuiserie extérieure pour qu'existent d'autres solutions de drainages que celles prévues par la norme :

- ✓ Le drainage « classique » est perçu comme simple à mettre en œuvre mais trop restreint dans les choix des calfeutrements vitrage compatibles,
- ✓ Le drainage « rapide » est perçu comme compliqué à mettre en œuvre mais compatible avec tous les systèmes de calfeutrements vitrage.

Dans le cadre de ses objectifs, cette étude a permis, sur des bases étayées et consolidées, de proposer à la commission de normalisation de nombreuses modifications de la norme XP P20-650-2 concernant les menuiseries bois, ainsi il a été proposé :

- des nouvelles règles descriptives simplifiées et élargies pour les drainages rapides augmentant le champs des solutions possibles et aboutissant à des drainages rapides plus simples à mettre en œuvre.
- Un nouveau protocole d'essais plus efficace et plus rapide pour la recherche d'équivalence au drainage rapide concernant des solutions de drainages rapides proposées par des fabricants mais non strictement conformes aux règles descriptives normatives.
- Un type de drainage vitrage supplémentaire, le drainage « renforcé » compatible avec un plus grand nombre de calfeutrements vitrage que le simple drainage « classique » notamment avec des calfeutrements assurant l'étanchéité à l'eau par réaction mécanique sous réserve que ceux-ci soient conformes à un nouveau protocole défini dans le cadre de cette étude (Protocole d'essais – Etanchéité à l'eau aux angles montant / traverse des profilés d'étanchéité vitrage travaillant par réaction mécanique). Ainsi ces calfeutrements ne seraient plus limités aux drainages rapides.

Les propositions faites permettent donc de simplifier la mise en œuvre du drainage « rapide ». Elles permettent aussi de ne pas limiter au drainage « rapide » certains calfeutrements vitrage assurant l'étanchéité à l'eau par réaction mécanique.

Les propositions présentées dans le cadre de cette étude ont été faites à la commission de normalisation dans le cadre de la révision des normes françaises expérimentales XP P20-650-1 et -2 et de leur conversion en normes françaises NF P20-650-1 et -2. Ces propositions ont été discutées et validées lors de la réunion de la commission de normalisation du 14 septembre 2020 mais la présente étude a été terminée avant la fin des travaux de la commission et avant passage en enquête publique des projets de normes, **ainsi les versions définitives des normes NF P20-650-1 et -2 pourront présenter, après éventuels futurs débats en commission de normalisation, des modifications par rapport aux propositions réalisées dans le cadre de cette étude. Il faudra donc se référer aux normes NF P20-650-1 et -2 à leur sortie.**

8. ANNEXES, propositions détaillées pour modification de la norme XP P20-650-2

8.1 Protocole d'essais – Recherche d'équivalence au drainage rapide

8.1.1 Généralités

La technique du drainage rapide de la feuillure à verre étant susceptible d'être mise en œuvre sous de multiples formes, il est impossible de procéder, de manière simple, à une normalisation descriptive.

La présente méthode consiste donc à définir les moyens expérimentaux pour établir l'équivalence entre le drainage proposé et le drainage rapide de référence.

8.1.2 Principe

✓ **Principe de base**

La salubrité est évaluée par la mesure du taux d'humidité du bois en fond de feuillure au moyen de sondes d'un humidimètre électrique disposées à demeure, dans des positions définies, dans le bois constituant le fond de la feuillure.

✓ **Principe opératoire**

On arrose avec de l'eau, de manière cyclique, des échantillons représentant le système de référence et un système proposé.

On mesure le taux d'humidité du bois constituant le fond de la feuillure à l'état initial et à la fin de la phase d'arrosage.

Si la différence entre les reprises d'humidité n'est pas significativement différente avec le système de référence, on conclut à l'équivalence des systèmes de drainage sur le plan fonctionnel.

8.1.3 Méthode d'essais

✓ **Matériel d'essai**

Mesure de l'humidité des pièces

Humidimètre électrique étalonné pour l'essence mise en œuvre dans les pièces ; jeu de sondes restant à demeure dans les pièces pour la mesure avec humidimètre.

Les lectures se font au pourcentage près.

Dispositif d'arrosage

Il s'agit de celui défini par la NF EN 1027, il est constitué :

- De busettes à jet conique plein avec les caractéristiques nominales suivantes :
 - ✓ Angle de 120°,
 - ✓ Débit de 2 l/min,
- De rampe(s) pour recevoir les busettes ci-dessus,
- D'un débitmètre pour contrôler le débit d'eau à ± 10 % près.

Centrale aéraulique

Il s'agit d'une centrale aéraulique reliée au caisson d'arrosage et permettant d'exercer une pression d'air statique de 50 Pa pendant la phase d'arrosage.

La centrale aéraulique doit permettre également d'appliquer un débit d'air de 400 m³/h (± 50) pendant une phase de séchage avec ventilation, l'arrosage étant arrêté et des orifices de ventilation d'au moins 12 000 mm² étant ouverts en haut et en bas du caisson d'arrosage.

Local d'essai

L'essai de comparaison se déroule dans un local ayant une température ambiante de 10 °C au moins et une humidité relative ne dépassant pas 75 %.

8.1.4 Échantillonnage

✓ **Nombre**

10 traverses, d'une longueur d'environ 800 mm pour le système de référence et pour le système à évaluer.

✓ **Exigences qualitatives**

- Même essence (essence imprégnable classe 1 selon NF EN 350-2), même masse volumique et débit identique pour les deux systèmes à comparer,
- Même système d'assemblage des éprouvettes pour les deux systèmes,
- Aucune finition n'est à appliquer sur les deux systèmes de drainage à comparer,
- Le système de référence correspond au drainage rapide de référence.

8.1.5 Montage

✓ **Mise en place du corps d'épreuve**

Installation du dispositif de mesure d'humidité

Sur chacune des 10 pièces d'un système, on monte à demeure, le long d'une ligne parallèle à l'axe longitudinal des pièces, quatre paires de sondes d'un humidimètre électrique le long de chaque traverse, à une profondeur telle que la pointe soit à (5 ± 1) mm du plan d'écoulement ou de stagnation provenant du fond de feuillure.

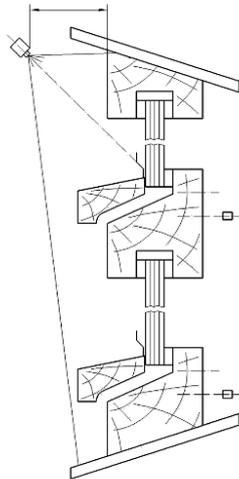
Chaque sonde d'extrémité est disposée à environ 50 mm de l'arasement le plus profond de la pièce.

Les deux paires médianes sont disposées symétriquement par rapport à la mi-longueur telles que les entraxes entre chaque paire soient identiques.

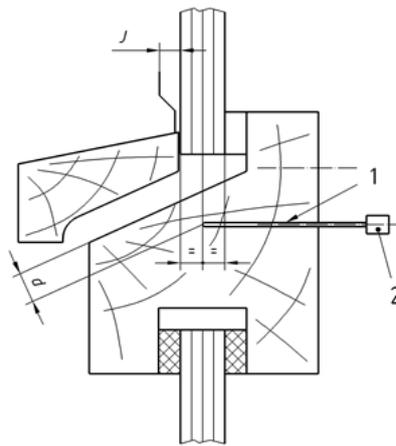
Assemblage des traverses drainées

Superposition des 10 traverses, avec un élément de remplissage simulant le verre (jour d'environ 100 mm entre deux traverses voisines) :

- ✓ Pour les feuillures (ou rainures) comportant le dispositif de drainage, le calfeutrement de la liaison des éléments de remplissage avec les profilés bois est limité à la seule barrière intérieure,
- ✓ Le joint extérieur de la partie basse avec le vitrage doit présenter un jeu compris entre 0,5 mm et 1 mm,
- ✓ Pour les feuillures (ou rainures) du reste du périmètre de l'élément de remplissage, un calfeutrement est prévu en barrière intérieure,
- ✓ Afin de ne pas perturber les mesures par une non-étanchéité des assemblages, les montants assurant la tenue de l'ensemble, sont montés de manière étanche avec les traverses, grâce à un calfeutrement continu. De plus, trois couches de peinture (au moins 100 µm) sont appliquées sur les arasements des traverses.



Maquette avec arrosage



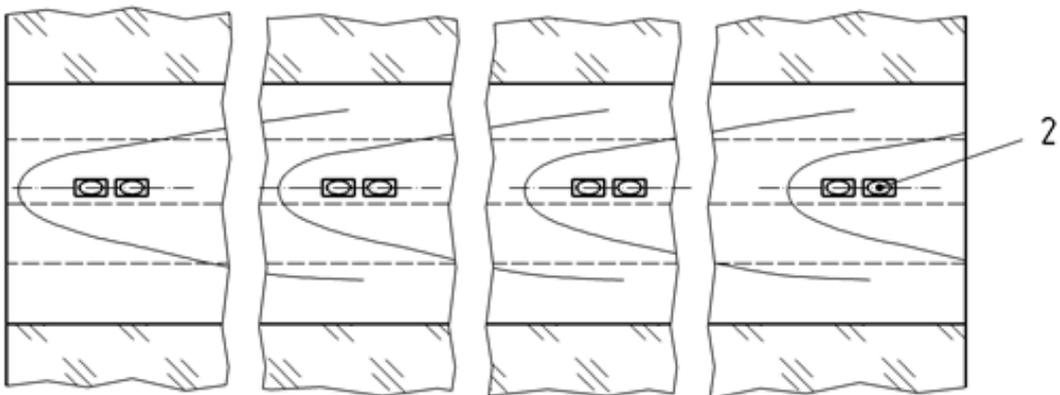
Coupe sur sonde

$d = (5 \pm 1) \quad j = [0,5 - 1] \text{ mm}$

Légende

1 : Sonde

2 : Capteur de la sonde



Élévation sur sondes

Mise en place du dispositif d'arrosage

Par système de drainage, deux busettes à jet conique plein sont espacées de (400 ± 10) mm, et situées à (250 ± 10) mm du plan du nu extérieur de l'élément de remplissage des traverses avec une inclinaison de l'axe des busettes de $(22 \pm 2)^\circ$ par rapport à l'horizontal.

Le débitmètre doit être réglé de telle sorte que chaque busette débite 2 l/min.

Le système de drainage et le dispositif d'arrosage sont placés dans un caisson d'arrosage permettant de réaliser l'arrosage sous une pression d'air statique de 50 Pa.

✓ **Mode opératoire**

Après une phase de conditionnement de 7 jours minimum dans une enceinte climatique avec les conditions suivantes : $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ et $(50 \pm 5)\%$ d'humidité relative, le système de référence et le système à évaluer sont soumis aux épreuves suivantes (toutes les mesures doivent être faites avec le même humidimètre électrique) :

- mesures initiales des taux d'humidité des traverses bois
- 3 heures d'arrosage continu sous une pression d'air statique de 50 Pa
- Arrêt de l'arrosage pendant 2 heures
- mesures des taux d'humidité des traverses bois
- 19 heures de séchage avec ventilation (le débit d'air est de $400\text{ m}^3/\text{h}$ (± 50) avec des orifices de ventilation d'au moins $12\,000\text{ mm}^2$ en haut et en bas du caisson d'arrosage)
- 3 heures d'arrosage continu sous une pression d'air statique de 50 Pa
- Arrêt de l'arrosage pendant 2 heures
- mesures des taux d'humidité des traverses bois
- 19 heures de séchage avec ventilation (le débit d'air est de $400\text{ m}^3/\text{h}$ (± 50) avec des orifices de ventilation d'au moins $12\,000\text{ mm}^2$ en haut et en bas du caisson d'arrosage)
- 3 heures d'arrosage continu sous une pression d'air statique de 50 Pa
- Arrêt de l'arrosage pendant 2 heures
- mesures des taux d'humidité des traverses bois
- 19 heures de séchage avec ventilation (le débit d'air est de $400\text{ m}^3/\text{h}$ (± 50) avec des orifices de ventilation d'au moins $12\,000\text{ mm}^2$ en haut et en bas du caisson d'arrosage)
- 3 heures d'arrosage continu sous une pression d'air statique de 50 Pa
- Arrêt de l'arrosage pendant 2 heures
- mesures des taux d'humidité des traverses bois
- 19 heures de séchage avec ventilation (le débit d'air est de $400\text{ m}^3/\text{h}$ (± 50) avec des orifices de ventilation d'au moins $12\,000\text{ mm}^2$ en haut et en bas du caisson d'arrosage)
- 3 heures d'arrosage continu sous une pression d'air statique de 50 Pa
- Arrêt de l'arrosage pendant 2 heures
- mesures finales des taux d'humidité des traverses bois.

✓ **Exploitation des résultats**

Variation d'humidité par point

Pour chaque point et chaque relevé i , on calcule l'écart d'humidité d_{hi} entre l'humidité finale h_{fi} et l'humidité initiale h_{oi}

$$d_{hi} = h_{fi} - h_{oi}$$

Calcul des moyennes et dispersions

Pour l'ensemble des 40 points de mesure de chaque système, on calcule, à l'aide des formules de l'Annexe A de XP P20-650-2, pour les d_{hi} :

- la moyenne R_g en référence avec la formule (A.1) ;
- et leur écart type s_g en référence avec la formule (A.2).

Facteur de comparaison des moyennes

On suppose une distribution normale des n_x et n_{ref} résultats de chaque série.

(Les indices *ref* et *x* se rapportent respectivement au système de référence et au système proposé).

Pour la reprise d'humidité, on calcule la quantité :

$$E = \frac{|R_{gx} - R_{gref}|}{\sqrt{\frac{s_{gref}^2}{n_{ref}} + \frac{s_{gx}^2}{n_x}}}$$

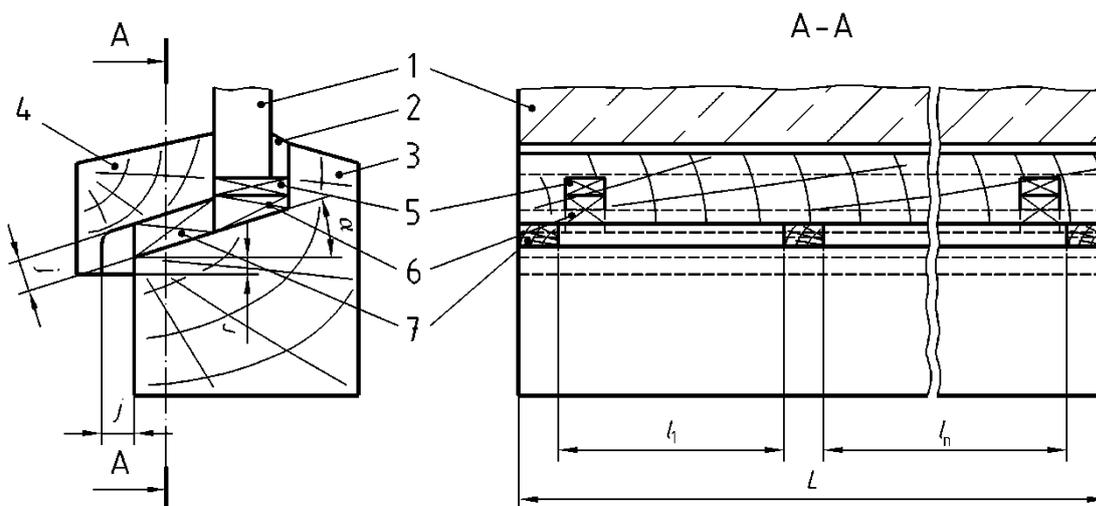
8.2 Drainages rapides

8.2.1 Spécification du drainage rapide de référence

Dans le contexte d'une vérification de performance, il sert de référence à tout système qui recherche l'équivalence.

Le drainage rapide de référence comporte les éléments suivants pour la feuillure recevant la rive basse du vitrage :

- une feuillure extérieure en pente, de 10° au moins sous l'horizontale sur toute la longueur et toute la largeur de la feuillure ;
- des fentes de 5 mm d'épaisseur minimale dont la longueur cumulée (au passage le plus étroit de ces fentes) représente au moins 40 % de la longueur en fond de feuillure de la traverse basse ;
- un fond de feuillure abrité par une parclose – rejet d'eau.



$$j \geq 5 \text{ mm}$$

$$r \geq 0$$

$$\alpha \geq 10^\circ$$

Le somme cumulée des l_i doit être supérieure ou égale à 40% de L .

Légende

- | | | | |
|---|----------------------|---|----------------------------------|
| 1 | Vitrage | 5 | Cale d'assise |
| 2 | Calfeutrement | 6 | Cale de compensation de la pente |
| 3 | Listel de feuillure | 7 | Cale support parclose |
| 4 | Parclose rejet d'eau | | |

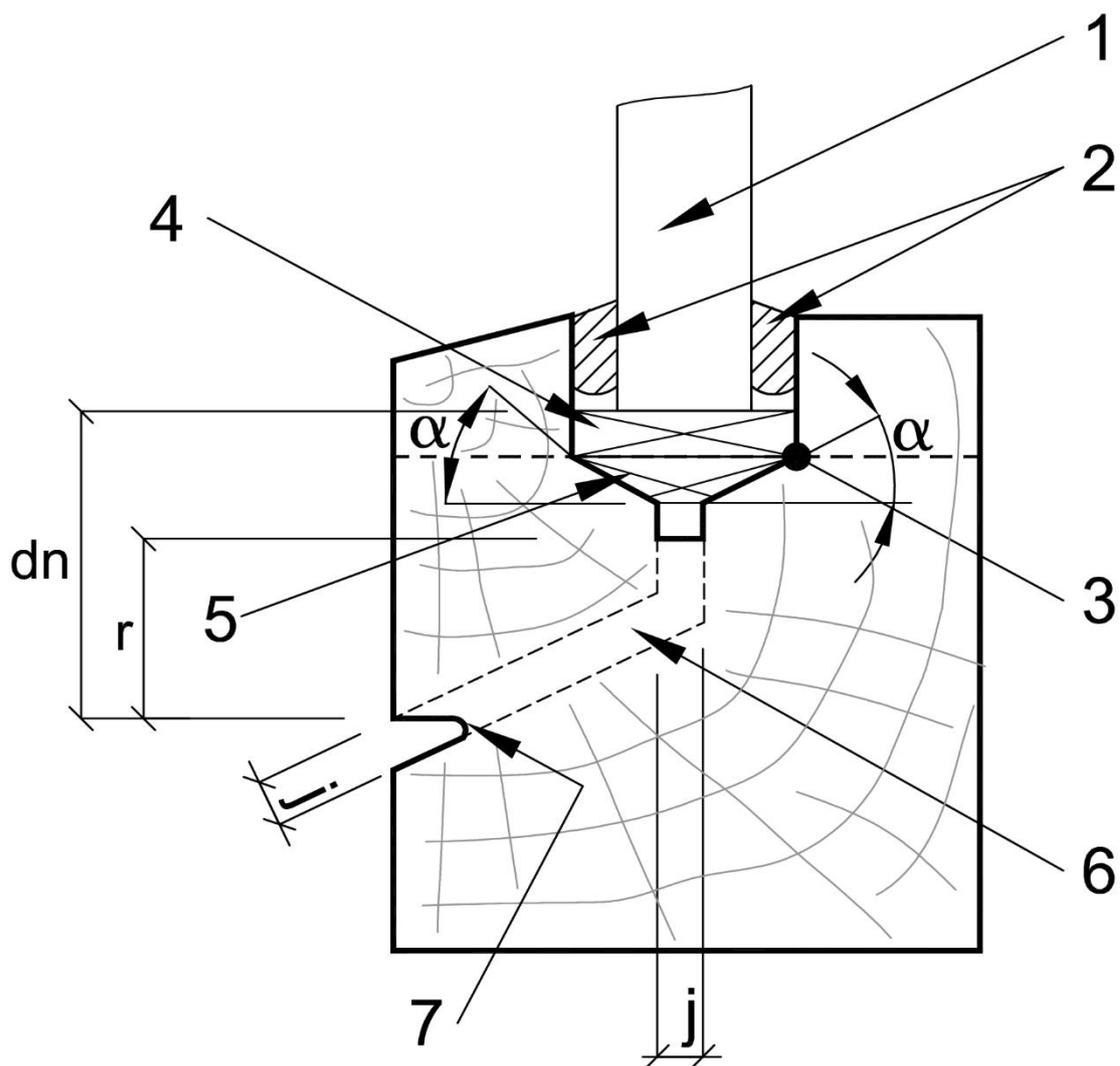
8.2.2 Drainages rapides équivalents à celui de référence

Les drainages rapides dispensés de recherche d'équivalence sont décrits dans le présent paragraphe. Ils sont associés à une feuillure de vitrage extérieure ou intérieure ou une rainure de vitrage. Cependant attention en cas de parclose extérieure, il faut s'assurer de la compatibilité entre la position des pointes de fixation de la parclose et la position des orifices de drainage.

Il comporte les éléments suivants :

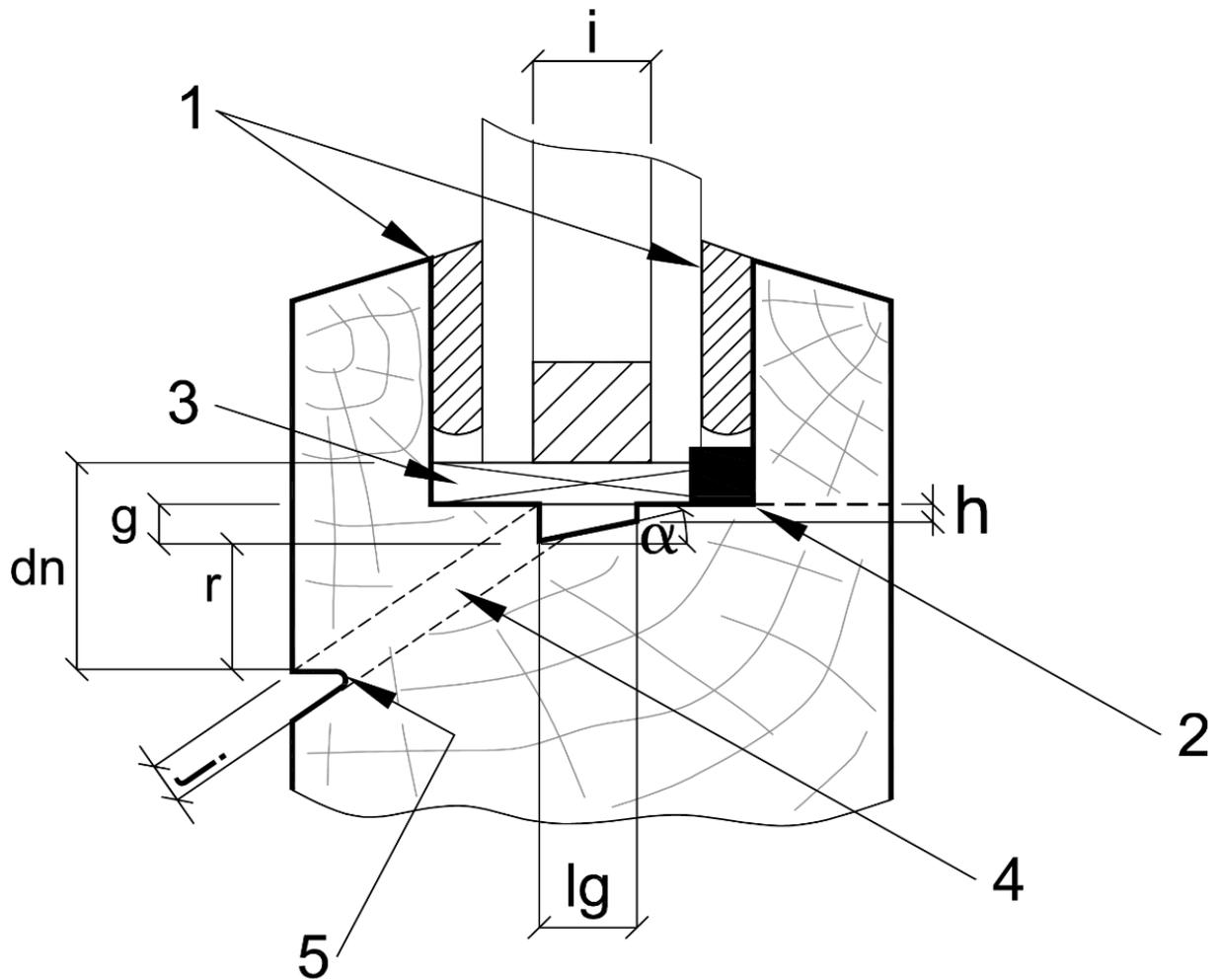
- Sur toute la longueur de la traverse basse du vitrage, l'eau est amenée vers les drainages par soit :
 - un fond de feuillure ou rainure en pente de 10° au moins sous l'horizontale et sur toute la portée de la traverse via ou non une gorge de récupération ; soit
 - une rainure d'une largeur d'au moins 12 mm avec une joue de rainure verticale d'au moins 2 mm et un fond de rainure en pente de 10° au moins sous l'horizontale, rainure au droit de l'intercalaire du vitrage isolant (celui côté extérieur dans le cas d'un triple vitrage) ; soit
 - une rainure d'au moins 6x6 mm au droit de l'intercalaire du vitrage isolant (celui côté extérieur dans le cas d'un triple vitrage)

- En traverse basse du vitrage, la longueur cumulée des orifices de drainage (au passage le plus étroit de ces orifices) doit représenter au moins 40 % de la portée du vitrage; orifices uniformément répartis sur la portée du vitrage et à moins de 50 mm des montants
- La plus petite dimension de l'évacuation d'eau, sur tout son cheminement, doit être au moins égale à 5 mm
- Les orifices de drainage doivent être protégés par un rejet d'eau ou équivalent (cote $r > 0$), leur pente est de 10° au moins, ils doivent déboucher sur un espace dégagé.
- En cas de parclose intérieure, il est obligatoire, en traverse basse et en partie basse des montants (sur 200 mm minimum), de mettre en place un calfeutrement complémentaire entre le pied de parclose et le fond de feuillure recevant le vitrage. Ce calfeutrement complémentaire doit être compatible avec les mastics de scellement des intercalaires des vitrages et les films pvb des vitrages feuilletés selon les modalités de l'Annexe A du NF DTU 39 P1-2 :2006.



- 1 vitrage
 - 2 Calfeutrement
 - 3 Calfeutrement complémentaire pied de parclose si parclose intérieure
 - 4 Cale d'assise
 - 5 Cale de compensation de pente
 - 6 Orifices de drainage sur au moins 40% de la portée du vitrage
 - 7 Exemple de rainure filante optionnelle pour masquage esthétique des orifices de drainage
- $\alpha \geq 10^\circ$
 $J \geq 5 \text{ mm}$
 $r > 0 \text{ mm}$
 $dn \geq 9 \text{ mm}$

Figure 1 : Exemple de drainage rapide avec pente amenant sur toute la portée de la traverse basse l'eau directement vers les drainages ou via une gorge de récupération



- 1 Calfeutrement
- 2 Calfeutrement complémentaire pied de parclose si parclose intérieure
- 3 Cale d'assise
- 4 Orifices de drainage sur au moins 40% de la portée du vitrage
- 5 Exemple de rainure filante optionnelle pour masquage esthétique des orifices de drainage

$h \geq 2 \text{ mm}$

$12 \text{ mm} \leq l_g \leq i$

$g \geq 4 \text{ mm}$

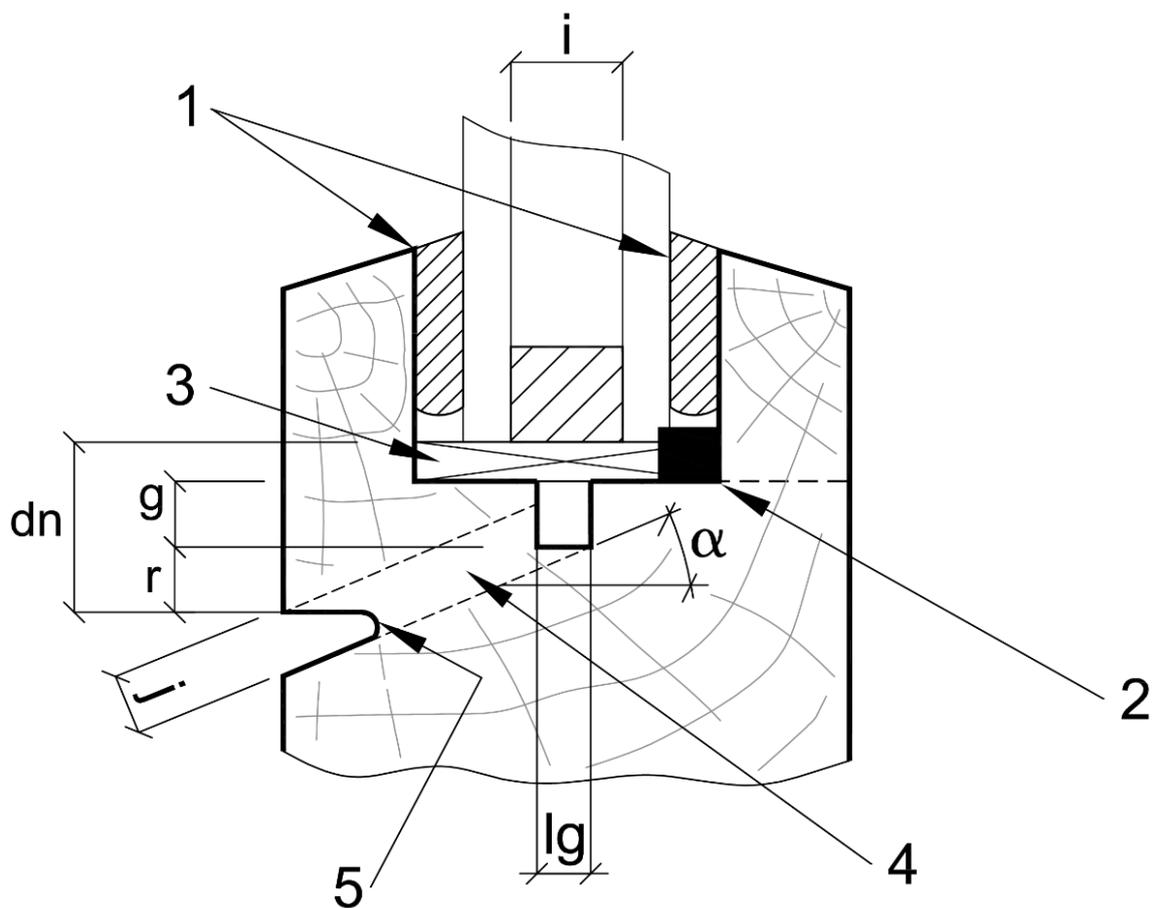
$\alpha \geq 10^\circ$

$J \geq 5 \text{ mm}$

$r > 0 \text{ mm}$

$dn \geq 9 \text{ mm}$

Figure 2 : Exemple de drainage rapide avec rainure de récupération des eaux de 12 mm et fond de rainure en pente



- 1 Calfeutrement
- 2 Calfeutrement complémentaire pied de parclose si parclose intérieure
- 3 Cale d'assise
- 4 Orifices de drainage sur au moins 40% de la portée du vitrage
- 5 Exemple de rainure filante optionnelle pour masquage esthétique des orifices de drainage

$6 \text{ mm} \leq l_g \leq i$

$g \geq 6 \text{ mm}$

$\alpha \geq 10^\circ$

$j \geq 5 \text{ mm}$

$r > 0 \text{ mm}$

$dn \geq 9 \text{ mm}$

Figure 3 : Exemple de drainage rapide avec rainure de récupération des eaux de 6x6 mm

8.2.3 Drainages rapides avec recherche d'équivalence

Tout autre système, s'il justifie son équivalence par le « Protocole d'essais – Recherche d'équivalence au drainage rapide » peut être utilisé comme drainage rapide.

8.2.4 Spécification pour l'équivalence à un drainage rapide

Les essais sont menés selon le «Protocole d'essais – Recherche d'équivalence au drainage rapide».

Le système proposé peut être admis par rapport au système de référence, si la reprise globale d'humidité à l'issue de la phase d'arrosage, conduit à respecter la spécification qui suit.

Algébriquement, la quantité E doit être telle que :

$$E < 1,64$$

Si la spécification n'est pas respectée, le système proposé est, de manière significative, moins efficace que le système de référence et ne peut donc être accepté.

8.3 Protocole d'essais – Etanchéité à l'eau aux angles montant / traverse des profilés d'étanchéité vitrage travaillant par réaction mécanique

8.3.1 *Domaine d'application*

La méthode s'applique aux profilés pour vitrage utilisés sur la face extérieure du vitrage qui revendiquent une étanchéité à l'eau aux angles montants / traverses.

8.3.2 *Principe*

On applique la méthode sur le profilé :

- à l'état initial ;
 - après l'épreuve de vieillissement 28 jours à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % d'humidité relative ;
- Avec le profilé et deux plaques planes, on crée un espace présentant 2 angles montant / traverse que l'on remplit d'eau après un serrage approprié. On vérifie que le profilé est étanche y compris aux 2 angles. On considère le profilé étanche si l'eau ne traverse pas le profilé y compris aux 2 angles. Si de l'eau pénètre dans le profilé mais sans le traverser, il est considéré étanche.

8.3.3 *Matériel et fourniture*

- 2 plaques transparentes planes (verre, ALTUGLASS ou similaire, etc.) de 250 mm x 300 mm environ ;
- un dispositif de réglage de la distance entre les plaques ;
- un jeu de cales pour « calibrer » la distance entre les deux plaques ;
- un réglet pour mesurer la hauteur d'eau ;
- de l'eau potable.

8.3.4 *Échantillonnage*

Pour l'épreuve à l'initial, cinq bandes d'au moins 0,5 m prises au hasard d'autant de bobines.
Pour l'épreuve de vieillissement 28 jours à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % d'humidité relative, cinq bandes d'au moins 0,5 m prises au hasard d'autant de bobines.

8.3.5 *Mode opératoire*

✓ *A l'initial*

- Le profilé est conditionné au minimum 1 semaine dans le climat de référence c'est-à-dire (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % d'humidité relative. A la sortie du climat de référence, on vérifie que l'épaisseur du profilé correspond bien aux tolérances d'épaisseur annoncées par le fabricant ;
- Mettre en place le profilé sur la première plaque transparente en formant un « U » avec 2 angles à 90°: la hauteur des montants est de 150 mm environ, la longueur de la partie basse est de 200 mm environ, la mise en œuvre dans les angles se faisant selon les prescriptions du demandeur ;
- appliquer la seconde plaque transparente ;
- serrer et « caler » à la position P1 prévue par le demandeur (P1 correspond à l'épaisseur maximale du profilé (compression minimale) indiquée par le demandeur une fois mis en œuvre et comprimé sur la menuiserie en atelier) ;
- disposer l'ensemble verticalement ;
- remplir d'eau l'espace déterminé par le profilé de calfeutrement à tester et les 2 plaques transparentes ;
- la hauteur de la colonne d'eau est de (100 ± 1) mm ;
- laisser en charge hydraulique pendant 5 min et observer si l'eau traverse le profilé ;

- Si pour les 5 échantillons, le profilé est étanche poursuivre les étapes suivantes sinon arrêter les essais (résultats non satisfaisants)
- Pour les 5 mêmes échantillons, vider l'eau, desserrer les profilés et les laisser au repos, sans contrainte, à température ambiante 24 h
- serrer et « caler » à la position P1+0,5mm (essai avec une perte de compression du profilé de 0,5 mm par rapport à la position P1)
- disposer l'ensemble verticalement ;
- remplir d'eau l'espace déterminé par le profilé de calfeutrement à tester et les 2 plaques transparentes ;
- la hauteur de la colonne d'eau est de (100 ± 1) mm ;
- laisser en charge hydraulique pendant 5 min et observer si l'eau traverse le profilé ;
- Si pour les 5 échantillons, le profilé reste étanche, l'étanchéité à l'eau du profilé aux angles montant / traverse est validée à l'initial (sans épreuve de vieillissement)

✓ ***Vieillessement 28 jours à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % d'humidité relative***

- Le profilé est conditionné au minimum 1 semaine dans le climat de référence c'est-à-dire (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % d'humidité relative. A la sortie du climat de référence, on vérifie que l'épaisseur du profilé correspond bien aux tolérances d'épaisseur annoncées par le fabricant;
- Mettre en place le profilé sur la première plaque transparente en formant un « U » avec 2 angles à 90°: la hauteur des montants est de 150 mm environ, la longueur de la partie basse est de 200 mm environ, la mise en œuvre dans les angles se faisant selon les prescriptions du demandeur;
- appliquer la seconde plaque transparente ;
- serrer et « caler » à la position P1 prévue par le demandeur (P1 correspond à l'épaisseur maximale du profilé (compression minimale) indiquée par le demandeur une fois mis en œuvre et comprimé sur la menuiserie en atelier) ;
- Placer l'ensemble 28 jours dans une enceinte à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % d'humidité relative ;
- A la sortie de l'enceinte, disposer l'ensemble verticalement ;
- remplir d'eau l'espace déterminé par le profilé de calfeutrement à tester et les 2 plaques transparentes ;
- la hauteur de la colonne d'eau est de (100 ± 1) mm ;
- laisser en charge hydraulique pendant 5 min et observer si l'eau traverse le profilé ;
- Si pour les 5 échantillons, le profilé est étanche poursuivre les étapes suivantes sinon arrêter les essais (résultats non satisfaisants)
- Pour les 5 mêmes échantillons, vider l'eau, desserrer les profilés et les laisser au repos, sans contrainte, à température ambiante 24 h
- serrer et « caler » à la position P1+0,5mm (essai avec une perte de compression du profilé de 0,5 mm par rapport à la position P1)
- disposer l'ensemble verticalement ;
- remplir d'eau l'espace déterminé par le profilé de calfeutrement à tester et les 2 plaques transparentes ;
- la hauteur de la colonne d'eau est de (100 ± 1) mm ;
- laisser en charge hydraulique pendant 5 min et observer si l'eau traverse le profilé ;
- Si pour les 5 échantillons, le profilé reste étanche, l'étanchéité à l'eau du profilé aux angles montant / traverse est validée pour l'épreuve 28 jours à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % d'humidité relative

9. REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement le CODIFAB (COmité professionnel de Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois) pour le financement de cette étude, ainsi que les organisations professionnelles qui se sont impliquées activement dans ce travail : CAPEB, UFME, UMB FFB. L'étude n'aurait pas pu être menée sans la participation des fabricants suivants : Menuiserie Thareaut (fabrication des prototypes de traverses drainées), Joint Dual (fourniture de calfeutrements vitrage). D'autres collaborateurs FCBA se sont aussi impliqués dans cette étude et nous remercions plus particulièrement : Marie-Paule Fornes, Marc Sigrist, Thierry Dassié, Maxence Briquet.