

Essai en coupelle au Gravitest

► Objectif de l'essai

- Déterminer les propriétés de **transmission de vapeur d'eau** d'un matériau : perméabilité, perméance, épaisseur d'air équivalente, facteur de résistance à la vapeur d'eau

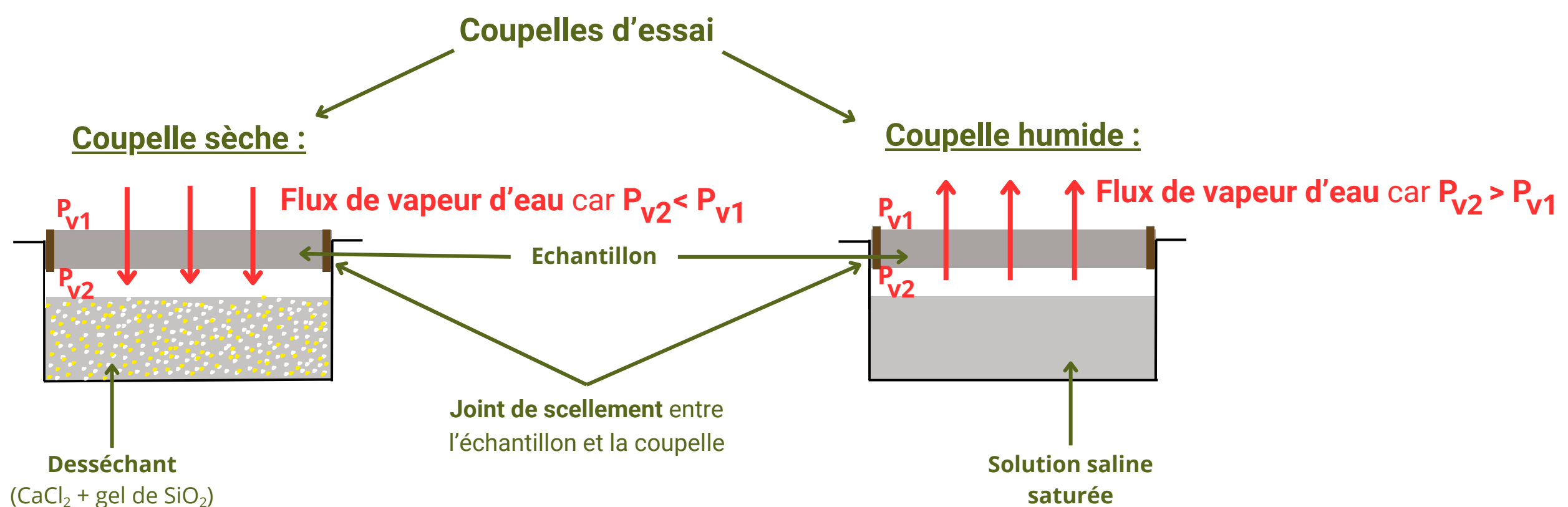
► Définitions

- **Facteur de résistance à la vapeur d'eau μ** : Facteur de combien la résistance à la vapeur d'eau d'un matériau est supérieure à celle d'une couche d'air stationnaire de même épaisseur et à la même température (sans unité)
- **Résistance à la vapeur d'eau Z** : Inverse de la perméance à la vapeur d'eau ($\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} \cdot \text{kg}^{-1}$)
- **Epaisseur d'air équivalente pour la diffusion de vapeur d'eau S_d** : Epaisseur d'une couche d'air calme dont la résistance à la vapeur d'eau est égale à celle de l'éprouvette (m)
- **Perméance à la vapeur d'eau W** : quantité de vapeur d'eau pouvant traverser la surface d'un matériau par unité de temps due à une différence de pression partielle de vapeur d'eau de part et d'autre ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$)
- **Perméabilité à la vapeur d'eau δ** : quantité d'humidité pouvant traverser un mètre du matériau étudié par unité de temps due à une différence de pression partielle de vapeur d'eau de part et d'autre du matériau ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$)

► Principe de l'essai

La méthode de la coupelle consiste à mesurer les **variations de masse** d'une éprouvette en fonction du temps jusqu'à atteindre une **pente constante** qui définit le **débit de transmission d'humidité** à travers l'échantillon en fonction des **conditions d'humidité** préalablement déterminées.

A partir de ce débit, les propriétés de transmission de vapeur d'eau du matériau peuvent être calculées (voir **Traitement des résultats**)



Avec : P_{v2} : Pression partielle de vapeur d'eau dans la coupelle (Pa)
 P_{v1} : Pression partielle de vapeur d'eau au dessus de la coupelle (Pa)

► Préparation des échantillons

- Avant l'essai, les échantillons sont **scellés** aux coupelles pour **empêcher toute fuite d'air** (cire microcristalline ou mastic si matériau rugueux ou peu résistant à la chaleur)
- Pour qu'il y ait un **flux d'humidité** au sein de l'échantillon, il faut que l'air autour de ses deux surfaces opposées soit à une **pression partielle de vapeur d'eau différente**. La température étant constante, il faut donc que le **taux d'humidité** dans l'air soit **différent** dans la **coupelle** et dans l'**enceinte**. Pour cela, suivant les conditions d'essais choisies, un **desséchant** ou une **solution saline saturée** est placé dans la coupelle.

D’après les normes de référence associées, plusieurs conditions d’humidité sont possibles en coupelle sèche ou humide :

Type de coupelle	Référence	Conditions °C - % HR	températures °C	Humidité relative (HR)						Norme(s) associée(s)				
				Intérieur de la coupelle				Condition dans l'enceinte						
				Valeur de consigne	Tolérance %	Type		Valeur de consigne	Tolérance %	NF EN 12086	NF EN ISO 12572	NF EN 1931	NF EN ISO 7783	ASTM E96
sèche	A	23 - 0/50	23 ± 1	0	+ 5	dessicant	CaCl2	50	± 5	oui	oui	-	oui	oui
sèche	B	23 - 0/85	23 ± 1	0	+ 5	dessicant	CaCl2	85	± 5	oui	oui	-	-	oui
humide	C	23 - 50/93	23 ± 1	93	+ 5	solution saline	KNO3	50	± 5	oui	oui	-	oui	-
sèche	D	38 - 0/93	23 ± 1	0	+ 5	dessicant	CaCl2	93	± 5	-	oui	-	-	oui
sèche	E	23 - 0/75	23 ± 1	0	+ 5	dessicant	CaCl2	75	± 5	-	-	oui	-	oui
humide	F	23 - 50/100	23 ± 1	100	- 5	eau distillée	H2O	50	± 5	-	oui	-	-	oui
dépend	S	T - HR1/HR2	T ± 1	HR 1	± 5	suivant besoin du client	?	HR 2	± 5	-	oui *	-	-	oui si HR1= 0 ou 100

Conditions d’humidité possibles et normes associées

→ Deux cas possibles :

Coupelle sèche :

Moins d’humidité dans la coupelle que dans l’enceinte (desséchant dans la coupelle)

→ Pour simuler un matériau en présence de faible humidité

Coupelle humide :

Plus d’humidité dans la coupelle que dans l’enceinte (solution aqueuse dans la coupelle)

→ Pour simuler un matériau en conditions très humides

➤ Traitement des résultats

◦ Débit massique de transmission de vapeur d’eau

$$G = \overline{\Delta m_{ij}} = \frac{m_j - m_i}{t_j - t_i}$$

◦ Perméance à la vapeur d’eau :

$$W = \frac{G}{A \times \Delta P}$$

◦ Perméabilité à la vapeur d’eau :

$$\delta = W \times d$$

◦ Epaisseur d’air équivalente pour la diffusion de vapeur d’eau :

$$S_d = \mu \times d$$

◦ Facteur de résistance à la vapeur d’eau :

$$\mu = \frac{\delta_{Air}}{\delta}$$

G : Vitesse de variation de la masse de l’échantillon (vitesse de transmission de la vapeur d’eau à travers l’échantillon) [kg/s]

$\overline{\Delta m_{ij}}$: Moyenne de 5 déterminations successives de $\overline{\Delta m_{ij}}$ [kg/s]

m_{ij} : Masse de l’assemblage d’essai au temps t_i / t_j [kg]

t_i et t_j : temps successifs de pesées [s]

W : Perméance à la vapeur d’eau par rapport à la pression partielle de vapeur d’eau [kg.m⁻².s⁻¹.Pa⁻¹]

A : Aire exposée de l’éprouvette (moyenne des surfaces inférieure et supérieure) [m²]

ΔP : Différence de pression partielle de vapeur d’eau de part et d’autre du matériau [Pa]

δ : Perméabilité à la vapeur d’eau [kg.m⁻¹.s⁻¹.Pa⁻¹]

d : Epaisseur moyenne de l’éprouvette [m]

μ : Facteur de résistance à la vapeur d’eau

δ_{Air} : Perméabilité de l’air à la vapeur d’eau [kg.m⁻¹.s⁻¹.Pa⁻¹]

$$\delta_{Air} = \frac{0,086 \times p_0}{R_D \times T \times p} \times \left(\frac{T}{273}\right)^{1,81}$$

Sd : Epaisseur d’air équivalente pour la diffusion de vapeur d’eau [m]

► Applications

- Connaître l'aptitude d'un revêtement à empêcher le passage d'eau
- Choisir le bon matériau pour prévenir les problèmes d'accumulation d'eau et de condensation dans un mur qui pourraient entraîner le développement de moisissures

► Exemples de valeurs (mesurées par Tipee)

Type de matériau	μ sec	μ humide
Torchis	9-15	7-10
Terre crue	15-20	12-15
OSB	25-160	35-140
Béton de liège	20-40	-
Béton de terre	12-15	-
Béton de chanvre	27-31	-
Membrane pare-pluie	900-1100	750-1000
Mousse minérale isolante	3-5	-

► Références

- **Norme NF EN ISO 12572** : Performance hygrothermique des matériaux et produits pour le bâtiment - Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau - Méthode de la coupelle
- **Norme NF EN ISO 7783** : Peintures et vernis - Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau - Méthode de la coupelle
- **Norme NF EN ISO 9346** : Performance hygrothermique des bâtiments et des matériaux pour le bâtiment - Grandeurs physiques pour le transfert de masse
- **Norme NF EN ISO 1931** : Feuilles souples d'étanchéité de toiture bitumineuses, plastiques et élastomères - Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau
- **Norme NF EN ISO 12086** : Produits isolants thermiques destinés aux applications de bâtiment - Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau
- **Norme ASTM E96** : Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials