

Absorption rapide de liquide dans un réseau capillaire uniforme

Martin Dubé
Département de physique et Innofibre
Cégep de Trois-Rivières

Colloque de l'ARC
85eme Congrès de l'ACFAS
Montréal, 2017

L'ESSENTIEL

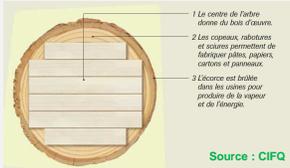
Malgré la crise, la production industrielle de papier sera toujours présente au Québec

Les secteurs de l'emballage et des papiers sanitaires, en hausse, demandent une compréhension accrue des phénomènes de transport des liquides.

2017 : LA FIN DU PAPIER ?

Très forte baisse de la demande dans les secteurs traditionnels : papier journal, papier impression...

... mais le papier est irrémédiablement lié au bois....



Pour le futur ???

Développement de nouveaux types de papiers

Papiers bioactifs



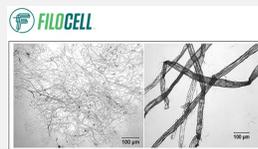
Produits thermoformés



Électronique imprimée



Filaments de cellulose



Augmentation soutenue de la demande dans les secteurs de l'emballage et des papiers sanitaires (2-4% par années)

Un défi ? Contrôle du transport des liquides et gaz

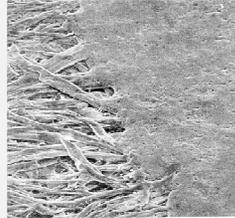
Propriétés barrières aux liquides et gaz en emballage



Absorption rapide des fluides dans les papiers sanitaires

APPROCHE TRADITIONNELLE DE L'ABSORPTION CAPILLAIRE

Structure fibreuse du papier traitée comme un ensemble de capillaires transversaux



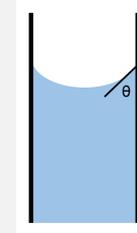
Paramètres de la structure : Rayon des tubes (R)

Répartition des tubes (L)

Paramètres du fluides : Viscosité (η)

Tension de surface (γ)

Interaction papier/fluide : Angle de contact (θ)



Interaction entre le liquide et les paroi du tube crée un ménisque caractérisé par un angle de contact θ

Pression capillaire p_c résulte de la courbure de l'interface

$$p_c = 2 \frac{\gamma \cos \theta}{R_0}$$

Volume de liquide par unité de surface absorbé en fonction du temps

$$w_0 = \pi \frac{R^{3/2}}{L^2} \left[\frac{\gamma \cos \theta}{2\eta} \right]^{1/2} t^{1/2}$$

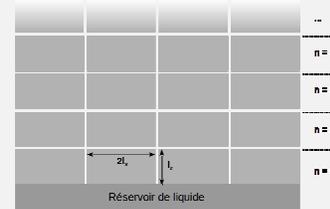
Cette approche néglige l'apport des pores parallèles au plan du papier

Aspect positif : augmentation de la surface spécifique et de la pression capillaire globale.

Aspect négatif : un intervalle de temps ΔT_c est nécessaire au transfert de liquide entre les pores transverses et longitudinaux.

RÉSEAU DE CAPILLAIRES EN DEUX DIMENSIONS

Réseau uniforme de capillaires (rayon R) de longueurs $2l_x$ et l_z , échelonnés en sections séparées ($n=0,1,2,3,\dots$)



Le volume absorbé

en fonction du temps est calculé en sommant le temps requis pour envahir successivement chaque section

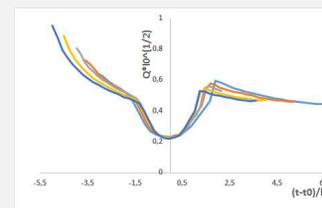
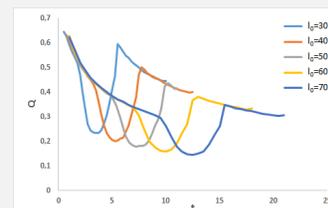
Une série de calculs analytiques permet de trouver la modification apportée par les pores horizontaux et le temps de passage entre ces pores sur le volume absorbé en fonction du temps.

$$w = \frac{1 + 2l_x/l_z}{\left[1 + \left(\frac{2l_x}{l_z} \right) + f\left(\frac{R}{l_z} \right) \right]^{1/2}} w_0$$

L'intervalle de temps ΔT_c peut être estimé en considérant le temps requis au liquide pour franchir un intervalle spatial R situé à une distance nl_z du réservoir :

$$\Delta T_c = f\left(\frac{\eta}{\gamma}\right) nl_z$$

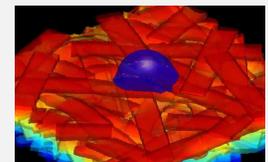
Ceci est confirmé par des simulations numériques directes des équations de Navier-Stokes dans une situation où un capillaire vertical croise deux capillaires horizontaux placés un à une distance l_0 du réservoir. La mesure du débit montre clairement qu'un temps ΔT_c est requis pour franchir la jonction.



CONCLUSIONS/REMERCIEMENTS

• À espacement égal des pores transverses, la présence de pores longitudinaux permet d'absorber les liquides plus rapidement. À porosité égale, il est cependant préférable d'avoir une orientation préférentielle des pores dans une direction transverse au plan du papier.

• L'expression du volume en fonction du temps est validée par des simulations numériques dans des réseaux uniformes. Des simulations sur des structures fibreuses réelles sont en cours.



• Ce travail de recherche est financé par le programme de subvention aux chercheurs de collége du FRQNT.