

Université de Liège
GeMMe - Matériaux de Construction



Influence des composants des interfaces béton - agent démoulant - coffrage sur l'aspect des parements en béton

Luc Courard et Marie Martin
Université de Liège

Béthune, 24 mars 2011

Université de Liège
GeMMe - Matériaux de Construction

Aspect des parements en béton

- Couleur
 - > Composition chimique des constituants
 - > Porosité du béton de peau
 - > Conditions de mise en place
 - > (I. Lallemand et G. Lemaire)
- Texture
 - > Propriétés physiques de la peau
 - > Vides, bulles et fissures



GeMMe - Matériaux de Construction

Université de Liège
GeMMe - Matériaux de Construction

Le béton apparent : influence de l'état de surface du moule sur l'aspect des surfaces

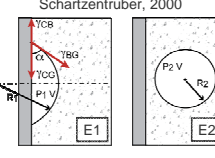
1. Aspect des parements en béton
2. Étude théorique du bullage
3. Coffrages en bois
4. Réutilisation des coffrages en pratique
5. Programme expérimental
6. Résultats
7. Analyse statistique
8. Conclusions

Université de Liège
GeMMe - Matériaux de Construction

Bullage : étude théorique

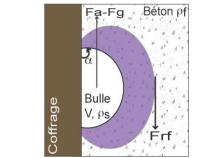
Phase 1 : stabilité

Schartzentruber, 2000



E1

Phase 2 : mouvement



E2

↓

$E1-E2 < 0$

Dépend de γ, V

GeMMe - Matériaux de Construction

Bullage : stabilité des bulles d'air

Schartzentruber, 2000

$E_1 - E_2 < 0$
 Les bulles sont toujours plus stables sur la paroi

$$E_1 - E_2 = 2\gamma_{BG} \left(\frac{1}{3} - \frac{\cos \alpha}{2} + \frac{\cos^3 \alpha}{6} \right) \times \left(\frac{4}{3} \times \frac{R_0^3}{2} - \frac{\cos \alpha}{3} + \frac{1}{3} \cos^3 \alpha \right)^2 - \left(\frac{4}{3} R_0^2 \gamma_{BG} \right)$$

Tension interfaciale béton-air
 Angle de contact
 Rayon de la bulle

Éléments constitutifs de l'interface

Coffrage <ul style="list-style-type: none"> • Absorption • Rugosité • Adhésion 		Béton <ul style="list-style-type: none"> • Affaissement • Seuil de cisaillement • Viscosité • Volume de pâte • Mise en place • Tension superficielle
Démoulant <ul style="list-style-type: none"> • Mouillabilité • Application 		

Gélie Albirol
Matériaux & Environnement

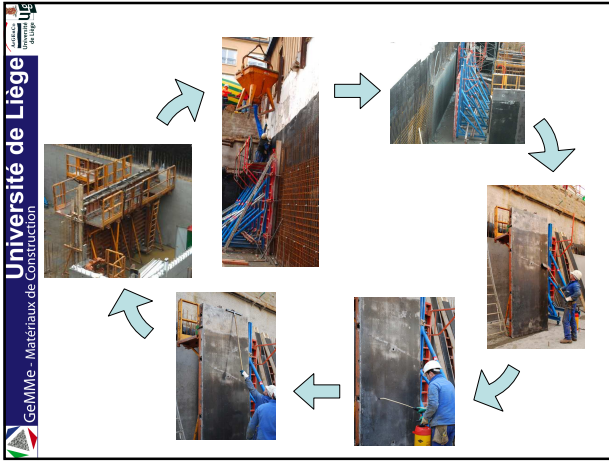
Bullage : stabilité des bulles d'air

- tension interfaciale ↑ bulle moins stable (effet de Sp)
 - rayon de la bulle ↑ bulle plus stable

Martin, 2000

Coffrages en bois

- Bois: un des matériaux de coffrage les plus utilisés.
- Éléments facilement découpés, assemblés et réutilisés.
- Obligation d'utilisation d'un agent démoulant:
 - adhésion
 - protection du béton
- Nécessité d'avoir des propriétés de surface homogènes (absorption d'eau)

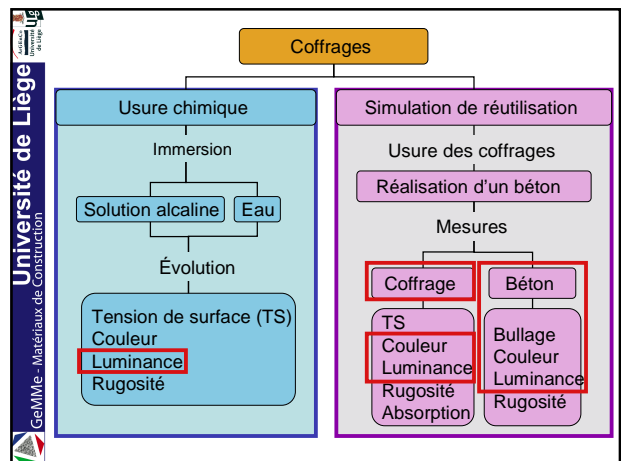


Choix des matériaux

- ❑ Matériaux de coffrage : contreplaqué, bois OSB
- ❑ Agents démoulants : huile minérale, huile végétale
- ❑ Nombre de réutilisations:
 - ❑ Contreplaqué : 1 à 118
 - ❑ OSB : 1 à 51

Coffrages en bois : réutilisation

- Propriétés de surface ?
- Évolution ?
- Contreplaqué ?
- Absorption ↘
- Rugosité ↗



Université de Liège
GEMME - Matériaux de Construction

Usure simulée des coffrages : préparation

OSB : 2, 4, 9, 11, 16, 21, 26, 31, 41, 51 utilisations
 Contreplaqué : 1, 2, 3, 5, 7, 12, 17, 22, 32, 42, 47, 52, 57, 62, 66, 71, 76, 81, 90, 100, 108, 118 utilisations
 Huile minérale et huile végétale

Université de Liège
GEMME - Matériaux de Construction

Le grand jour !!!

- Béton livré
- Table vibrante
- Cure identique

Université de Liège
GEMME - Matériaux de Construction

Usure simulée des coffrages : "tartines"

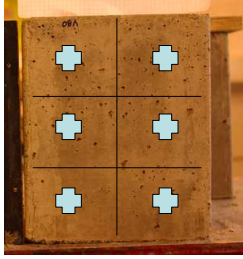
Université de Liège
GEMME - Matériaux de Construction

Mesures du bullage

Proportion de la surface occupée par des bulles de 2 à 15 mm de diamètre

Université de Liège
GeMMe - Matériaux de Construction

Mesures de la teinte

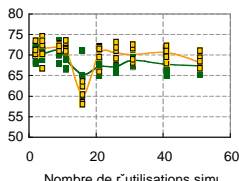


Coordonnées colorimétriques L^* , a^* , b^*

Université de Liège
GeMMe - Matériaux de Construction

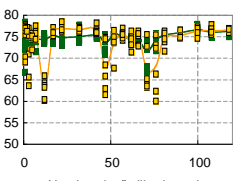
Mesure de la teinte

OSE



Nombre de r'utilisations simi

Contreplaq



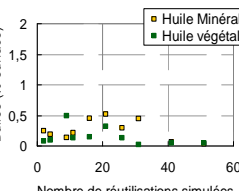
Nombre de r'utilisations sim

- Résultats variables
- Diminution du L^* avec le nombre de réutilisations ?

Université de Liège
GeMMe - Matériaux de Construction

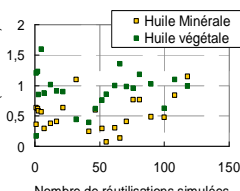
Mesure du bullage

OSB



Nombre de réutilisations simulées

Contreplaqué



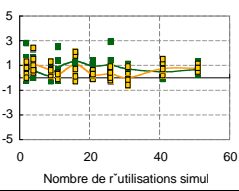
Nombre de réutilisations simulées

- Matériau de coffrage: influence le bullage de surface
- Nombre de réutilisations des coffrages: n'influence pas le bullage des surfaces

Université de Liège
GeMMe - Matériaux de Construction

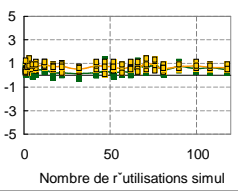
Parfois ... que dire ????

OSB



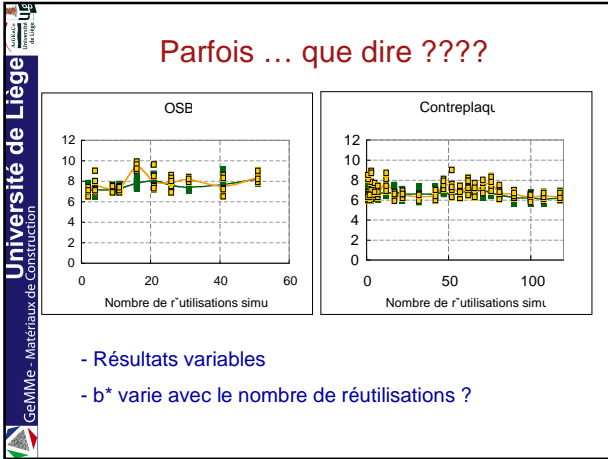
Nombre de r'utilisations simul

Contreplaqu



Nombre de r'utilisations simul

- Résultats variables
- a^* ne varie pas avec le nombre de réutilisations ?



Statistiques au secours de la couleur : ANOVA à 1 critère de sélection

□ FC

$$FC = \frac{(\sum X)^2}{N}$$

□ SC

$$SC_{total} = \sum X^2 - FC$$

$$SC_{trait} = \sum \left(\frac{T_j^2}{n_j} \right) - FC$$

$$SC_{erreur} = SC_{total} - SC_{trait}$$

□ Degrés de liberté

$$dl_{total} = N - 1 \quad dl_{trait} = k - 1$$

$$dl_{erreur} = N - k$$

□ CM

$$CM_{trait} = \frac{SC_{trait}}{dl_{trait}} \quad CM_{erreur} = \frac{SC_{erreur}}{dl_{erreur}}$$

□ F_{obs}

$$F_{obs} = \frac{CM_{trait}}{CM_{erreur}}$$

Statistiques au secours du bullage : influence du coffrage

H0 : V_{OSB} = V_{Contreplaqué}
H1 : V_{OSB} ≠ V_{Contreplaqué}

$$F = \frac{V_{contreplaqué}}{V_{OSB}}$$

F > F_{0,05-dfin-dsdd}
V_{OSB} ≠ V_{contreplaqué}
M_{OSB} ≠ M_{contreplaqué}

	CP	OSB
N	46	20
M	0,718	0,206
V	0,124	0,026
F	4,78	
F _{0,05-dfin-dsdd}	2,01	

Le matériau de coffrage influence le bullage de surface

Statistiques au secours de la couleur : ANOVA à 1 critère de sélection

CP	Huile végétale			Huile minérale		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
F _{obs}	4,58	5,24	3,20	10,95	1,98	5,46
F _{0,05-dfin-dsdd}	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65

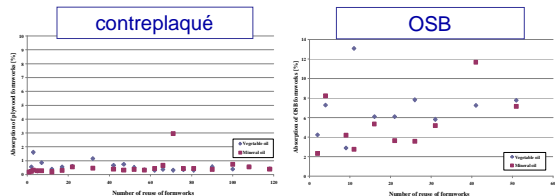
OSB	Huile végétale			Huile minérale		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
F _{obs}	6,11	1,29	4,51	20,06	2,75	9,26
F _{0,05-dfin-dsdd}	2,073	2,073	2,073	2,073	2,073	2,073

L* et b* varient avec le nombre de réutilisations des coffrages
a* varie avec le nombre de réutilisations des coffrages **sauf** OSB/huile végétale

Influence de la réutilisation des coffrages sur l'aspect des parements

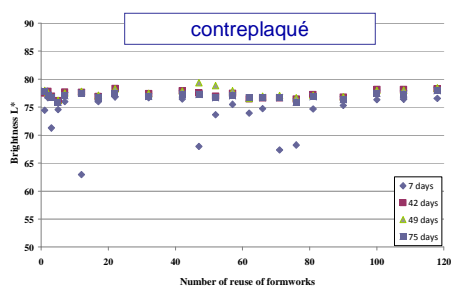
- ❑ Les mesures de couleur et de bullage des surfaces présentent une grande variabilité.
- ❑ L'analyse des résultats doit passer par une étude statistique.
- ❑ Le bullage de surface est influencé par le matériau constitutif du coffrage et ne varie pas avec la réutilisation des surfaces.
- ❑ Les coordonnées colorimétriques varient avec la réutilisation des coffrages.

Evolution de l'absorption des coffrages en fonction du nombre de réutilisations



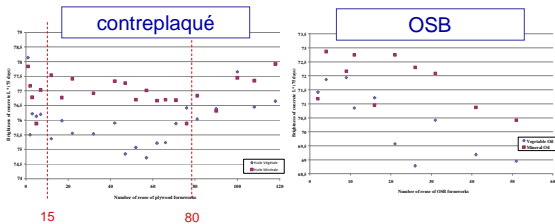
- Le type d'huile n'a pas d'influence
- Les coffrages en contreplaqué résistent mieux à la réutilisation
- L'absorption d'eau des coffrages en contreplaqué reste entre 0 et 1%

Evolution de la luminance du coffrage en fonction du nombre de réutilisations

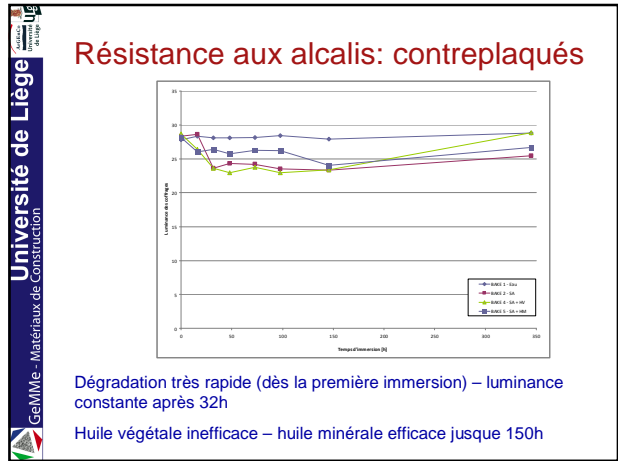
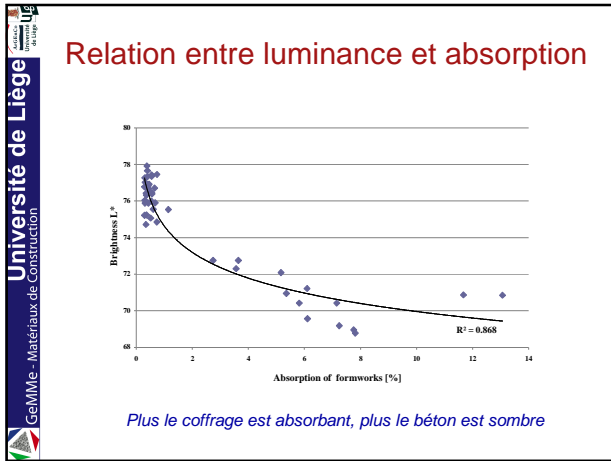


- La variabilité des mesures de luminance diminue avec le temps
- La luminance augmente légèrement avec le temps

Evolution de la luminance du béton en fonction du nombre de réutilisations



- Coffrages en contreplaqué: 3 zones (mise en place, stabilité, dégradation)
- Le type d'huile a une influence sur le nombre de réutilisations (sans perte de luminance): 80 pour huile minérale et 50 pour huile végétale



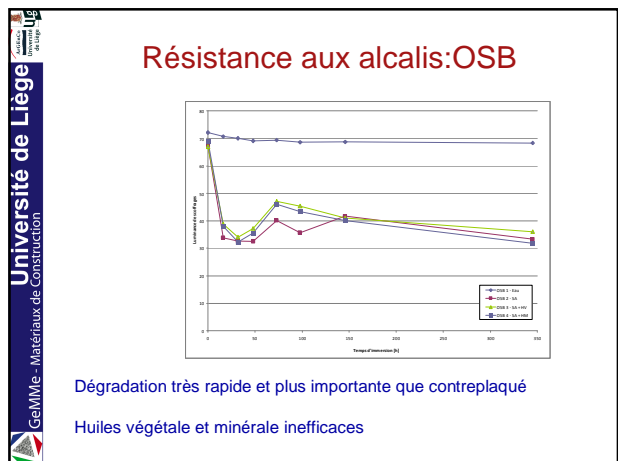
Université de Liège
GeMMe - Matériaux de Construction




Résistance aux alcalis

- Deux actions de détérioration des coffrages:
 - Mécanique
 - Chimique

	Condition 1	Condition 2	Condition 3	Condition 4
Solution	Tap water	Alkaline solution	Alkaline solution	Alkaline solution
Release agent	no	no	Vegetable oil	Mineral oil
Plywood formwork	BAKE 1	BAKE 2	BAKE 4	BAKE 5
OSB formwork	OSB 1	OSB 2	OSB 3	OSB 4

- Solution concentrée
- 345 heures






Université de Liège
 GeMMe - Matériaux de Construction


Conclusions

- ❑ La surface des panneaux en contreplaqué change avec le nombre de réutilisations (luminance L*):
 - ❑ zone de stabilité entre 20 and 80;
- ❑ Le type d'agent démoulant est important:
 - ❑ max 50 réutilisations avec huile végétale;
- ❑ Le type d'agent démoulant n'a pas d'influence sur l'absorption d'eau par le coffrage
 - ❑ très faible pour contreplaqué (entre 0 et 1%) après 120 utilisations.
 - ❑ très importante pour OSB;
- ❑ Les coffrage en OSB sont très sensibles à la réutilisation:
 - ❑ dès 15 réutilisations, la luminance diminue
 - ❑ le panneau OSB devient plus absorbant et le béton plus sombre;
- ❑ L'eau n'influence pas les propriétés de surface du coffrage et du béton
 - ❑ les alcalins causent une dégradation du coffrage;
 - ❑ l'huile peut ne pas être suffisante pour le protéger (huile végétale).

Université de Liège
 GeMMe - Matériaux de Construction

Références



1. *Martin M (2007) Study of the texture of vertical formworked concrete surfaces. PhD Thesis, Université Laval (Quebec, Canada) and Université de Cergy-Pontoise (France) : 225p (in French).*

- ❑ *Influence of the reuse of OSB and marine plywood formworks on concrete facing color. L Courard, M. Martin, C. Goffinet, N. Migeotte, , J. Piérard and V. Polet. Materials and structures (sent for publication)*





Université de Liège
 GeMMe - Matériaux de Construction

Merci pour ce travail



- ❑ Cécile Goffinet et Nathalie Migeotte (Mst Thesis)
- ❑ Frédéric Michel, ULg
- ❑ Marcel Deravet, IFSB (Luxembourg)
- ❑ Julie Piérard, CSTC (Belgique)
- ❑ Région Wallonne







Université de Liège
 GeMMe - Matériaux de Construction



Merci de votre attention