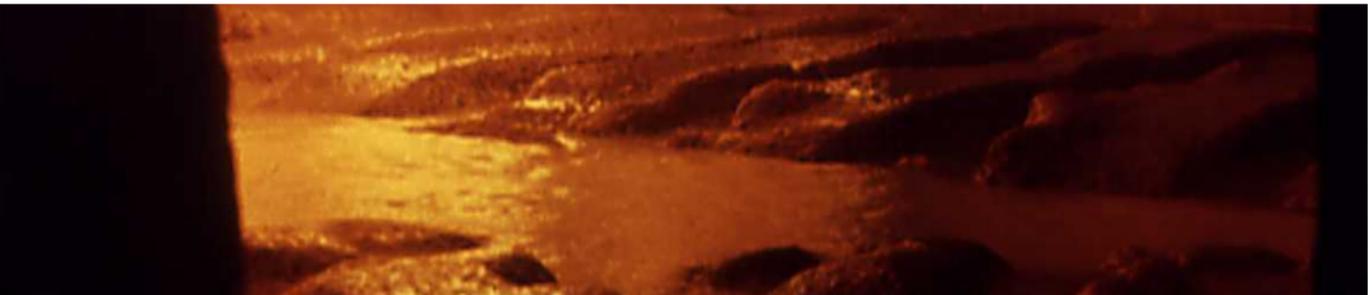




6 octobre 2021

MIG Verre 4.0

F. Pigeonneau, R. Castellani











Transparence



Transparence

Capacité de formage



Transparence

Capacité de formage Rigidité mécanique



Transparence

Capacité de formage Rigidité mécanique



Durabilité chimique

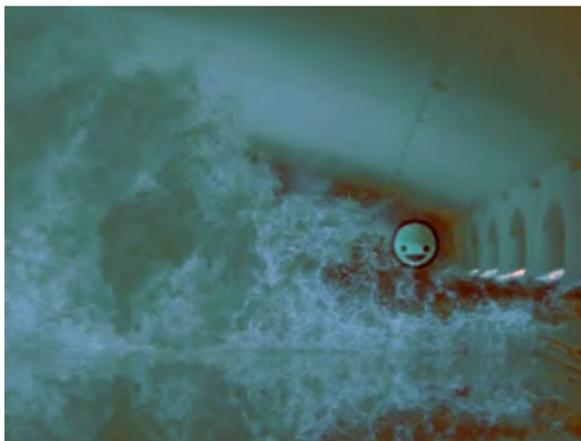
Transparence

Capacité de formage Rigidité mécanique



Durabilité chimique

Recyclable



- ▶ Élaboration à haute $T \sim 1500^{\circ}\text{C}$:
 - ▶ 19% de l'énergie française soit 1750 TWh.
- ▶ Émission en CO_2 élevée \rightarrow 1 Tonne de verre entraîne la libération de 500 kg de CO_2 :
 - ▶ 0,6% des émissions nationales.
 - ▶ horizon 2050 : Réduction de 55 % des émissions de CO_2 .

► Recycler



► Transition énergétique

- Énergie fossile vs. énergie électrique ;
- Combustion H₂

► Recycler



► Transition énergétique

- Énergie fossile vs. énergie électrique ;
- Combustion H₂

Enjeux environnementaux de son élaboration et procédés de coloration et de renforcement mécanique

1. Organisation

1ère semaine

Cours

Séminaires :

X. Capilla (Int. du verre)

J.-M. Flesselles (Isover)

C. Payen (VERALLIA)

A. Fredholm (Corning)

Visites :

Saint-Gobain

Saverglass

Pochet du Courval

Verrerie de Biot

Semaines 2 & 3 à Sophia Antipolis

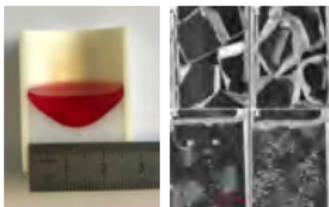
Mini-projets

Synthèse

2. Mini-projets

Mini-projet 1 : Analyse du cycle de vie des bouteilles

Mini-projet 2 : Recyclage du verre



- ▶ Bénéfices de l'ajout de verre recyclé (calcin)
- ▶ Expériences de fusion de calcin ménager

Mini-projet 3 : Coloration du verre



- ▶ Expérience de mélange dans des cuves d'agitation ;
- ▶ Principe de l'analyse dimensionnelle ;
- ▶ Simulation numérique Ansys Fluent.

2. Mini-projets

Mini-projet 4 : Renforcement mécanique

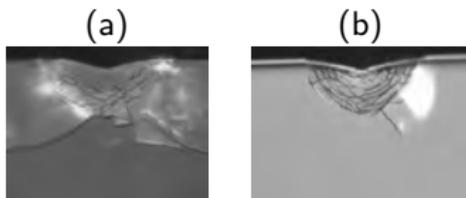
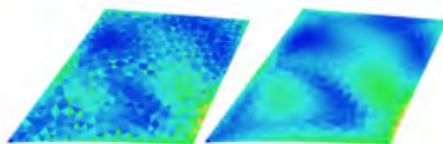


Figure 1 – Indentation (taille $\sim 50 \mu\text{m}$) de verres (a) non trempé, (b) trempé chimiquement.

- ▶ Trempe thermique
- ▶ Trempe chimique par échange ionique
- ▶ Diffusion et calcul de l'état de contrainte

Mini-projet 5 : Formage du verre à froid



- ▶ Déformation sous l'effet de la gravité, théorie de Kirchoff-Love ;
- ▶ État de contrainte à forme imposée ;
- ▶ Dimensionnement des renforts nécessaire au maintien de la forme ;
- ▶ Analyse par méthode aux éléments finis, Abaqus.

3. Contacts

- ▶ Franck Pigeonneau : franck.pigeonneau@mines-paristech.fr.
- ▶ Romain Castellani : romain.castellani@mines-paristech.fr.