La saga du Verre

LE VERRE : UN MATÉRIAU UNIQUE, DES PROCÉDÉS EXCEPTIONNELS



LE VERRE: LA TRANSPARENCE

SAINT GOBAIN GLASS

CAFE

30 SEC

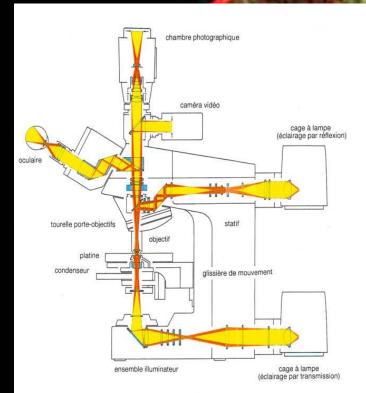
FINAL

www.saint-gobain-glass.com/in

VOIR L'INFINIMENT GRAND



VOIR L'INFINIMENT PETIT





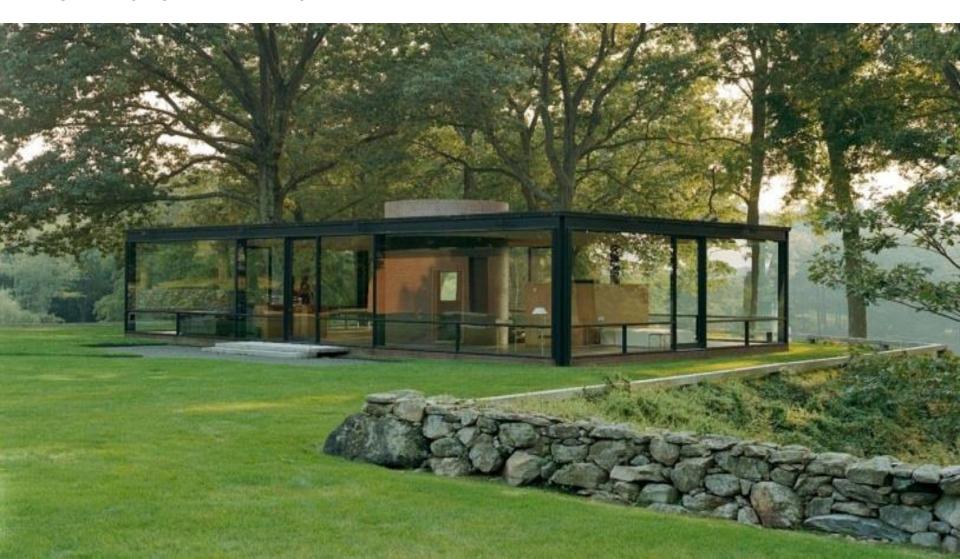


LE VERRE:

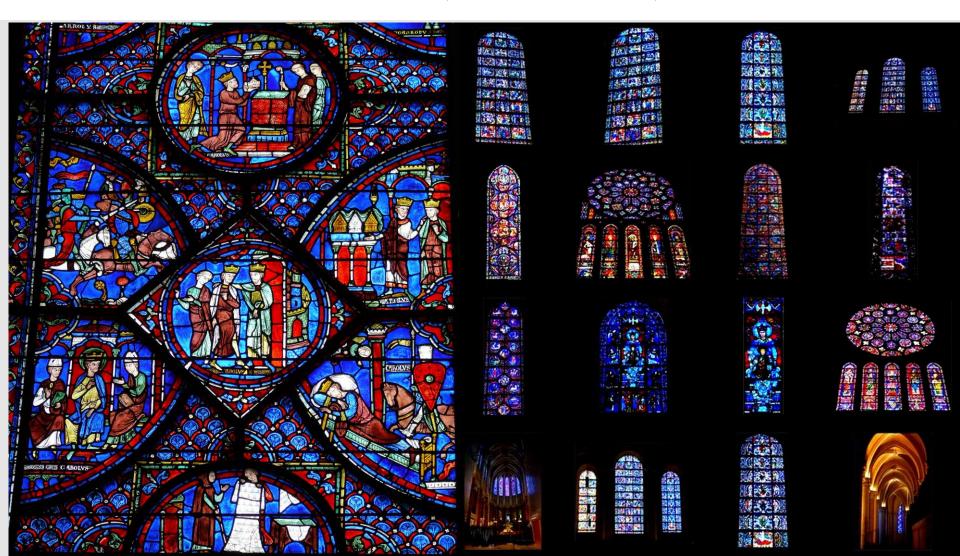
UN MATÉRIAU AUX PROPRIÉTÉS

INÉGALABLES

PROPRIÉTÉS DU VERRE : TRANSPARENT



PROPRIÉTÉS DU VERRE : RÉSISTANT AU TEMPS (Chartres XII-XIIIe siècle)



PROPRIÉTÉS DU VERRE : RÉSISTANT AUX PRODUITS CHIMIQUES



PROPRIÉTÉS DU VERRE : RÉSISTANT À LA TEMPÉRATURE



RÉSISTANCE MÉCANIQUE, À L'ÉCHELLE HUMAINE... ET PLUS...





PROPRIÉTÉ DU VERRE : TRÈS DUR... le verre rayé par le diamant







PROPRIÉTÉS DU VERRE : UN SOLVANT EXCEPTIONNEL

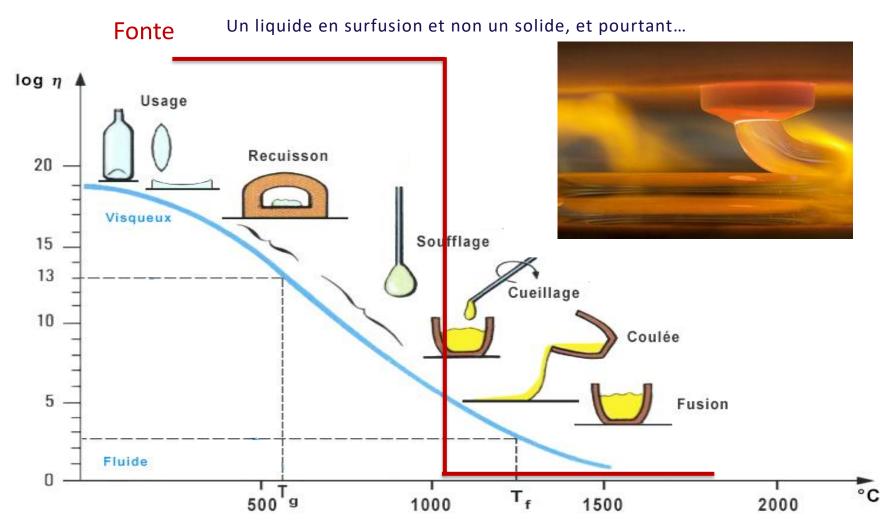
Solvant & conditionnement des déchets radioactifs



UN COMPORTEMENT EXCEPTIONNEL

SA VISCOSITÉ VARIABLE AVEC LA TEMPÉRATURE :

PROPRIÉTÉS DU VERRE : UN MATÉRIAU INFINIMENT MODELABLE

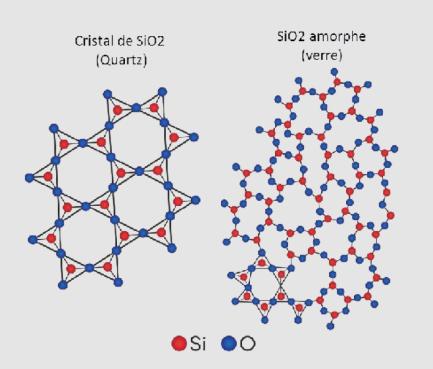


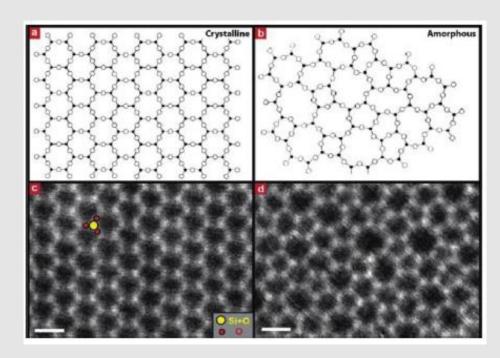
GRANITE, SABLE, QUARTZ, VERRE, UN ÉLÉMENT COMMUN : LA SILICE SIO₂

LA SILICE : le matériau le plus abondant sur Terre, chimiquement très stable



LA SILICE SIO₂: UNE STRUCTURE UNIQUE

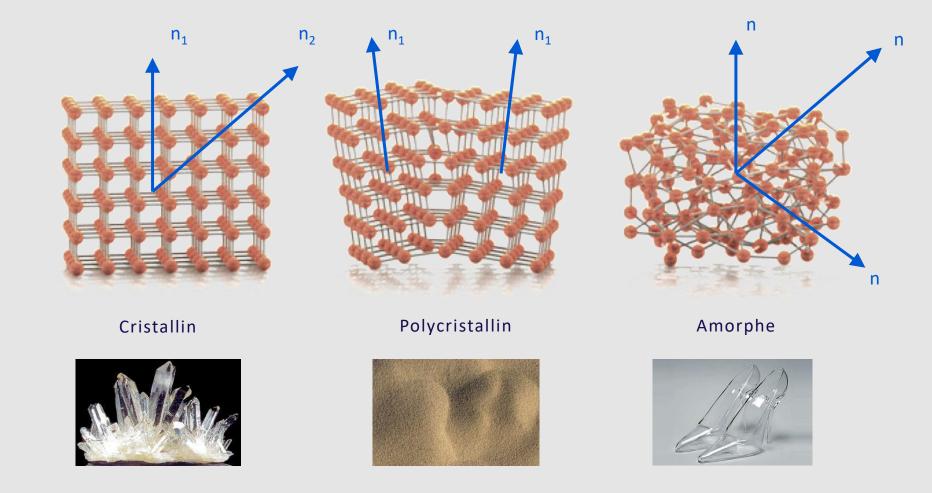




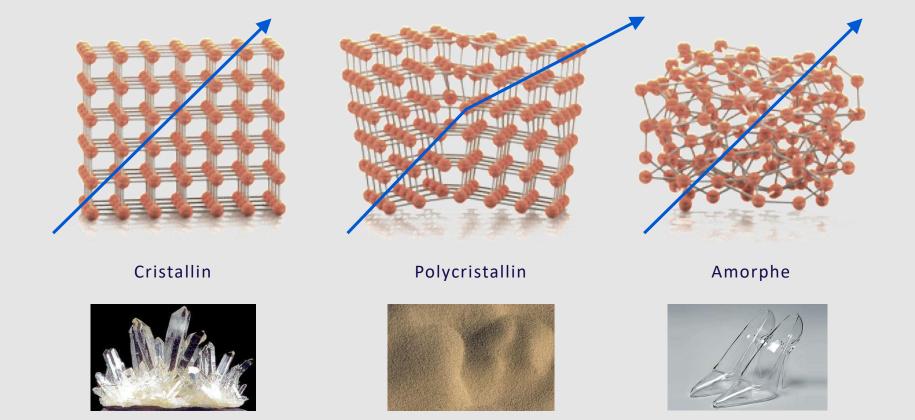
Extrême robustesse (liaison SiO)
Formable et transparent (structure amorphe)

Microscopie électronique

LA TRANSPARENCE



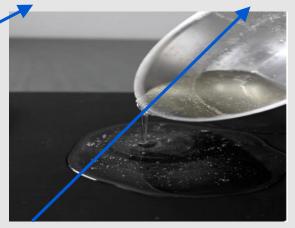
LA TRANSPARENCE



EXEMPLE COURANT: LE SUCRE







Mono-cristallin

Poudre multi-cristalline

Liquide

L'Histoire du verre

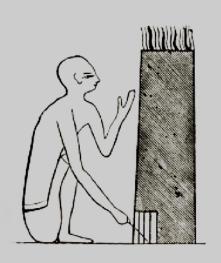
Un matériau exceptionnel

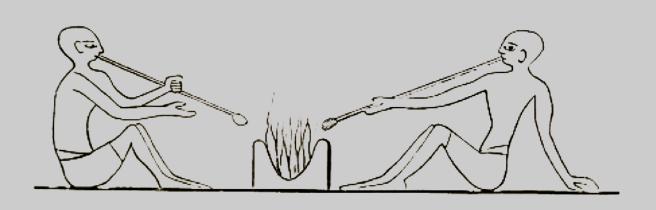


« On raconte que des marchands phéniciens, ayant relâché sur le littoral du fleuve Belus, préparaient, dispersés sur le rivage, leur repas, et que ne trouvant pas de pierres pour exhausser leurs marmites, ils employèrent à cet effet des pains de natron de leur cargaison. Ce nitre ayant été ainsi soumis à l'action du feu avec le sable répandu sur le littoral du fleuve, ils virent couler des ruisseaux transparents d'une liqueur inconnue, et telle fut l'origine du verre »

Pline l'Ancien
livre XXXVII Histoire Naturelle

LA FABRICATION DÉCRITE À THÈBES (ÉGYPTE)





ÉGYPTE ANTIQUE

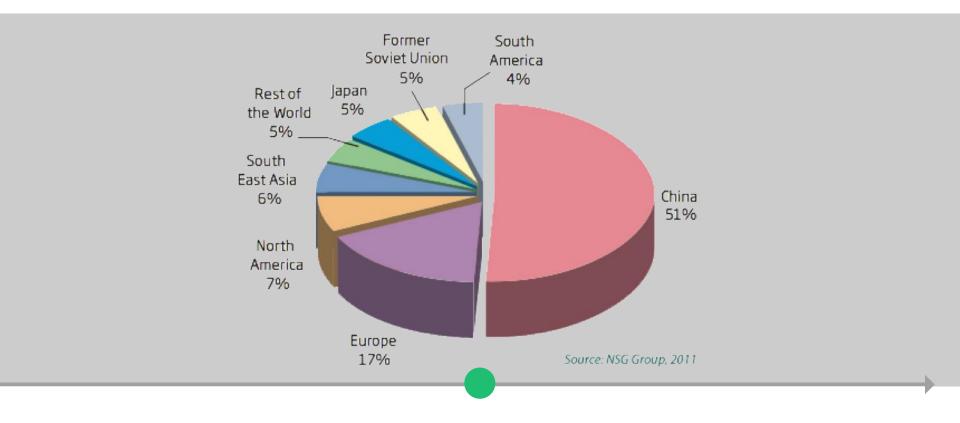
-2000 av. J.-C.



« Celui-là est bien pauvre dont la chambre n'est pas tapissée de quelque plaque de verre »

Sénèque

... QUI DEVIENDRA UNE INNOVATION : VERRE PLAT, 70 MILLIONS DE TONNES/AN



Demande mondiale de verre feuilleté et de verre « *Float* » En 2011

COMPOSITION: DU SABLE, DE LA CHAUX ET DE LA SOUDE...







SABLE SiO₂

Base

+

SOUDE
Na₂O
Na₂CO₃
Fondant

+

CHAUX
CaO
CaCO₃
Stabilisant



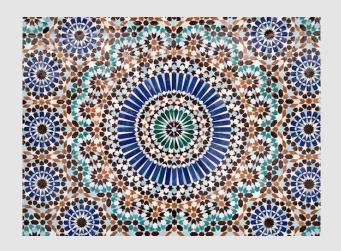
UN PRODUIT DE LUXE FAIT DE MATIÈRES VULGAIRES ...

« ... Une glace est un objet précieux tiré des matières les plus vulgaires ... »

La Manufacture des glaces de Saint-Gobain de 1665 à 1865 Augustin Cochin Membre de l'Institut 1865



LES MARCHÉS HISTORIQUES DU VERRE







La décoration L'architecture Les objets, l'utile

LES MARCHÉS HISTORIQUES DU VERRE : LA DÉCORATION

Bracelet en perles de verre Ve siècle av. J.-C.



LES MARCHÉS HISTORIQUES DU VERRE : LA DÉCORATION

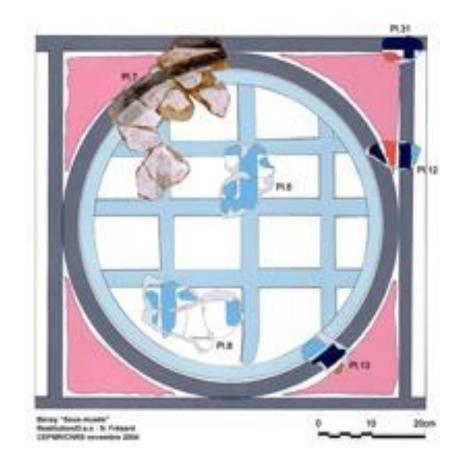
Vase de Portland, ler siècle av. J.-C. – camée de verre, Rome



LES MARCHÉS HISTORIQUES DU VERRE : L'ARCHITECTURE

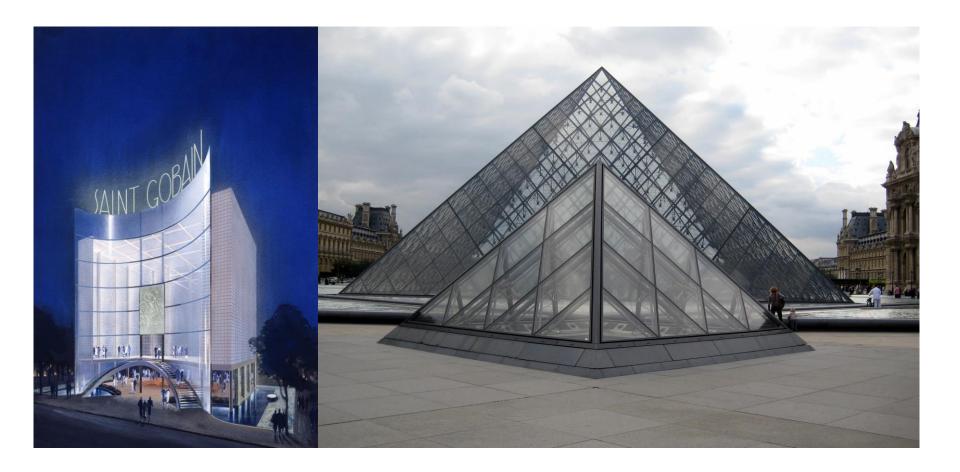
Architecture d'une fenêtre romaine, Herculanum





LES MARCHÉS HISTORIQUES DU VERRE : L'ARCHITECTURE

Pavillon de Saint-Gobain, exposition universelle 1937 – Pyramide du Louvre



LES MARCHÉS HISTORIQUES DU VERRE : LES OBJETS, L'UTILE

Meubles René COULON en verre Securit





LES COULEURS DU VERRE

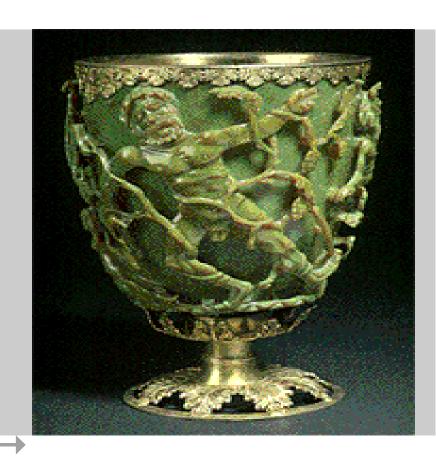




 Fe^{2+} VERT / Fe^{3+} BRUN / Co^{2+} BLEU / Cr^{3+} VERT / Mn^{3+} POURPRE / ...

LE VERRE COLORÉ : L'INVENTION DES QUANTUM DOTS

De l'or et de l'argent ajoutés à la composition pour obtenir cet effet



Coupe de Lycurgue

IV^e siècle

LE VERRE RUBIS REDÉCOUVERT : MURANO PUIS CRANBERRY

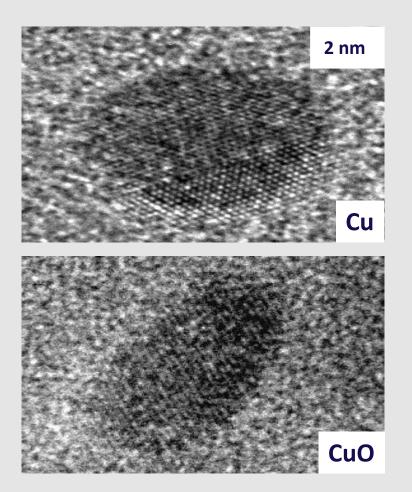




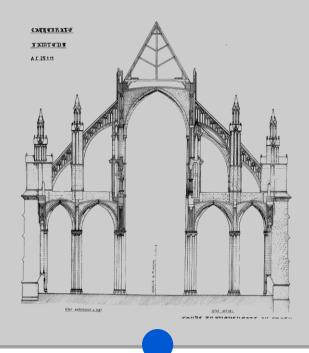
Le verre Rubis – MURANO XV^e siècle Le Cranberry Glass XIX^e siècle

LES VERRES COLORÉS : LES COULEURS « ÉLECTRONIQUES » – AGRÉGATS DE CUIVRE





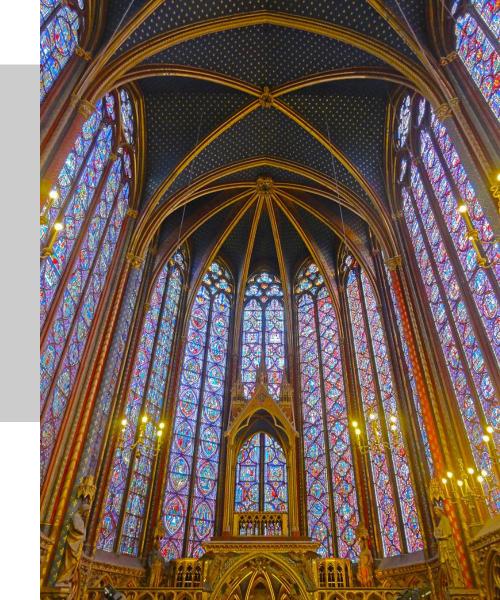
L'INVENTION DES VITRAUX... ET DU VITRAGE



Agrandissement des ouvertures

Jusqu'à 2/3 des coûts de la construction!

LE GOTHIQUE



Contrôler les propriétés du verre

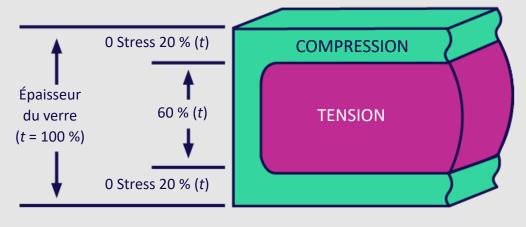
Optimisation de sa résistance, sa transparence etc...

CONTRÔLER LES PROPRIÉTÉS DU VERRE : LA FRAGILITÉ, OPTIMISER SA RÉSISTANCE

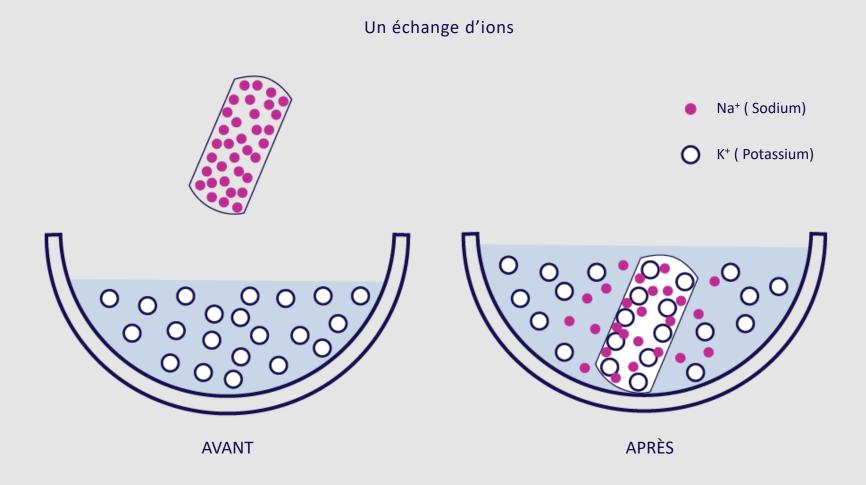
LE VERRE TREMPÉ À CHAUD

Refroidissement très rapide pour une mise en tension du verre









SOLIDION® PAR SAINT-GOBAIN SULLY

Cockpit d'avion



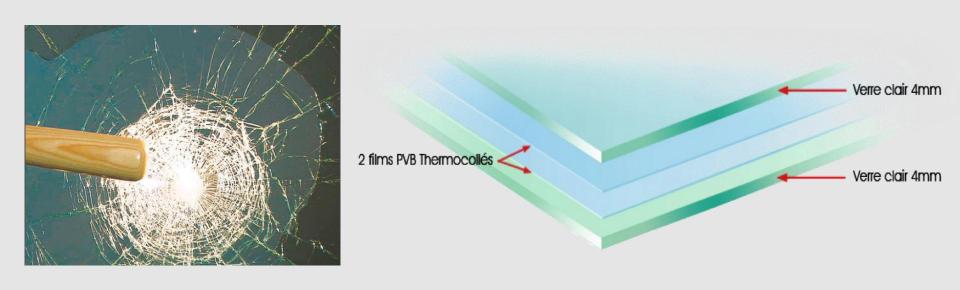
LE VERRE TREMPÉ CHIMIQUEMENT : UN VERRE FIN ET SOLIDE, LE VERRE GORILLA (CORNING)

Utilisé pour les écrans : finesse et solidité



LE VERRE FEUILLETÉ

PRÉVENIR LES DANGERS DES ÉCLATS DE VERRE



LA DÉCOUVERTE ACCIDENTELLE ...



1903



Découverte du procédé du verre SECURIT

Edouard BENEDICTUS

QUI DEVINT UNE INNOVATION: LE VERRE TRIPLEX





UN PARE-BRISE QUI SAUVE DES VIES



« Au verre Triplex qui m'a sauvé la vie »

Le chauffeur de CLÉMENCEAU

ET HERGÉ LE SAVAIT BIEN ...













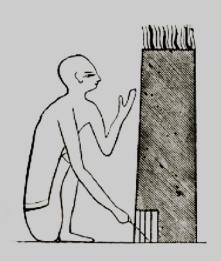
DIDIER ROUX

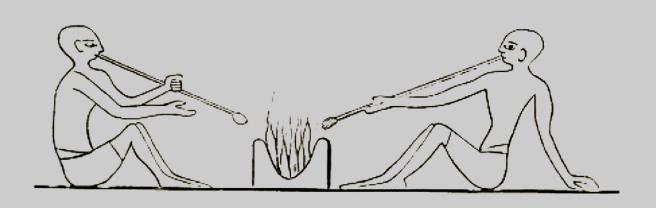
La saga du Verre

Les procédés au cours du temps



LA FABRICATION DÉCRITE À THÈBES (ÉGYPTE)

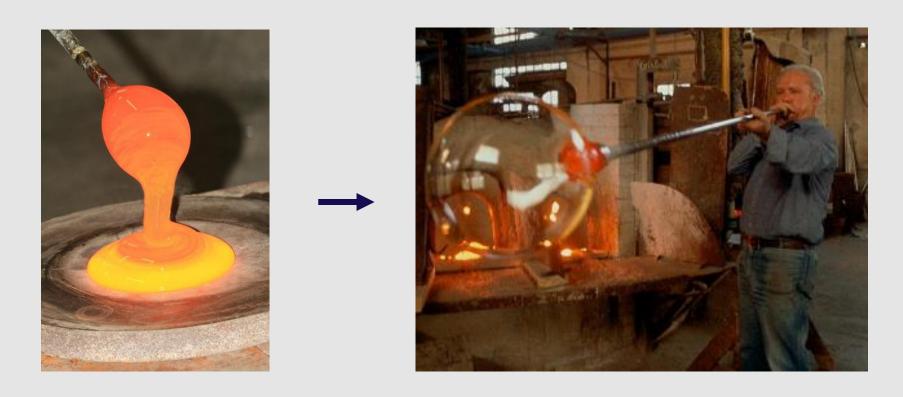




ÉGYPTE ANTIQUE

-2000 av. J.-C.

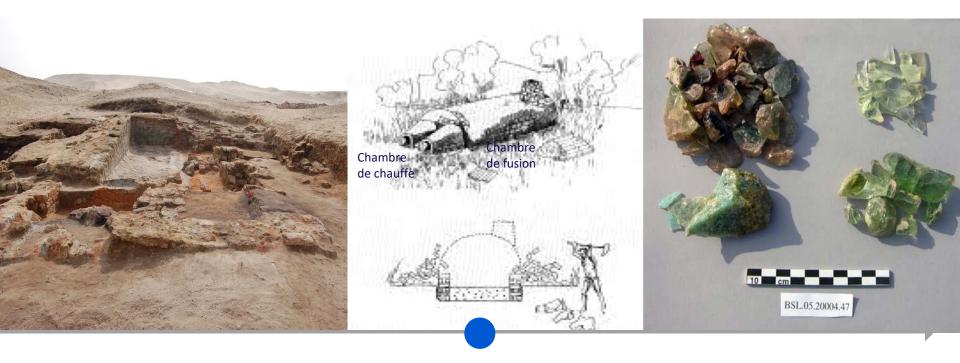
PROCÉDÉS VERRIERS



La fusion La mise en forme



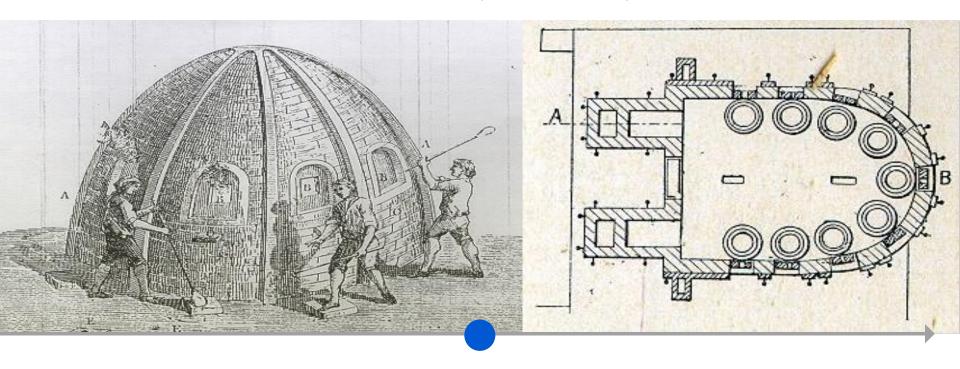
LES PREMIERS FOURS ...



VI^e – VII^e siècle

Four verrier - verre primaire Site de Bet Eli'ezer en Israël

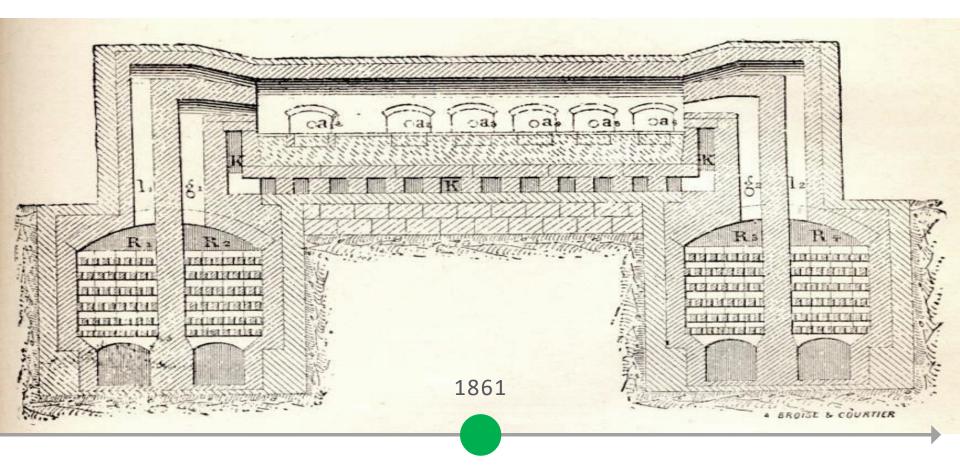
LES PREMIERS FOURS ... LES FOURS RÉFRACTAIRES (EN TERRE CUITE)



Moyen âge

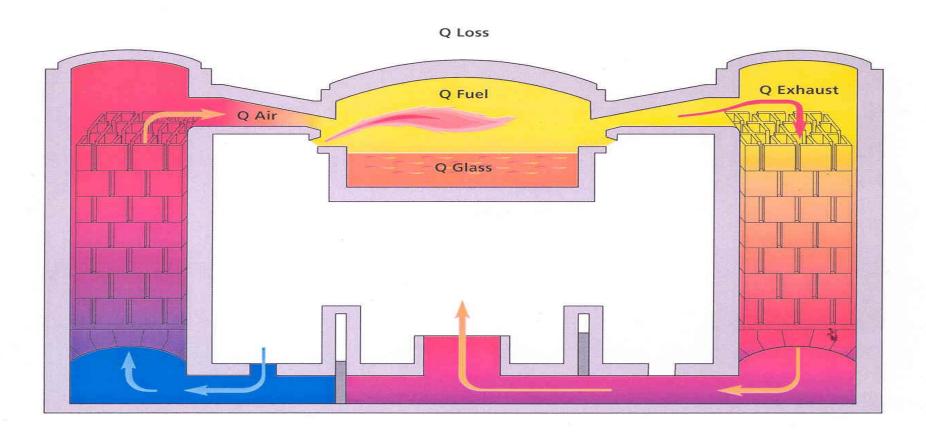
Four verrier pour la fusion – four à creusets

... IL Y A 150 ANS: RÉCUPÉRER LA CHALEUR DE COMBUSTION: SIEMENS



Four verrier – SIEMENS un four avec des régénérateurs de chaleur

... UNE IDÉE TOUJOURS D'ACTUALITÉ EN 2007

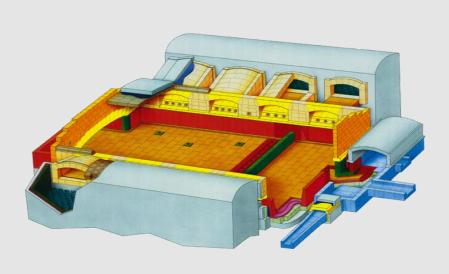


Four verrier – ACTUEL

... LA FUSION CONTINUE DES FOURS MODERNES

Four à bruleur transversal







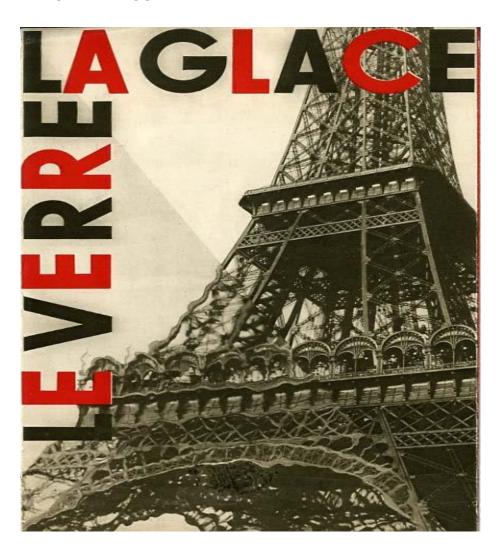
Une longue évolution des procédés avant la convergence

La Glace et le Verre à vitre ...

LES ÉVOLUTIONS DES PROCÉDÉS DE FABRICATION DE LA GLACE

LA GLACE ET LA VITRE





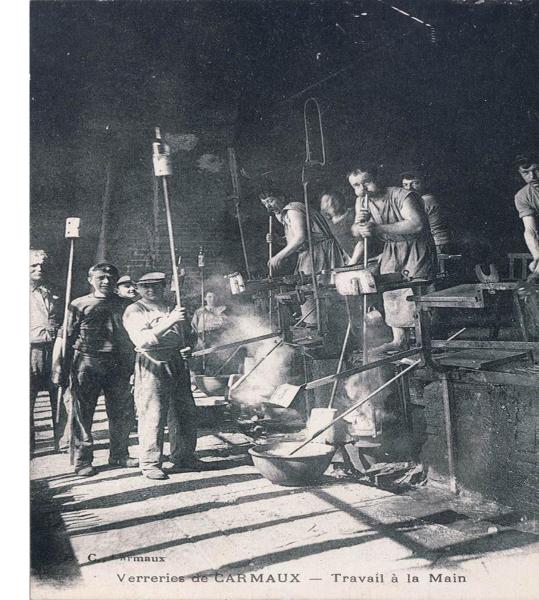




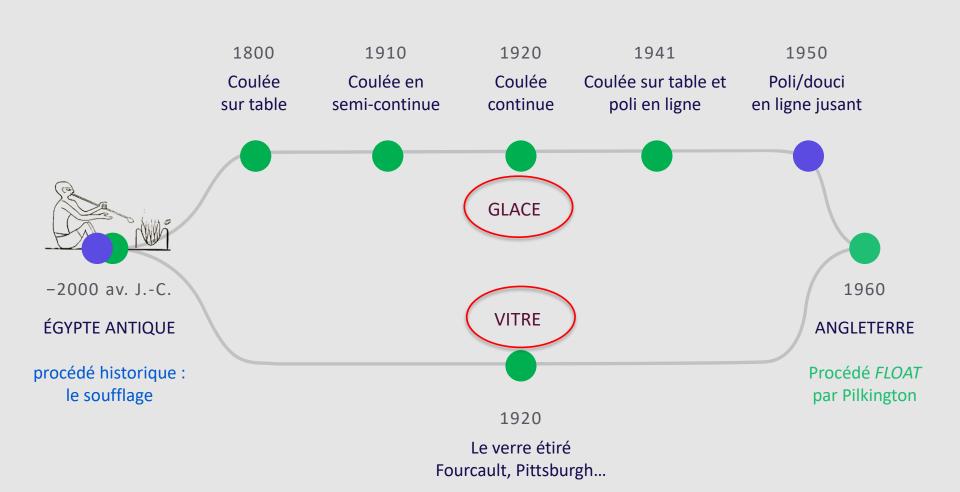
SAINT-GOBAIN

LE VERRE SOUFFLÉ

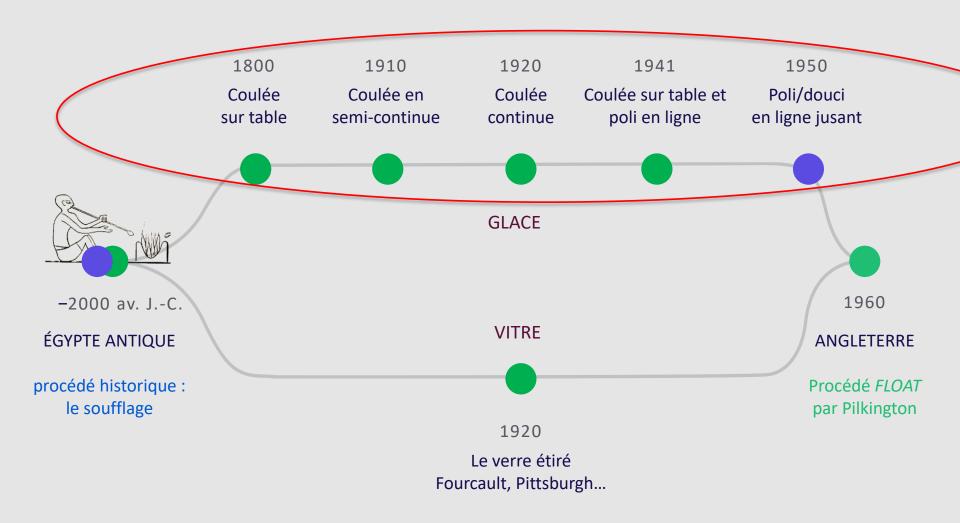




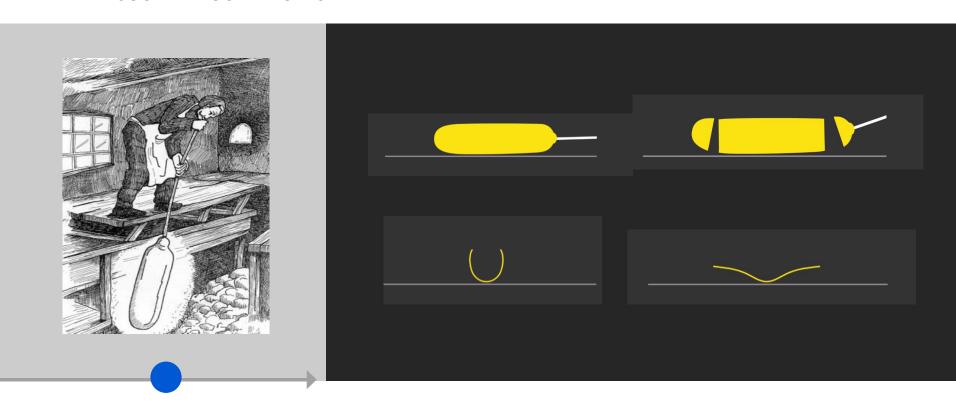
LA FABRICATION DU VERRE ET DE LA GLACE : PARCOURS PARALLÈLES ... ET INÉGAUX



LA FABRICATION DU VERRE ET DE LA GLACE : PARCOURS PARALLÈLES ... ET INÉGAUX



LE VERRE SOUFFLÉ POUR LA GLACE



Le verre soufflé









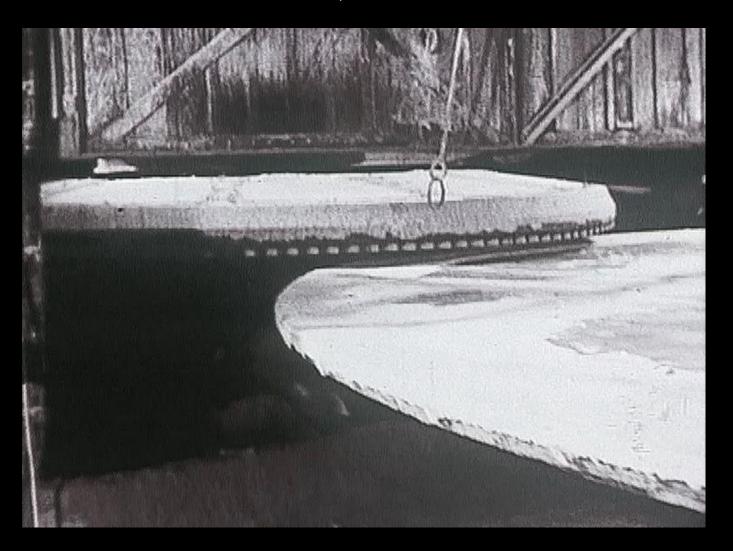
COULÉE SUR TABLE EN 1950...



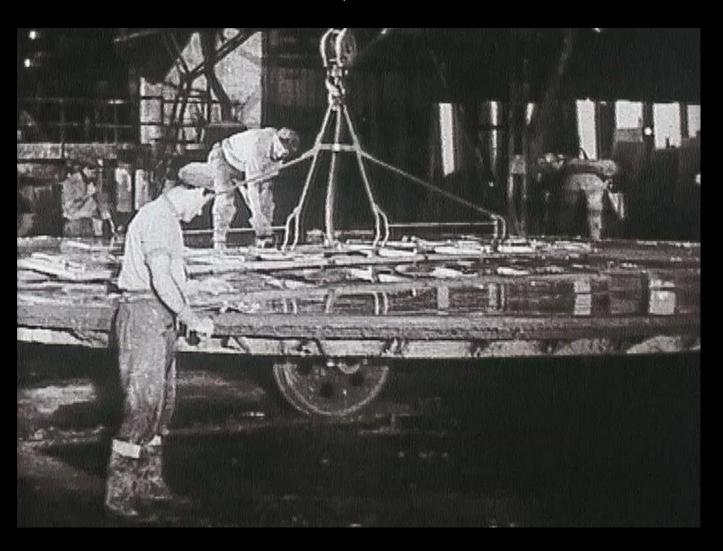
LES ÉTAPES / LA DANSE DES SABOTS ...



LES ÉTAPES / LE DOUCISSAGE

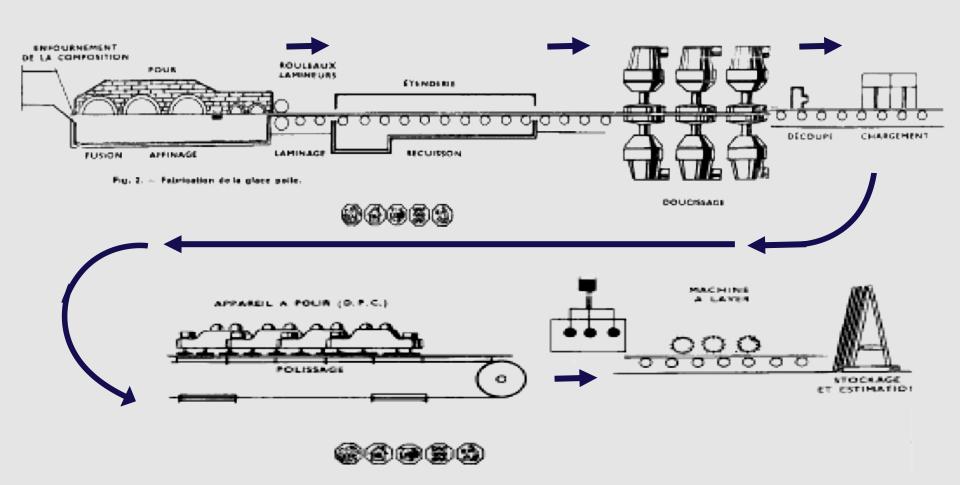


LES ÉTAPES / LE POLISSAGE

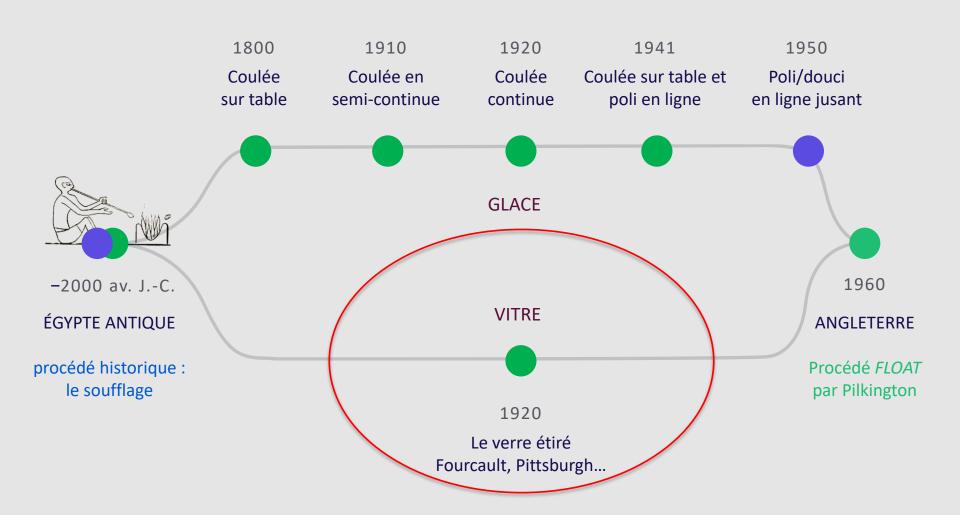


LE PROCÉDÉ JUSANT : COULÉE CONTINUE DOUCIE-POLIE EN LIGNE PROCÉDÉ JUSANT

AMÉLIORER LA COULÉE CONTINUE - 1959 (Usine de Chantereine)



LA FABRICATION DU VERRE ET DE LA GLACE : PARCOURS PARALLÈLES ... ET INÉGAUX



LES ÉVOLUTIONS DES PROCÉDÉS DE FABRICATION DE LA VITRE

LE VERRE SOUFFLÉ POUR LES VITRES



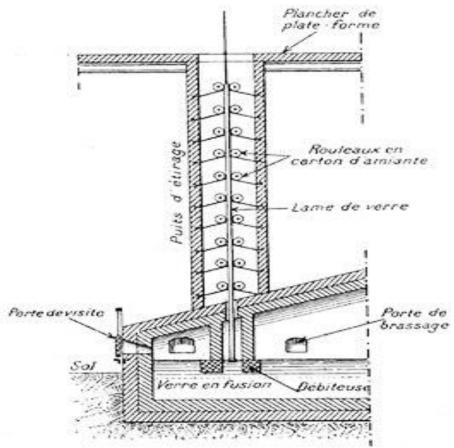
LE VERRE SOUFFLÉ POUR LES VITRES

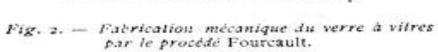




UN PROGRÈS TARDIF POUR LE VERRE À VITRE : L'ÉTIRAGE

Les procédés FOURCAULT, PITTSBURGH, COLBURN, LIBBEY-OWENS





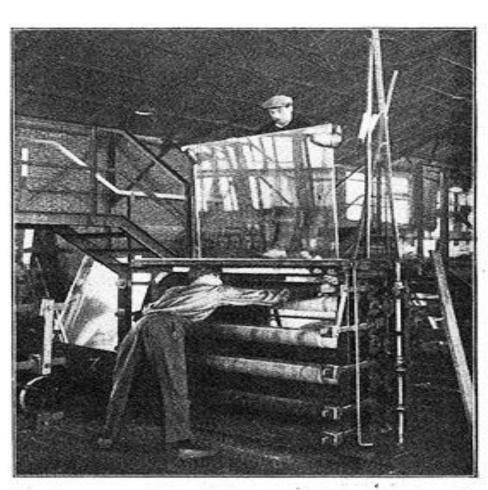
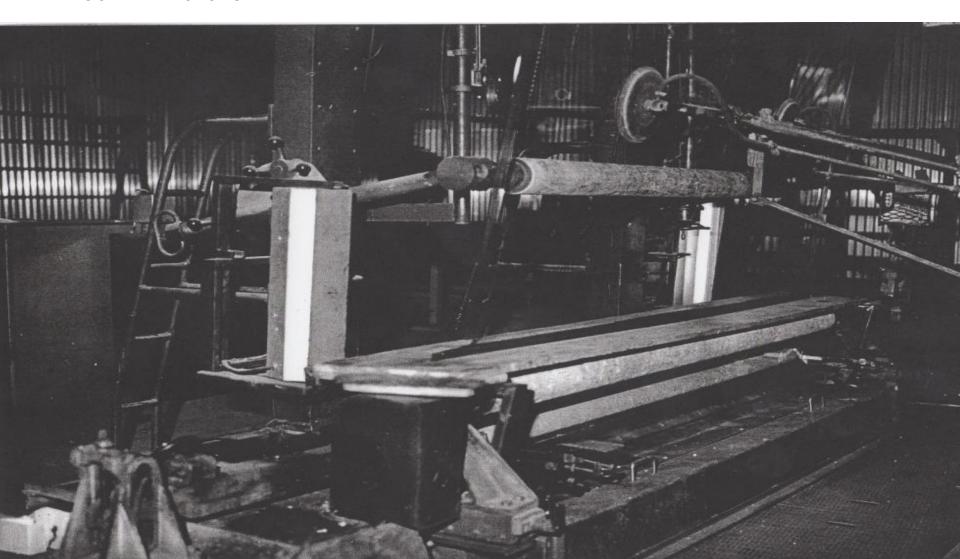


Fig. 9. — Le procédé Fourcault. — Coupage de la fetille au sortir du puits (communiqué par la Revue Glaces et Verres).

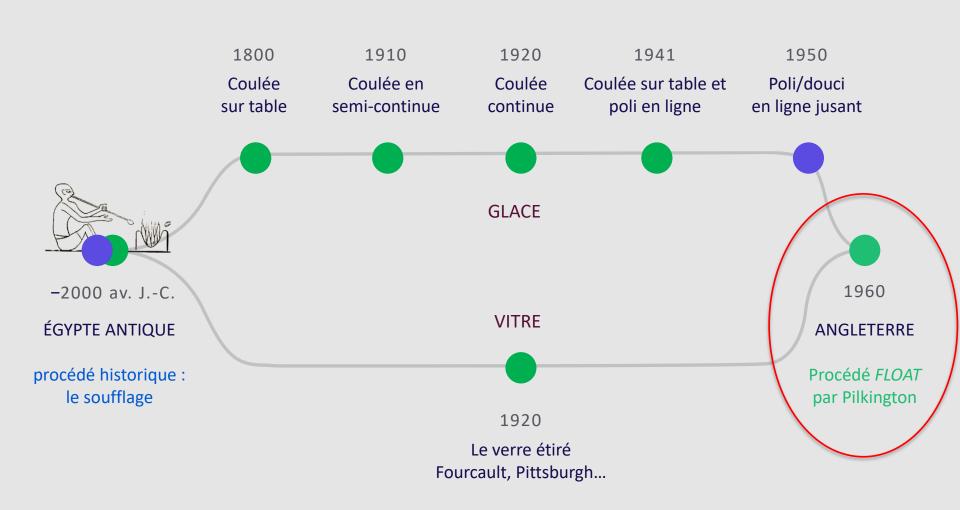
LE PROCÉDÉ PITTSBURGH



LE PROCÉDÉ PITTSBURGH



LA FABRICATION DU VERRE ET DE LA GLACE : PARCOURS PARALLÈLES ... ET INÉGAUX



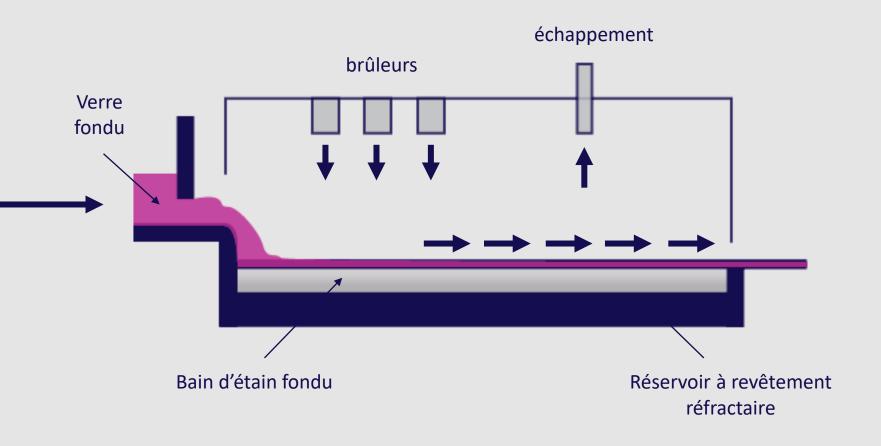


LE PROCÉDÉ FLOAT :

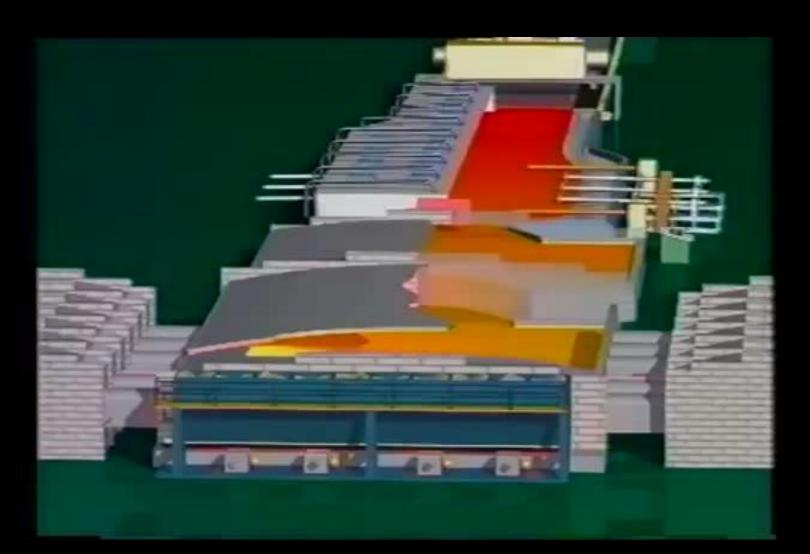
UNE INNOVATION RADICALE DE PILKINGTON

LE FONCTIONNEMENT DU FOUR VERRIER MODERNE

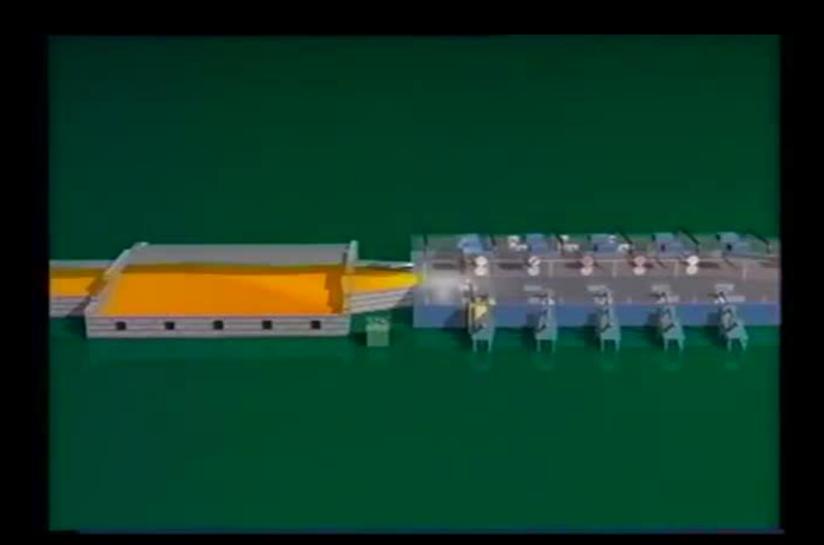
LE VERRE S'ÉCOULE DANS UNE GRAND FOUR À ZONE FLOTTANTE



LE FLOAT - PILKINGTON



LE FLOAT - PILKINGTON : RÔLE DES TOP ROLLS



L'INVENTION DU PROCÉDÉ FLOAT : UNE HISTOIRE RISQUÉE

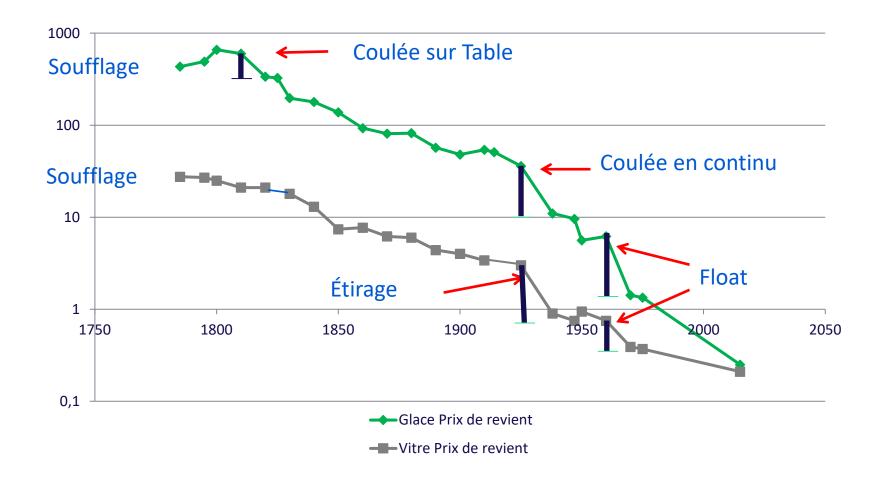


Alastair PILKINGTON 1960

- 1951 : Idée d'effacer les traces des rouleaux en réchauffant le ruban de verre sur un bain d'étain fondu
- Équipe séparée de la R&D centrale
- Idée de déverser directement le verre fondu sur le lit d'étain
- Supprimer l'oxygène (H₂)
- Gérer la convection de la gorge
- Gérer l'épaisseur (6 mm seulement...)
- Coût du premier investissement 3x plus que prévu...

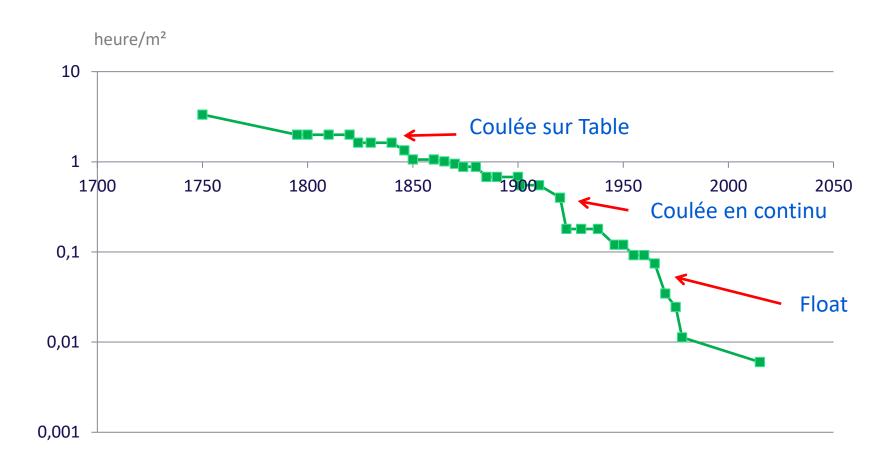
> SUCCÈS EN 1964

ÉVOLUTION COMPARÉE DU PRIX DE REVIENT DE LA GLACE ET DU VERRE D'après Mathieu Boaglio, PhD CNAM 1990



NOMBRE D'HEURES DE TRAVAIL

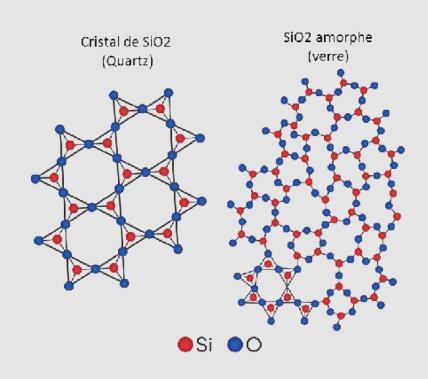
D'après Mathieu Boaglio, PhD CNAM 1990



IMPRESSION 3D DU VERRE



UNE STRUCTURE UNIQUE MAIS NON COMPRISE...



Extrême robustesse (liaison SiO)
Formable et transparent (structure amorphe)

LA STRUCTURE DU VERRE : UN DÉBAT ENCORE OUVERT...



Un liquide en surfusion



Un nouvel état de la matière : entre solide et liquide

LA STRUCTURE DU VERRE : UN DÉBAT ENCORE OUVERT...

Fifth-order susceptibility unveils growth of thermodynamic amorphous order in glass-formers
S. Albert, Th. Bauer, M. Michl, G. Biroli, J.-P. Bouchaud, A. Loidl,

S. Albert, Th. Bauer, M. Michl, G. Biroli, J.-P. Bouchaud, A. Loidl, P. Lunkenheimer, R. Tourbot, C. Wiertel-Gasquet and F. Ladieu (June 9, 2016)

Science 352 (6291), 1308-1311. [doi: 10.1126/science.aaf3182]

REMERCIEMENT À ANNE ALONZO, AUX ARCHIVES DE SAINT-GOBAIN Http://www.Saint-gobain350ans.com



Anne ALONZO



COLLÈGE DE FRANCE



