

# THERMOFORMAGE

## PRINCIPE

Cette technique consiste à déformer le verre, principalement le verre plat, en le posant sur une forme dans un four et en le chauffant jusqu'à ramollissement.

Cela impose une montée en température progressive, une descente avec palier de recuisson, puis un refroidissement lent jusqu'à la température ambiante.

Deux procédés sont utilisés : thermoformage sur forme préparée ou par pesanteur.

## QUELS VERRES UTILISER ?

On peut déformer tous les verres : cristal, verre optique, verre à vitrail ou Bulseye, à condition qu'ils soient plats (voir Fusing).

Mais on ne peut pas les mélanger, leurs coefficients de dilatation étant différents. Seuls diffèrent les paliers de recuisson.

On peut déformer à chaud des objets en verre (bouteilles, etc.) avec un résultat aléatoire.

Pour s'initier nous proposons l'utilisation d'un matériau courant : du verre à vitre ordinaire de 5 mm d'épaisseur.

## MATÉRIAUX POUR RÉALISER LE SUPPORT (BAS-RELIEF)

Dans la technique traditionnelle du bombage du verre en série, le

support est métallique et peut servir longtemps, mais c'est l'implémentatif de production qui impose ce matériau, contraignant à mettre en forme et non adapté pour créer une pièce unique.

### Plâtre réfractaire

On peut utiliser du plâtre réfractaire, spécial pour fusion, pour réaliser un moule. Ce plâtre est conçu pour la coulée de métaux ayant des points de fusion moyennement élevés (aluminium, Zamac, etc.). Lors de la mise en œuvre, son temps de prise est de 20 à 25 mn.

### Terre réfractaire

La terre réfractaire, une fois cuite pour limiter le retrait, peut être un autre support, mais présente l'inconvénient de constituer une masse thermique difficile à gérer lors du refroidissement entraînant souvent la casse du verre.

### Fibres céramiques

Nous conseillons l'utilisation des fibres céramiques comme support (fibres réfractaires silico-alumineuses) idéales pour des applications à hautes températures.

Pour le thermoformage, une fibre standard pour des applications jusqu'à 1 200 à 1 260 °C est suffisante.

Les avantages de ces fibres sont les suivants :

- conductibilité thermique très basse (très faible chaleur accumulée, donc montée en température et refroidissement plus rapide) ;
- légèreté ;
- résistance aux chocs thermiques : ni fissures ni écaillages, c'est-à-dire insensibles à la montée rapide en température et au refroidissement ;
- non combustibles et pas de retrait.

Les fibres céramiques se présentent sous plusieurs formes : en vrac (coton à longues fibres), en papier jusqu'à 3 mm d'épaisseur, en nappe de 6 mm à 50 mm.

Ces fibres peuvent être traitées avec un durcisseur (liquide colloïdal inorganique) qui produit une surface solide et se durcit en chauffant. On peut ainsi obtenir des formes rigides autoportantes, tout à fait indiquées pour supporter une plaque de verre.

Enfin, ce type de produit existe en feutre humide de 3 à 25 mm d'épaisseur, permettant la réalisation facile et rapide de pièces complexes (séchage pendant 12 heures à 60 °C - 80 °C).



# TECHNIQUES



## THERMOFORMAGE SUR FORME PRÉPARÉE

La plaque de verre, par ramollissement à chaud, épouse fidèlement une forme en volume que l'on a disposée sous elle. Le verre sera légèrement arrondi en surface, alors que les détails apparaîtront sur l'autre face, celle en contact direct avec le support.

### Préparation

#### Conception du bas-relief

Les arêtes trop vives sont à proscrire, provoquant une répartition inégale du verre, alors qu'un étirement homogène est nécessaire.

Le sculpteur tirera profit de cette technique, créant des bas-reliefs transparents, tout en s'adaptant à une contrainte, celle de ne pas réaliser de contre-dépouilles.

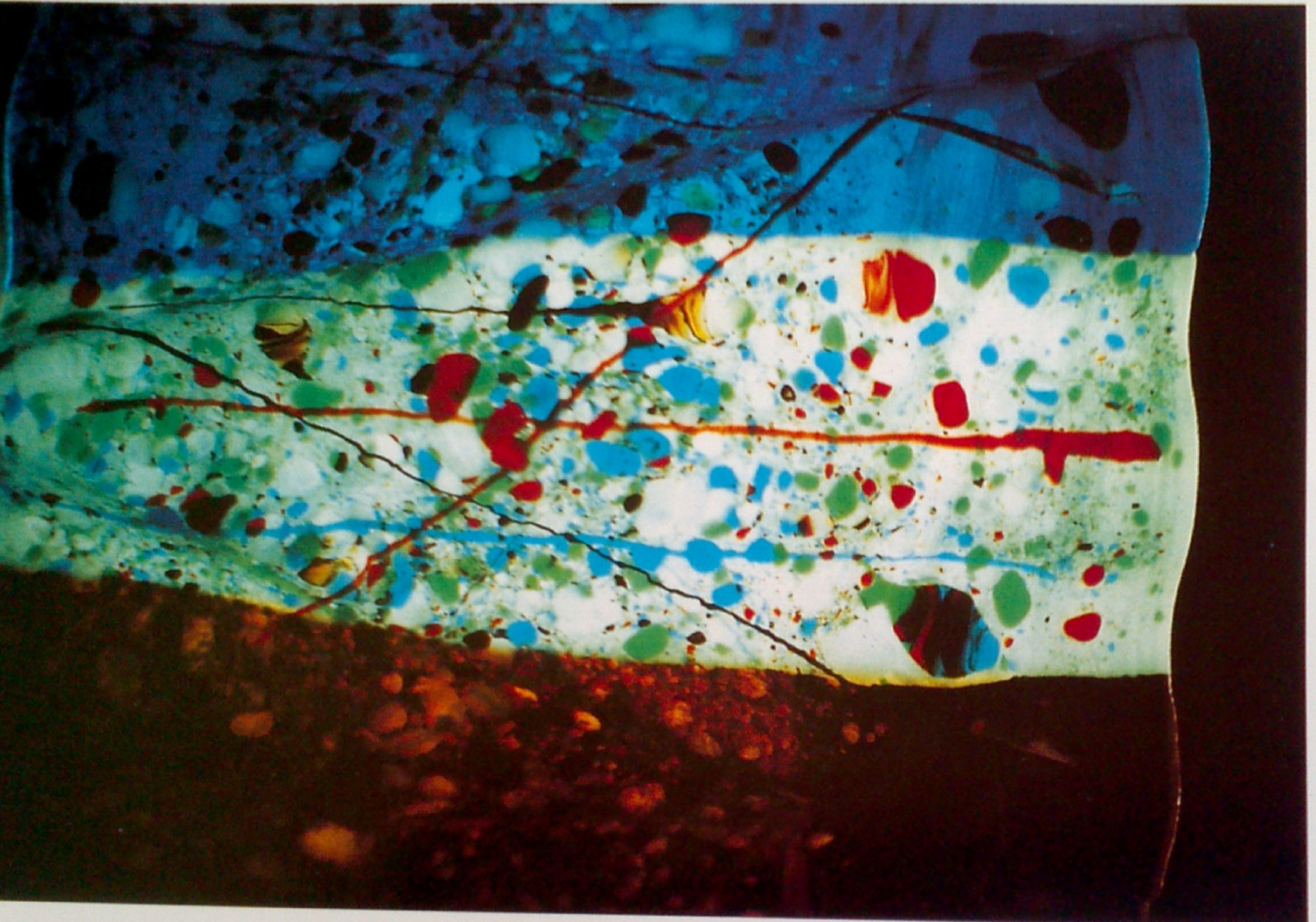
*Thermoformage en cours  
chauffage par résistances.*

*Verre Bullseye.  
Patricia et Jean-Claude Yann*





*Verre Bullseye fusionné  
et thermoformé.  
Patricia et Jean-Claude Yann*



### **Pose d'un séparateur**

Le séparateur empêche le verre de coller à chaud sur le support. Deux procédés sont possibles :

- soit saupoudrer abondamment (1 mm) le support avec du talc ;
- soit faire une préparation égale de poudre de kaolin et d'aluminate : mélanger 1 dose de poudre pour 4 doses d'eau déminéralisée. Passer 3 couches croisées à la brosse, puis enfourner 6 h à 250 °C, en évitant les surépaisseurs.

### **Pose du verre à vitre**

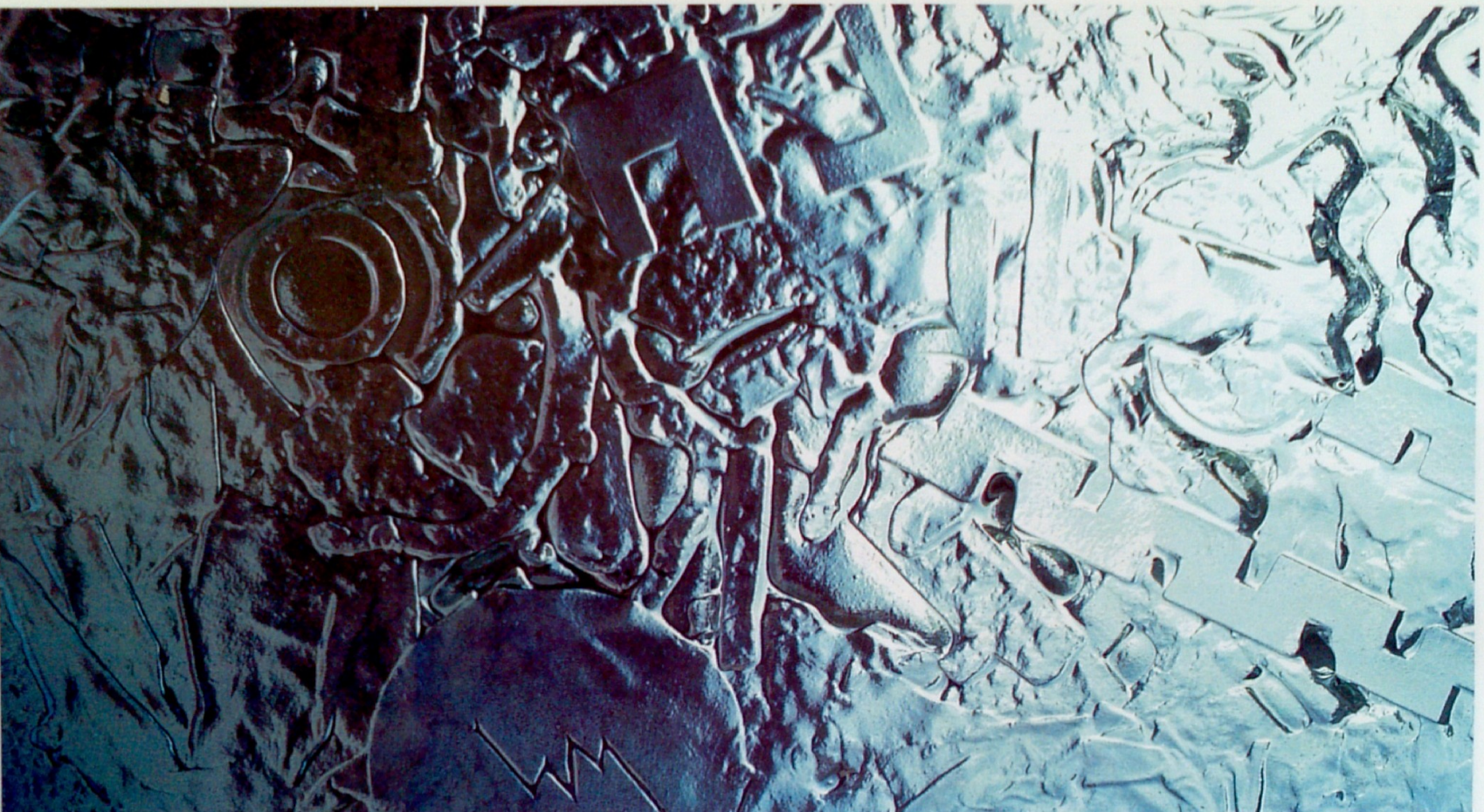
Poser un verre de 5 mm sur le bas-relief, après l'avoir nettoyé sur les deux faces avec de l'alcool à brûler.

### **Antidévitrificateur**

Projection sur la surface supérieure du verre d'un antidévitrificateur (Spray A par exemple). Tous les verres ne se comportent pas de la même manière, mais plus on monte en température, plus la surface risque de se dévitrifier, donnant l'apparence mate d'une peau d'éléphant.

La dévitrification se produit si la montée est trop longue, entre 540 °C et 850 à 900 °C, de même que si elle stagne à cette dernière température. Pour annuler ce phénomène on utilise donc le Spray A, mais sachez que ce produit contenant du plomb, les objets réalisés ne sont pas adaptés pour l'alimentation. Une solution de borax peut aussi être utilisée comme antidévitrificateur.





Panneau en verre à vitre  
thermoformé sur forme  
préparée (72 cm x 72 cm).  
Manuel Metzinger





## Courbe théorique de cuisson

Cette courbe considère l'utilisation d'un verre à vitre de 5 mm d'épaisseur, d'une trentaine de centimètres de côté.

Si le verre est plus épais ou qu'il a une surface plus grande, la période de montée en température est plus longue, ainsi que celle du palier de recuisson.

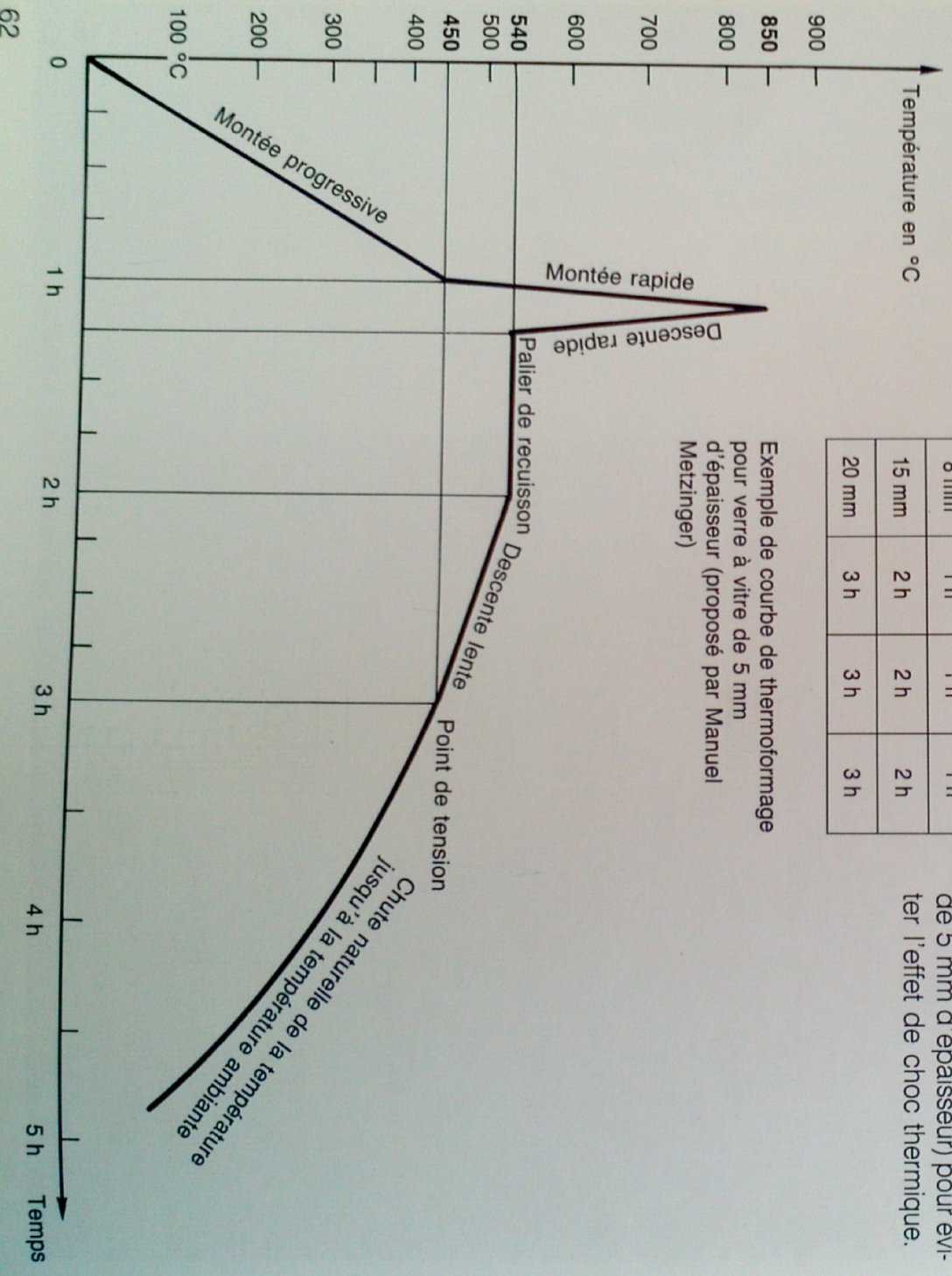
Sur une plaque d'enfournement, mise en place dans le four du support bas-relief et pose du verre, l'ensemble étant préparé comme décrit plus haut.

- *Montée progressive* à 540 °C en 1 h minimum (pour un verre de 5 mm d'épaisseur) pour éviter l'effet de choc thermique.

Thermoformage par pesanteur.  
Verre à vitre

Épaisseur du verre	Temps de montée (1)	Palier (4)	Descente (5)
8 mm	1 h	1 h	1 h
15 mm	2 h	2 h	2 h
20 mm	3 h	3 h	3 h

Exemple de courbe de thermoformage pour verre à vitre de 5 mm d'épaisseur (proposé par Manuel Metzinger)





- Montée à 850 °C - 900 °C le plus vite possible, entre 20 et 30 mn.

- A 850 °C - 900 °C, on vérifie la position du verre en ouvrant le four. Puis chute brutale de la température en ouvrant les clapets et en coupant le courant jusqu'à 600 °C.

- A 600 °C, on ferme les clapets jusqu'à 540 °C (palier de recuisson à 540 °C), puis on rebranche le four pour stabiliser cette température pendant 45 à 60 mn.

Ne surtout pas remonter en température.

- Après cette période qui constitue le palier de recuisson destiné à stabiliser les tensions et uniformiser la température dans la masse de verre, on laisse chuter passivement la température en coupant le contact.

Pour des verres plus épais (à partir de 8 mm) on introduit la notion de « point de tension », autour de 450 °C, qui nécessite, après le palier de recuisson, une descente lente égale à ce palier entre 540 °C et 450 °C avant d'amorcer la chute passive de la température.

Ne pas s'aventurer à ouvrir le four. Au contraire, veiller à une parfaite isolation.

Ne défourner qu'à une température ambiante.

Retirer le verre déformé, le brosser, le nettoyer à l'eau courante.

Selon le résultat souhaité, on peut préciser la décoration à froid.

## THERMOFORMAGE PAR PESANTEUR DIT « EN GOUTTE »

La forme du support étant en réserve, en creux, la plaque de verre se déforme mollement dans le vide, sous l'effet de son propre poids, donc par gravité.

Selon la forme souhaitée, le verre peut être stabilisé en suspension, ou s'étirer jusqu'au niveau de la plaque d'enfournement.

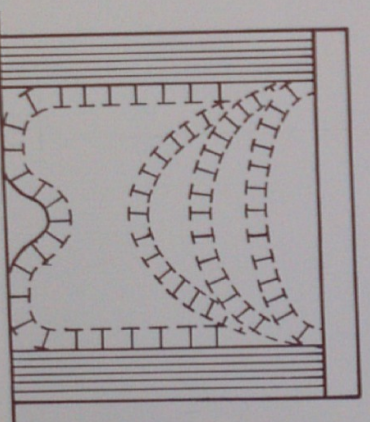
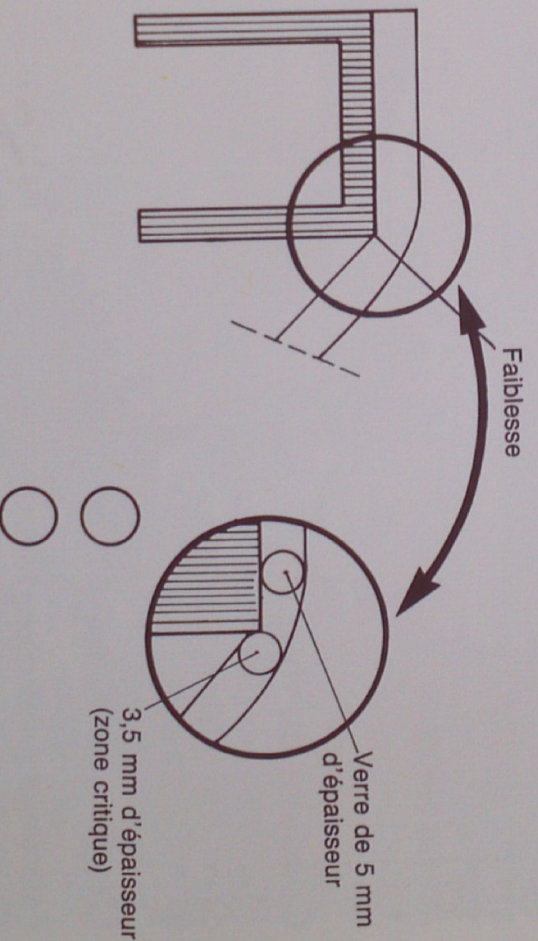
Cette technique permet de réaliser des pots, vases, assiettes et autres contenants sans avoir recours au soufflage du verre.

## Le support

Le principe est de faire des réserves (des trous) dans la fibre céramique de telle sorte que le verre s'y engouffre, ou de réaliser une forme en creux qui va guider le verre.

La préparation est la même que pour le thermoformage sur forme préparée, c'est-à-dire pose du séparateur, nettoyage du verre, projection de l'antidévitrificateur.

Si le verre doit descendre jusqu'à la plaque d'enfournement, poser préalablement une couche de papier céramique ou tout autre séparateur.



Thermoformage par pesanteur :  
différentes étapes de ramollissement  
du verre





Thermiformage par pesanteur.  
Verre à vitre

Fusionnage verre Bultseye thermomformé par pesanteur.

Ø 20 cm.

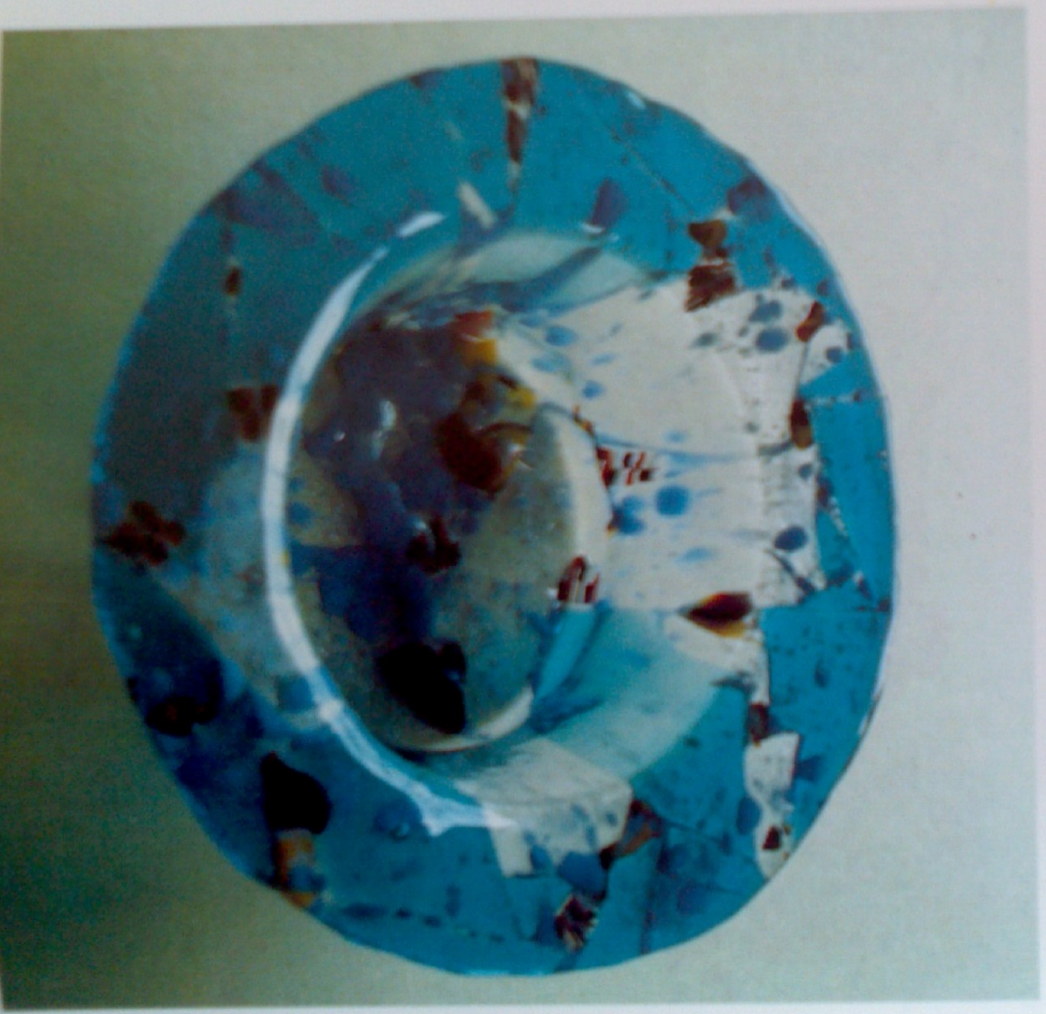
Manuel Metzinger

## Conduite du four

Le contrôle du ramollissement du verre se fait au vu de l'évolution de la pièce.

- Montée à 540 °C (environ 1 h).
- Montée progressive jusqu'à 600 à 650 °C.

À cette température on peut ouvrir rapidement le four pour vérifier que la première courbure s'opère. Le plus prudent est l'observation. Monter très progressivement en température. À partir de ce moment, la conduite du four se fait au vu de la déformation de la pièce, qui peut être arrêtée par simple ouverture du four.





- À 700 °C, le verre s'étire. À cette température, faire un palier et attendre que le verre prenne la forme voulue.

L'idéal est d'obtenir un étirement homogène : chaque courbure constitue une faiblesse en réduisant l'épaisseur du verre (voir croquis). En cas d'angles vifs, il faut apprendre à naviguer à vue !

- Descente rapide à 600 °C.
- Palier de recuisson de 45 à 60 mn à 540 °C.
- Chute libre de la température jusqu'à la température ambiante.

## Matériel

Il existe des fours spéciaux pour thermoformage ou fusing mais des fours de céramistes ou d'émailleurs conviennent.

## Matériaux

- Fibres céramiques + liquide colloïdal.
- Talc.
- Verre à vitre.
- Coupe-verre et règle à tracer.
- Alcool à brûler pour nettoyer les vitres.
- Spray A en bombe ou solution de borax.

*Thermoformage de verres  
à vitres par pesanteur.  
Manuel Metzinger*

