



## (12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication : **MA 35408 B1** (51) Cl. internationale : **C03B 23/023; C03B 23/03**

(43) Date de publication :  
**01.09.2014**

---

(21) N° Dépôt :  
**36646**

(22) Date de Dépôt :  
**02.01.2014**

(30) Données de Priorité :  
**01.07.2011 US 61/504,147 ; 13.12.2011 US 13/324,992**

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT :  
**PCT/US2012/044612 28.06.2012**

(71) Demandeur(s) :  
**SUNPOWER CORPORATION, 77 Rio Robles San Jose CA 95134 (US)**

(72) Inventeur(s) :  
**JUDKINS, Zachary, S. ; BOURNE, Benjamin, C. ; BERRADA, Amine**

(74) Mandataire :  
**ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY TMP AGENTS**

---

(54) Titre : **PROCÉDÉ ET APPAREIL DE BOMBAGE DE VERRE**

(57) Abrégé : La présente invention concerne une presse à mouler les verres par bombage par gravité permettant de créer une vitre en courbe parabolique partielle. La presse à mouler les verres comprend une surface de support de verre présentant un profil transversal de hauteur variable. Le profil transversal présente une première partie dotée d'un profil de forme composite de racine carrée linéaire non parabolique. La présente invention concerne également un procédé permettant de former une vitre parabolique partielle. Ledit procédé comprend les étapes consistant à positionner une vitre plane sur une presse à mouler les verres par bombage par gravité présentant une forme composite de racine carrée linéaire et à déformer la vitre pour suivre la forme composite de racine carrée linéaire de la presse à mouler les verres par bombage par gravité.

**ABRÉGÉ DE L'INVENTION**

L'invention concerne un moule à verre de cintrage par affaissement pour créer une feuille de verre courbée parabolique partielle. Le moule à verre comprend une surface de support de verre ayant un profil en coupe de hauteur variable. Le profil en coupe a une première partie avec un profil d'une forme composite à racine carrée linéaire non parabolique. L'invention concerne également un procédé de formage d'une feuille de verre parabolique partielle. Le procédé comprend le positionnement d'une feuille de verre plane sur un moule de cintrage par affaissement ayant une forme composite à racine carrée linéaire et la déformation de la feuille de verre pour suivre la forme composite à racine carrée linéaire du moule de cintrage par affaissement.

01 SEPT 2014

## PROCÉDÉ ET APPAREIL DE CINTRAGE DU VERRE

### DOMAINE TECHNIQUE

Des modes de réalisation du sujet décrit ici concernent généralement le formage  
5 de feuilles de verre courbées. Plus particulièrement, des modes de réalisation du sujet se  
rapportent à la déformation de cintrage par affaissement de feuilles de verre.

### ARRIÈRE-PLAN

Les miroirs en verre, y compris ceux avec une forme parabolique, sont utiles  
10 pour les applications solaires. Dans certaines applications solaires, des miroirs de  
forme parabolique peuvent être utilisés pour des systèmes concentrateurs solaires. Un  
système concentrateur solaire est un système où la lumière solaire est réfléchi avec  
une intensité concentrée accrue sur une unité de réception. À cause des effets optiques  
associés aux miroirs de forme parabolique, de telles formes sont utiles pour focaliser  
15 la lumière solaire concentrée.

Le formage de miroirs paraboliques peut être réalisé par des techniques de cintrage  
par affaissement. Il y a des défis associés au formage de miroirs en verre de forme  
parabolique avec un cintrage par affaissement. Par exemple, il peut être périlleux de former  
une feuille de verre de forme parabolique parce que la déviation de courbe d'une feuille de  
20 verre plate augmente à mesure que la longueur de la feuille de verre augmente. Ainsi, des  
miroirs plus longs ont des parties qui sont déformées d'une petite valeur et d'une plus grande  
valeur. La différence des valeurs de déformation peut provoquer une difficulté accrue pour  
contrôler avec précision la forme de la feuille de verre durant la déformation.

Les systèmes concentrateurs solaires peuvent être sensibles à des variations  
25 mineures dans les conditions de fonctionnement, telles que la forme du miroir, qui peuvent  
affecter la localisation de la lumière solaire concentrée sur l'unité de réception, la forme de  
la zone réfléchi de lumière solaire concentrée, et d'autres aspects du système, contribuant  
tous à l'efficacité et à la puissance de sortie du système. Ainsi, des systèmes concentrateurs  
solaires bénéficient de composants fabriqués à très haute précision. Ainsi, la fabrication  
30 artisanale de miroirs paraboliques avec des défauts ou déviations par rapport à une forme  
idéale réduits au minimum fournit un avantage à un système concentrateur solaire.

## BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

Une compréhension plus approfondie du sujet peut être dérivée en faisant référence à la description détaillée et aux revendications lorsqu'elles sont prises conjointement avec les figures suivantes, sur lesquelles des numéros de référence  
5 identiques désignent des éléments similaires sur l'ensemble des figures.

La Figure 1 est une illustration d'un moule à verre parabolique ;

La Figure 2 est une vue latérale du moule à verre parabolique de la Figure 1 ;

La Figure 3 est une vue de haut du moule à verre parabolique de la Figure 2 ;

La Figure 4 est une illustration d'une parabole ;

10 La Figure 5 est une illustration d'une autre parabole avec une section désignée ;

La Figure 6 est une illustration de la section désignée de la Figure 5 et de la section transformée ;

La Figure 7 est une illustration d'un mode de réalisation d'une forme composite à racine carrée linéaire ;

15 La Figure 8 est une autre illustration d'un mode de réalisation d'une forme composite à racine carrée linéaire ;

La Figure 9 est encore une autre illustration d'un mode de réalisation d'une forme composite à racine carrée linéaire ;

La Figure 10 est un mode de réalisation d'un moule à verre de cintrage par affaissement ayant une forme composite à racine carrée linéaire ;  
20

La Figure 11 est une vue latérale du moule à verre de cintrage par affaissement de la Figure 10 ;

La Figure 12 est une vue de haut du moule à verre de cintrage par affaissement de la Figure 11 ;

25 La Figure 13 est une vue latérale d'un moule à verre de cintrage par affaissement ayant une forme composite à racine carrée linéaire avec une feuille de verre associée ;

La Figure 14 est une vue latérale du moule à verre de cintrage par affaissement de la Figure 13 formant la feuille de verre en une forme parabolique partielle ;

La Figure 15A est une vue latérale du moule à verre de cintrage par  
30 affaissement de la Figure 14 avec la feuille de verre profilée retirée ;

La Figure 15B est une vue latérale du moule à verre de cintrage par affaissement de la Figure 15A avec la feuille de verre profilée séparée ;

La Figure 16 est une vue latérale de modes de réalisation de deux moules de cintrage par affaissement avec des feuilles de verre adjacentes ;

5 La Figure 17 est une vue latérale des modes de réalisation de la Figure 16 après cintrage par affaissement des feuilles de verre adjacentes ;

La Figure 18 est un autre mode de réalisation d'un moule à verre de cintrage par affaissement ayant une forme composite à racine carrée linéaire ;

10 Les Figures 19 et 20 sont différents modes de réalisation de moules à verre de cintrage par affaissement ayant des formes composites à racine carrée linéaire jointes ; et

La Figure 21 est une illustration d'un procédé de formage d'une feuille de verre parabolique partielle.

## DESCRIPTION DÉTAILLÉE

15 La description détaillée suivante est seulement de nature illustrative et n'est pas prévue pour limiter les modes de réalisation du sujet ou l'application et les utilisations de tels modes de réalisation. Tel qu'il est utilisé ici, le mot « exemplaire » signifie « servant d'exemple, de cas, ou d'illustration ». N'importe quelle mise en œuvre décrite ici comme exemplaire ne doit pas nécessairement être interprétée comme préférée ou  
20 avantageuse par rapport à d'autres mises en œuvre. De plus, il n'y a aucune intention d'être lié par l'une quelconque théorie exprimée ou implicite présentée dans le domaine technique, arrière-plan, bref résumé qui précèdent ou la description détaillée suivante.

« Inhiber » – Tel qu'il est utilisé ici, inhiber est utilisé pour décrire un effet qui réduit ou minimise. Lorsqu'on décrit un composant ou une caractéristique comme  
25 inhibant une action, un mouvement, ou une condition, il peut complètement empêcher le résultat ou l'issue ou l'état futur. En outre, « inhiber » peut également faire référence à une réduction ou une atténuation de l'issue, de la performance, et/ou de l'effet qui pourraient autrement se produire. Ainsi, lorsqu'un composant, un élément, ou une caractéristique est désigné comme inhibant un résultat ou un état, il ne doit pas  
30 nécessairement empêcher ou éliminer complètement le résultat ou l'état.

De plus, une certaine terminologie peut également être utilisée dans la description suivante dans un but de référence uniquement, et donc n'est pas prévue pour être limitative. Par exemple, des termes tels que « supérieur », « inférieur », « au-dessus », et « en dessous » désignent des directions sur les dessins auxquels il est fait référence. Des termes tels que « avant », « dos », « arrière », « côté », « à l'extérieur » et « à l'intérieur » décrivent l'orientation et/ou l'emplacement de parties du composant au sein d'un cadre de référence cohérent mais arbitraire, qui est expliqué en référence au texte et aux dessins associés décrivant le composant objet de la discussion. Une telle terminologie peut inclure les mots spécifiquement mentionnés précédemment, leurs dérivés, et des mots de signification similaire. De même, les termes « premier », « deuxième », et d'autres termes numériques tels faisant référence à des structures n'impliquent pas une séquence ou un ordre, sauf si cela est indiqué clairement par le contexte.

Une forme parabolique partielle, c'est-à-dire une partie ou un segment d'une parabole, est souhaitable pour une utilisation dans certains modes de réalisation d'applications de concentrateur solaire. Lorsqu'il est utilisé ici, le verre désigné peut être utilisé pour créer un miroir, tel qu'il serait utilisé dans un élément réflecteur d'un concentrateur solaire.

Une feuille de verre peut être traitée pour créer une feuille de miroir par l'addition d'une couche réfléchissante à une surface exposée de la feuille de verre, ou en imbriquant une couche réfléchissante entre des feuilles de verre. Un tel traitement peut inclure la métallisation d'une surface du verre, y compris le dépôt de couches métalliques successives, y compris de l'étain, de l'argent, du cuivre, et d'autres métaux, pour produire une couche réfléchissante. Dans certains miroirs, le pouvoir réfléchissant est unidirectionnel.

En tout cas, lorsqu'elles sont décrites ici, les feuilles de verre décrites peuvent, dans certains modes de réalisation, être traitées plus tard pour produire des miroirs, y compris des miroirs appropriés pour des applications photovoltaïques ou thermiques solaires à concentration. Dans certains modes de réalisation, les feuilles de verre peuvent comprendre une ou plusieurs surfaces réfléchissantes avant que les techniques de cintrage décrites ici soient appliquées. Ainsi, alors qu'une référence est parfois faite à des modes de réalisation pour cintrer des feuilles de verre, il faut comprendre que le cintrage de la feuille de verre pour produire une feuille de verre courbée peut également décrire un procédé pour cintrer une feuille de verre avec une surface réfléchissante pour produire un miroir courbé. Des étapes de procédé supplémentaires, telles que la

stratification ou le polissage, peuvent également être utilisées pour produire un miroir fini à partir d'une feuille de verre courbée sans dévier des développements décrits ici.

La pratique habituelle de l'industrie consiste à former une forme courbée souhaitée par cintrage par affaissement d'une feuille de verre plate (ou autre matériau) ou pour former une parabole entière, qui inclut la mise en forme de segments gaspillés de la parabole, ou pour former la forme parabolique partielle dans son orientation originale comme s'étendant à partir de l'origine imaginaire de la forme parabolique. L'ancienne méthode est onéreuse en ce qu'elle gaspille du verre. Cette dernière méthode est périlleuse à mouler à partir d'une feuille de verre plate parce que la forme parabolique dévie de plus en plus d'une forme plate à mesure que s'étend la parabole. Le formage de la forme courbée à partir d'une feuille de verre plate exige des valeurs de déformation qui diffèrent et, pour cette raison, des valeurs de chauffage différentes, tout cela pouvant être périlleux et coûteux.

En outre, des feuilles de verre de concentrateur peuvent être plus larges que longues, ayant parfois un rapport d'aspect de 5:1 ou plus. Ce rapport d'aspect introduit des défis supplémentaires parce que des feuilles de verre à rapport d'aspect élevé ne s'affaissent pas facilement aux différentes valeurs requises par une forme parabolique partielle. Il est préférable d'avoir un rapport d'aspect plus bas pour un cintrage par affaissement plus homogène.

Pour réduire le coût et simplifier la fabrication, les inventeurs ont trouvé qu'il est possible de former une forme parabolique partielle à partir d'un moule de forme non parabolique. En outre, la forme non parabolique peut avoir un côté avec un bord plat. Plusieurs formes non paraboliques peuvent être moulées en joignant les bords plats, en diminuant de ce fait le rapport d'aspect du verre moulé. En outre, ceci peut être réalisé avec peu ou pas de gaspillage de verre, et tout en augmentant simultanément le rendement de fabrication. Le résultat final avantageux est que des sections de verre courbées paraboliques partielles peuvent être formées avec un coût plus bas, une plus grande simplicité, et une vitesse plus grande que ce qui était précédemment possible.

La Figure 1 illustre un moule typique 100 pour former une feuille de verre parabolique tel qu'il est utilisé dans la technique. Le moule 100 a une surface supérieure 102 qui peut être pleine ou répartie à travers plusieurs parties de nervure longitudinales ou latérales. Le moule 100 a une forme en coupe comme illustré sur la Figure 2. En référence à la fois aux Figures 1 et 2, le moule 100 peut être considéré

comme ayant une origine 104 et un point supérieur 106. La forme parabolique de la surface supérieure 102 est utilisée pour former la forme d'un segment de verre courbé lorsque du verre plat est chauffé pour s'affaisser sur elle. Des moules typiques, tels que le moule 100, sont construits pour former une forme parabolique unique pour une utilisation dans le moulage d'une seule feuille de verre.

Comme on peut le voir sur la Figure 2, deux parties de la surface supérieure courbée 102 sont identifiées comme  $\Delta 1$  et  $\Delta 2$ .  $\Delta 1$  indique une zone près de l'origine imaginaire 104, alors que  $\Delta 2$  indique une région plus éloignée de l'origine 104. Comme on peut le voir, et comme il est vrai pour des formes paraboliques, le taux de variation de la surface supérieure courbée 102 par rapport à une forme verticale plate est significativement plus élevé dans la région de  $\Delta 2$  que dans  $\Delta 1$ . Lors du cintrage par affaissement d'une feuille de verre plate, la température à laquelle la feuille de verre doit être chauffée augmente en correspondance avec la valeur de déflexion par rapport à la forme plate que le verre va courber. Ainsi, une forme courbée peu prononcée peut être formée à une plus basse température qu'une forme profondément courbée. En outre, il est souhaitable d'avoir un écart entre les différentes parties de la profondeur de la forme courbée aussi faible que possible pour favoriser un chauffage homogène et un cintrage homogène. Enfin, il est souhaitable de former une courbe aussi peu prononcée que possible pour réduire la déformation localisée dans la feuille de verre au-delà du cintrage de feuille.

Il convient de noter que l'échelle et la proportion de toutes les figures sont à des fins descriptives uniquement, et ne doivent pas être considérées comme des mesures réelles. En outre, des exagérations pour la clarté peuvent être utilisées lorsque c'est nécessaire. Par exemple, les taux de courbure des régions près de  $\Delta 1$  et  $\Delta 2$  peuvent en fait être moins importants qu'illustrés, mais sont montrés ainsi à des fins descriptives. Nonobstant de telles variations, les difficultés de fabrication décrites peuvent toujours être présentes, même pour de plus petites différences de taux de courbure.

Lors du cintrage par affaissement d'une feuille de verre plate sur la surface supérieure 102, la feuille de verre aura besoin d'une plus grande quantité de chaleur dans la région près de  $\Delta 2$  que près de  $\Delta 1$ . En outre, à cause de la pente de la courbure de la région près de  $\Delta 2$ , une certaine déformation localisée dans le verre peut se produire en plus du cintrage à partir d'une forme plate pour correspondre à la courbe de la surface supérieure 102. Ces considérations augmentent la complexité et le coût de fabrication.



La Figure 3 illustre une vue de haut du moule 100. Cette vue permet l'affichage de la largeur  $w$  et de la longueur  $l$  relatives. Le rapport de  $w$  sur  $l$  forme le rapport d'aspect. Pour des applications de concentrateur solaire, le rapport, comme on peut le voir, bien que non à l'échelle, peut être aussi élevé que 3:1 ou plus grand. Ce rapport d'aspect élevé complique encore la fabrication.

La Figure 4 illustre une parabole P. Une parabole est une section conique et dans un plan est le lieu de points qui sont équidistants entre un foyer ponctuel et une ligne directrice. Dans l'illustration de la Figure 4, la parabole P est formée par rapport au foyer  $f$  et à la directrice  $d$ . Les axes de coordonnées  $x$  et  $y$  sont fournis à titre de référence. Bien que le foyer  $f$  soit utilisé à des fins d'illustration, il ne doit pas être confondu avec le foyer du miroir fini ou du verre courbé utilisé dans des applications de concentration solaire, qu'elles soient thermiques ou photovoltaïques, ou bénéficiant autrement du verre produit. En outre, tel qu'il est utilisé sur l'ensemble, une parabole désigne une forme telle qu'illustrée ici, et parabolique est utilisé pour décrire des formes ayant des propriétés associées à la forme.

Une parabole formée avec une symétrie autour de l'axe  $y$ , telle que la parabole P, peut être exprimée par la formule mathématique :

$$P(x) = ax^2 + bx + c ;$$

où  $a$ ,  $b$  et  $c$  représentent des constantes. Une telle parabole est utile pour des applications de concentrateur solaire pour certaines valeurs des constantes. Comme mentionné précédemment, cependant, pour des raisons pratiques, c'est une forme parabolique partielle qui peut également être utilisée pour des applications de concentrateur solaire. Une telle forme qui peut être utilisée est :

25

$$P_1(x) = 0,001192x^2 + 0,109046544x$$

La Figure 5 illustre une partie 202 de parabole P entre les points  $A_0$  et  $B_0$ . Le point  $A_0$  correspond au point de la parabole P à une distance A de l'origine et avec une hauteur par rapport à l'origine de  $P(A)$ . Ainsi,  $(A, P(A))$  est le point  $A_0$ . De même, le point  $B_0$  est le point de la parabole P qui est à une distance B de l'origine et a une hauteur de  $P(B)$ .

La partie 202 représente une forme parabolique partielle qui peut être utilisée dans une application de concentrateur solaire. Elle peut être inefficace, cependant, pour

former la parabole entière  $P$  de  $(0, P(0))$  à  $(B, P(B))$ , éliminant ultérieurement la partie de parabole  $P$  entre  $(0, P(0))$  et  $(A, P(A))$ , pour obtenir la partie 202 pour une utilisation dans un concentrateur solaire. Il s'agit de la méthode typiquement utilisée par le moule 100, de telle sorte que l'origine 104 correspond au point  $(0, P(0))$  et le point supérieur 106 correspond au point  $(B, P(B))$ . Pour une telle partie 202 correspondant à la parabole exemplaire  $P_1(x)$ , la partie peut être entre 45,791 et 483,241 sur l'axe  $x$ .

La Figure 6 illustre la découverte par les inventeurs que la partie 202 peut être transformée en partie 212 pour la simplification de fabrication à coût réduit et rendement accru. Les inventeurs ont trouvé que la partie 202 peut subir une translation de telle sorte que le point  $(A, P(A))$  est situé à l'origine. Ainsi, comme illustré sur la Figure 6, le point  $A_0$  a subi une translation au point  $A_1$  situé à  $(0,0)$ . Le point  $B_0$  est modifié par translation au point  $B_1$ . En elle-même, cette translation réduit les déchets associés au formage de la partie 202. La pente de la partie 202 lorsqu'elle se rapproche de l'origine  $(0,0)$  ne se rapproche pas d'une pente horizontale, ou nulle. Autrement dit, la tangente de  $P(x)$  ne se rapproche pas de zéro lorsque  $P(x)$  se rapproche de l'origine à partir de la direction positive  $x$ . Ceci peut rendre la fabrication périlleuse.

Les inventeurs ont en outre trouvé que  $P(x)$  et la partie correspondante 202 peuvent être tournés vers le bas d'un angle négatif  $\theta$  pour produire  $Q(x)$  et la partie correspondante 212. L'angle négatif  $\theta$  est défini comme l'angle nécessaire pour faire tourner la partie 202 de telle sorte que la pente de 202 se rapproche de zéro lorsque  $Q(x)$  se rapproche de l'origine à partir de la direction positive  $x$ . La valeur de  $\theta$  varie à mesure que la parabole  $P(x)$  varie, mais peut être n'importe où de 0,01 à 90 degrés, que l'on mesure négativement ou positivement.

Après rotation de  $P(x)$  et de la partie 202 pour obtenir la courbe  $Q(x)$  et la partie 212, le point  $A_1$  est toujours situé à l'origine et indiqué par le point  $A_2$ . Le point  $B_1$  a été déplacé par la rotation de la partie 202 pour être situé au nouveau point  $B_2$ . La partie 212 peut être décrite par la courbe  $Q(x)$ . Alors que  $P(x)$  a été décrit par la formule parabolique précédente pour la symétrie autour de l'axe  $y$ ,  $Q(x)$  n'est plus une courbe parabolique, mais peut plutôt être décrit par la formule :

30

$$Q(x) = dx + ((\sqrt{(ex + f)})/g) + h ;$$

où  $d, e, f, g$  et  $h$  sont des constantes. La forme de la courbe de  $Q(x)$  est désignée forme composite à racine carrée linéaire. Les valeurs de  $a, b$  et  $c$  associées à la parabole  $P(x)$  déterminent la valeur de l'angle négatif  $\theta$  et l'une et l'autre déterminent les valeurs des constantes  $d, e, f, g$  et  $h$ . Ainsi, la forme exacte de la courbe  $Q(x)$  sera déterminée par la forme de la parabole  $P(x)$  souhaitée pour le mode de réalisation. Le calcul de  $x'$  et  $Q(x')$ , où  $x'$  correspond à la coordonnée  $x$  d'un point sur la courbe  $(x, P(x))$ , et  $Q(x')$  correspond à la coordonnée  $y$ , est effectué en utilisant une matrice de rotation  $[R]$  sur  $P(x)$  de telle sorte que :

$$\begin{matrix} \lrcorner & \lrcorner \\ x' & = \\ \lrcorner & \lrcorner \end{matrix} = \begin{matrix} \lrcorner & \lrcorner \\ \cos \theta & -\sin \theta \\ \lrcorner & \lrcorner \end{matrix} \begin{matrix} \lrcorner & \lrcorner \\ x & \\ \lrcorner & \lrcorner \end{matrix} \begin{matrix} \lrcorner & \lrcorner \\ Q(x') & \\ \lrcorner & \lrcorner \end{matrix} = \begin{matrix} \lrcorner & \lrcorner \\ \sin \theta & \cos \theta \\ \lrcorner & \lrcorner \end{matrix} \begin{matrix} \lrcorner & \lrcorner \\ P(x) & \\ \lrcorner & \lrcorner \end{matrix}$$

15 Pour produire un  $Q_1(x)$  qui correspondrait à  $P_1(x)$ , les constantes suivantes sont présentes :

$d$	= 9,170396
$e$	= 0,00052
$f$	= 1,011891
$g$	= 0,0000280154
$h$	= 35906,3

De telles constantes correspondent au fait que  $P_1(x)$  doit être tourné d'un angle négatif  $\theta$  approximativement égal à  $6,22^\circ$  pour obtenir la courbe composite à racine carrée linéaire  $Q_1(x)$ . Autrement dit,  $P_1(x)$  doit être tourné d'approximativement  $6,22^\circ$  en sens horaire, en direction de l'axe  $x$  positif, pour obtenir la courbe  $Q_1(x)$ . Les valeurs de  $a, b$  et  $c$  associées à la parabole  $P(x)$ , en même temps que les points de terminaison d'intérêt, tels que les exemples  $A_0$  et  $B_0$ , déterminent nécessairement la valeur de l'angle négatif  $\theta$  et l'un et l'autre déterminent nécessairement les valeurs des constantes  $d, e, f, g$  et  $h$ . Ainsi, la forme exacte de la courbe  $Q(x)$  sera déterminée par la forme de la parabole  $P(x)$  et les points de terminaison choisis souhaités pour le mode de réalisation. Pour cette raison, pour chaque partie d'une parabole  $P(x)$ , telle que la partie 202, il existera exactement une partie transformée d'une courbe à forme composite à racine carrée linéaire, telle que la partie 212, de  $Q(x)$ . La partie 212

correspond exactement à la courbure de la partie 202, si ce n'est qu'elle a subi une translation et une rotation par rapport à l'illustration originale sur la Figure 5.

Ainsi, un moule de cintrage par affaissement qui est utilisé pour fabriquer la partie 212, ayant la forme courbée de la partie 212, produira une partie courbée de verre qui correspond à la courbe de la partie 202. La partie 212 est avantageusement plus simple, plus rapide, et moins complexe à fabriquer que la partie 202 ou parabole  $P(x)$ , ce qui réduit fortement le coût. Ainsi, la forme non parabolique de la forme courbée composite à racine carrée linéaire peut être utilisée pour créer, par moulage par exemple, une forme de courbe parabolique partielle qui ne pouvait précédemment être formée qu'en utilisant un moule de forme parabolique. Une surface non parabolique sur un moule peut, pour cette raison, être utilisée pour produire une surface en verre de forme parabolique partielle après moulage par cintrage par affaissement. Toutes les références à des formes paraboliques et non paraboliques sont faites par rapport aux références de coordonnées définies originales dans lesquelles la parabole est d'abord décrite.

La Figure 7 illustre qu'une amélioration supplémentaire peut être possible en tirant parti de la pente nulle au point de terminaison  $A_2$  en faisant tourner la partie 212 autour de l'axe  $y$  pour obtenir la partie 222. Les parties 212 et 222 ont des points de terminaison se chevauchant  $A_2$  et  $A_3$  à l'origine. Le point de terminaison  $B_2$  de la partie 212 est au même endroit que celui calculé précédemment et illustré par rapport à la Figure 6. Le point de terminaison  $B_3$  de la partie 222 a la même hauteur que  $B_2$  tout en s'étendant dans la direction négative  $x$  à une égale distance de l'origine que  $B_2$  le fait dans la direction positive  $x$ , comme illustré. Ainsi, les parties 212 et 222 peuvent se rencontrer régulièrement à l'origine avec une pente nulle et former une partie jointe de double largeur. Chaque moitié, si elle est divisée à l'axe  $y$  forme une forme parabolique partielle du type illustré sur la Figure 5 et souhaitée pour des systèmes concentrateurs solaires.

La Figure 8 illustre un appariement par inversion de la partie 212. Comme on peut le voir, la partie 212 a été en outre tournée de telle sorte que le point de terminaison  $B_2$  est maintenant positionné à l'origine et la partie 212 a été orientée de telle sorte que la courbe, qui est l'inverse ou  $Q^{-1}(x)$  de  $Q(x)$ , a toujours une pente nulle, ou tangente horizontale, à l'origine à mesure que  $Q^{-1}(x)$  se rapproche de l'origine à partir de la direction positive  $x$ . Ainsi, le point de terminaison  $A_2$  est maintenant positionné à l'extrémité supérieure droite de la partie 212. Comme indiqué précédemment, il convient de noter qu'alors que la partie 212 semble avoir une pente vers le haut moins prononcée sur la Figure 7 que sur la Figure

8, et que l'inversion de la courbe  $Q(x)$  sur la Figure 8 a produit une pente vers le haut plus marquée, dans la pratique réelle, l'inverse peut être vrai, et tous les éléments illustrés sont montrés à des fins descriptives. Ainsi, de telles caractéristiques peuvent ne pas être à l'échelle à des fins de clarté de description.

5 Une rotation de la partie inversée 212 de la Figure 8 produit une partie 222 qui a un positionnement similaire des points de terminaison  $A_3$  et  $B_3$  à un miroir à travers l'axe  $y$ . En fonction de la forme de la courbe  $Q(x)$ , il peut être plus avantageux de construire un moule ayant une surface supérieure avec la forme des parties jointes 212 et 222 ressemblant à la Figure 7 ou au mode de réalisation inversé illustré sur la Figure 8.

10 La Figure 9 illustre encore un autre mode de réalisation d'une variante de la Figure 7 où les parties 212 et 222 ont été tournées autour de l'axe  $x$ . Ainsi, alors que les points de terminaison  $A_2$  et  $A_3$  restent à l'origine, les courbes s'étendent dans la direction négative  $y$  à mesure qu'elles s'étendent vers l'extérieur à partir de l'origine. Une telle rotation peut également être exécutée sur le mode de réalisation illustré sur la Figure 8,  
15 produisant des courbes vers le bas des parties inversées illustrées 212, 222 de la Figure 8. Dans tous les cas où la partie 222 est formée en faisant tourner la partie 212 autour d'un axe ou une ligne, on dit que la partie 222 est l'image miroir de la partie 212.

N'importe laquelle des formes des Figures 6 à 9, ou d'autres variantes de celles-ci, peut être utilisée pour former un moule pour cintrage par affaissement d'une feuille  
20 de verre plate en la forme parabolique partielle souhaitée. Plusieurs des formes produiront plusieurs sections ou segments courbés paraboliques partiels, tels que la forme illustrée sur les Figures 7 ou 8, qui peuvent ensuite être séparés, divisés, ou coupés en la partie souhaitée pour utilisation.

La Figure 10 illustre un moule amélioré 300 utilisable pour former des sections  
25 de verre à forme parabolique partielle formées par cintrage par affaissement. Le moule 300 peut être un moule de support permissif avec une pluralité de nervures 308 formant une surface supérieure 302. Dans certains modes de réalisation, le moule 300 peut être formé en tant que composant plein avec une seule surface supérieure, alors que dans d'autres modes de réalisation, la surface supérieure peut être répartie à travers plusieurs  
30 composants, tels que des nervures longitudinales ou latérales internes. Le moule 300 de la Figure 10 illustre des nervures longitudinales 308 qui s'étendent entre les deux bords

externes 306 du moule 300. Les nervures 308 peuvent avoir n'importe quelle épaisseur ou largeur, comme souhaité pour le fonctionnement du moule 300.

En se référant encore à la Figure 11, le moule 300 est montré depuis le côté, illustrant la coupe transversale de la surface supérieure 302, qui a une hauteur variable. Il convient de noter que le moule 300 a été simplifié à des fins descriptives. Certains modes de réalisation du moule 300 peuvent inclure des orifices et des entrées et sorties pour la ventilation de gaz et le vide, ainsi que des attaches, des gouttières, des caractéristiques de chauffage, et n'importe quels autres composants appropriés pour une utilisation dans un moule de cintrage par affaissement, y compris un moule de cintrage par affaissement supporté sur le périmètre.

La surface supérieure 302 a des bords externes 306. Le moule 300 peut avoir une surface supérieure 302 avec une forme courbée composite à racine carrée linéaire, conformément aux formes et à leurs variations comme décrit précédemment. Ainsi, le moule 300 peut avoir une forme similaire à celle illustrée sur la Figure 7, où les points  $A_2$  et  $A_3$  se trouveraient au point médian de la surface supérieure 302, approchant l'origine de la Figure 7, et les points  $B_2$  et  $B_3$  correspondraient aux points de la surface supérieure 302 aux bords externes 306. La surface supérieure 302 peut également être réduite ou augmentée en échelle comme souhaité, comme pour un moule négatif ou positif. Une surface telle que la surface supérieure 302 peut être continue ou étalée à travers n'importe quelles nervures 308 du moule 300.

La Figure 11 inclut en outre des régions marquées  $\Delta 3$  et  $\Delta 4$ , similaires aux régions marquées respectives  $\Delta 1$  et  $\Delta 2$  de la Figure 2, décrites précédemment. Chaque indicateur référence la même partie de la surface supérieure du moule respectif 100, 300. À cause de la rotation de la forme composite à racine carrée linéaire, il convient de noter que  $\Delta 3$ , qui référence une position similaire à celle référencée par  $\Delta 1$  a une courbe moins prononcée que  $\Delta 1$ .  $\Delta 4$  référence une position similaire à celle de  $\Delta 2$ . De même, et de nouveau à cause de la rotation d'un angle négatif  $\theta$  du moule courbé 300 par comparaison avec le moule parabolique 100,  $\Delta 4$  est moins prononcé que  $\Delta 2$ . Ainsi, la courbe améliorée du moule 300 peut réduire la déformation locale durant le cintrage par affaissement par comparaison avec un moule parabolique 100. En outre, la disparité réduite entre  $\Delta 3$  et  $\Delta 4$ , par comparaison avec entre  $\Delta 1$  et  $\Delta 2$  réduit à l'avenant la complexité de fabrication et, en conséquence, le coût.

La Figure 12 illustre un avantage supplémentaire de jointure de formes composites à racine carrée linéaire pour former un moule, tel que le moule 300. Par comparaison avec le moule 100 de la Figure 3, on peut voir qu'en joignant plusieurs sections incurvées, la longueur  $l$  du moule 300 est augmentée à au moins le double de celle du moule 100 sur la Figure 3. Ainsi, pour une largeur constante  $w$ , on peut voir que le rapport d'aspect diminue par rapport à celui de la Figure 3, qui était d'environ 3:1 à environ 1,5:1, ou, lorsque la largeur  $w$  est variée, à n'importe quel autre rapport d'aspect de 2:1, 1,6:1, 1,15:1, ou même moins de un. Par exemple, en référence aux Figures 18 à 20, on peut voir que des moules avec des rapports d'aspect bien inférieurs à 1 peuvent être formés.

Les Figures 13 à 17 illustrent un moule 400 pour le cintrage par affaissement de verre à une forme particulière. Sauf indication contraire, les indicateurs numériques sur les Figures 13 à 17 désignent des composants et caractéristiques similaires à ceux sur les Figures 10 à 12, si ce n'est qu'ils ont été augmentés de 100. Le moule 400 peut être un moule supporté sur le périmètre pour le cintrage par affaissement de feuilles de verre planes ou plates, telles que la feuille 450. La feuille 450 peut avoir un point médian 452, divisant la feuille 450 en un premier côté 454 et un deuxième côté 456. La feuille 450 peut avoir une surface inférieure 460.

Durant la préparation pour le cintrage par affaissement de la feuille 450, la feuille 450 peut être positionnée sur ou au-dessus de la surface supérieure 402 du moule 400, comme représenté sur la Figure 13. Sur la Figure 14, la feuille 450 a été remplacée par une feuille courbée 470, formée en chauffant la feuille 450 jusqu'à ce qu'elle atteigne une température suffisante pour amener la feuille de miroir en verre à se déformer vers le bas en direction de la surface supérieure 402 du moule 400. Le moule 400 peut alors supporter la surface inférieure 460 de la feuille avec sa surface supérieure 402, moulant la feuille de verre 450 à la forme souhaitée en tant que feuille courbée 470. Dans certains modes de réalisation, une force vers le bas peut être communiquée à la feuille 450 pour faire en sorte qu'elle s'incurve pour suivre la surface supérieure 402. Une telle force peut être provoquée par une presse depuis le dessus de la feuille 450 dirigée vers le bas et forçant la feuille 450 dans le moule 400. En variante, le moule 400 peut incorporer un ou plusieurs orifices de vide qui aspirent la feuille 450 vers le bas vers et sur la surface supérieure 402 du moule 400.

Après mise en forme de la feuille 450 en la feuille courbée 470, la feuille courbée 470 peut être séparée du moule 400, comme illustré sur la Figure 15A. Dans

certaines modes de réalisation, la feuille courbée 470 peut être séparée, coupée, ou divisée à son point médian 472 comme illustré sur la Figure 15B. Comme illustré, la feuille courbée 470 est ainsi divisée en première section 474 et deuxième section 476, chacune pouvant avoir une forme parabolique partielle, malgré la forme courbée composite à racine carrée linéaire de la surface supérieure 402 contre laquelle elle est formée. Dans certains modes de réalisation, le moule 400 peut inclure une partie plate entre des formes paraboliques partielles, telle que près du milieu du moule 400 pour fournir du matériau entre les deux sections pour une incision, bien qu'une telle partie plate soit de manière souhaitable minimisée pour inhiber les déchets de matériau.

En référence de nouveau à la Figure 12, il faut comprendre que l'augmentation de longueur  $l$  est plus grande que celle causée simplement par le doublement de la surface supérieure courbée. La rotation de la partie courbée 212 de la Figure 6 qui, comme on peut le voir sur la Figure 6, s'étend plus loin le long de l'axe  $x$  que la partie parabolique 202, fait en sorte que la partie 212 se trouve au-dessus de l'axe  $x$  dans une plus large mesure que la partie 202. Bien que l'une et l'autre des parties produisent la même forme parabolique partielle à partir de la même zone de feuille de verre, la courbe non parabolique du moule 300 le fait avec moins de cintrage vertical, augmentant la précision et la manufacturabilité.

La Figure 16 illustre davantage l'avantage au rapport d'aspect causé par l'utilisation d'une forme de courbe composite à racine carrée linéaire sur un moule de cintrage par affaissement. Comme on peut le voir dans la coupe transversale illustrée sur les Figures 16 et 17, un moule 500, qui est un moule à verre parabolique à double face, a une plus grande distance de déformation verticale et une plage de déformation horizontale moindre. En revanche, un autre mode de réalisation d'un moule 530, qui est une forme de courbe composite à racine carrée linéaire à double face similaire à ces formes illustrées sur les Figures 7 et 8, a une plus grande plage de déformation horizontale et une distance de déformation verticale moindre. L'un et l'autre des moules 500, 530, cependant, forment de manière similaire de longues feuilles de verre 510 et 540 respectivement. Comme on peut le voir en référence à la Figure 17, les feuilles de verre 510 et 540 ont été formées en feuille courbée 512, 542 respectivement. Comme illustré précédemment, si chaque feuille de verre 512, 542 est séparée à son point médian, et que la région de déchets 514 est retirée, elles formeront des formes paraboliques partielles essentiellement identiques.

La feuille de verre 542 formée par le moule 530, si elle est séparée au niveau ou près du point médian, cependant, est formée par un procédé très avantageux. Parce que



le moule 530 utilise une forme composite à racine carrée linéaire pour sa surface de moulage, le rapport d'aspect est supérieur à la forme parabolique du moule 500, permettant un affaissement plus aisé à une température plus basse. En outre, parce qu'il y a moins de déformation verticale lorsque le moule 530 est utilisé, les effets de déformation localisés sont inhibés ou éliminés, ce qui augmente la qualité du verre et, en fin de compte, la performance du système solaire. En outre, la région de déchets 514 de la feuille courbée 512 est la région entre les parties paraboliques partielles, comme on peut le comprendre en référence à la Figure 5 et l'espace entre l'origine et le point  $A_0$  sur la figure. La région de déchets 514 s'étend sur l'un et l'autre des côtés du moule 500, faisant en sorte que les déchets de verre sont coupés de la feuille courbée 512. Ainsi, alors que les feuilles de verre 510, 540 semblent être d'égale longueur, la feuille 510 est en fait légèrement plus longue pour tenir compte de la région de déchets 514. Les déchets réduits permis par l'utilisation d'un moule de cintrage par affaissement à forme composite à racine carrée linéaire contribuent à sa supériorité de coût.

La Figure 18 illustre un autre mode de réalisation d'un moule de cintrage par affaissement 600. Comme on peut le voir, un moule unique 600 peut comprendre plusieurs sections, telles que la première section 602 et la deuxième section 604, pour former des courbes paraboliques partielles en utilisant une surface supérieure de forme composite à racine carrée linéaire. Bien qu'une forme similaire à celle de la Figure 7 soit montrée se répétant longitudinalement, se rapprochant une forme ondulée, d'autres formes peuvent également être utilisées ou mélangées. Par exemple, dans un autre mode de réalisation, la première section 602 peut correspondre à une forme similaire à celle de la Figure 7, alors que la deuxième section 604 peut correspondre à une forme similaire à la Figure 9. Dans certains modes de réalisation, seules deux sections telles sont jointes, alors que dans d'autres modes de réalisation, trois, quatre, cinq, ou n'importe quel nombre pratique de sections telles peuvent être formées en un moule unique.

Dans certains modes de réalisation, une surface de transition peut être présente entre des sections jointes pour fournir une section de courbure progressive, si on le souhaite. Par exemple, dans certains modes de réalisation, il peut y avoir une partie plate 606 sur la surface supérieure du moule 600 entre les sections 602 et 604. Comme mentionné précédemment, la partie plate 606 peut être minimisée pour inhiber les déchets de verre.

Après formage d'une feuille de verre en utilisant un moule similaire à celui illustré sur la Figure 18, ou décrit en référence à celle-ci, la feuille de verre peut être

séparée, divisée, ou coupée en le nombre correct des formes de verre paraboliques partielles. Ainsi, alors que deux formes telles peuvent être formées par le moule illustré sur les Figures 13-15, et que la Figure 18 illustre un moule qui peut produire au moins quatre parties paraboliques partielles telles, d'autres moules peuvent produire six, sept, 5 douze, ou n'importe quel nombre de parties paraboliques partielles en fonction du nombre de parties de forme composite à racine carrée linéaire qui sont jointes.

La Figure 19 illustre un autre mode de réalisation d'un moule similaire à celui de la Figure 18, si ce n'est que le moule 620 est formé avec quatre parties de forme composite à racine carrée linéaire jointes. La partie 622 peut correspondre à une partie 10 de courbe composite à racine carrée linéaire similaire à la partie 212 de la Figure 7, alors que la partie 624 peut correspondre à la partie 222 de la Figure 7. La partie 626, cependant, peut correspondre à la partie 212 de la Figure 9, si ce n'est qu'elle a été tournée pour se joindre à la partie 622 avec une pente correspondant à la pente de la partie 622 au niveau de l'intersection entre elles. En d'autres termes, les parties 622 et 15 626 sont jointes en tant que courbe régulière là où elles ont une direction de tangente commune à la jointure. De même, la partie 628 a été orientée pour être jointe régulièrement à la partie 624. Un moule unique tel que le moule 620 peut ainsi être utilisé pour créer quatre formes de verre paraboliques partielles qui peuvent être séparées en les divisant, tel que par découpage, à l'emplacement des jointures de parties.

La Figure 20 illustre un autre mode de réalisation d'un moule 630 similaire à celui du moule 620 si ce n'est qu'une partie 632 correspond à la partie 212 de la Figure 8, et une partie 634 correspond à la partie 222 de la Figure 8. Les parties 636 et 638 peuvent être jointes à leurs parties respectives 632, 634 d'une manière similaire à celle décrite précédemment par rapport à la figure 19.

Comme on peut le voir, diverses autres parties peuvent être jointes de manière similaire pour faire d'autres permutations. Pour autant que les parties à courbe composite à racine carrée linéaire soient jointes régulièrement comme illustré, ou avec une partie de transition permettant une jonction régulière, de nombreuses possibilités pour des moules peuvent être construites. En outre, plus de quatre parties peuvent être jointes, et des 25 permutations de moules en plusieurs parties peuvent être elles-mêmes jointes régulièrement pour former des moules qui peuvent produire n'importe quel nombre de parties, pair ou impair, comme souhaité pour le mode de réalisation. Ainsi, alors que des moules à deux et quatre parties sont montrés, des moules à trois parties, des moules à huit 30

parties, ou des moules à dix-sept parties, conjointement avec n'importe quel autre nombre, peuvent tous être formés en utilisant les techniques et développements décrits ici.

À des fins d'illustration, la description suivante du procédé 700 peut faire référence à des éléments mentionnés précédemment à propos des Figures 1 à 18. Dans la pratique, des parties du procédé 700 peuvent être exécutées par différents éléments du système décrit, par exemple, le moule 300, la surface supérieure 302, ou n'importe quel autre composant, qu'il soit ou non illustré. Il faut avoir à l'esprit que le procédé peut inclure n'importe quel nombre de tâches supplémentaires ou alternatives, les tâches montrées sur la Figure 19 ne doivent pas nécessairement être effectuées dans l'ordre illustré, et le procédé 700 peut être incorporé dans une procédure plus complète ou un procédé ayant une fonctionnalité supplémentaire qui n'est pas décrite en détail ici.

Le procédé 700 décrit un procédé de formage d'une feuille de verre parabolique partielle, à partir d'une feuille de verre plate ou plane ou courbée dans la forme souhaitée. Initialement, une feuille de verre plane peut être positionnée sur ou au-dessus d'un moule de cintrage par affaissement ayant une forme composite à racine carrée linéaire sur une surface de support de verre supérieure 702. Par la suite, la feuille de verre peut être chauffée à une première température 704. La première température peut être suffisante pour faire en sorte que la feuille de verre s'affaisse sous son propre poids ou, dans certains modes de réalisation, une force vers le bas peut en outre être appliquée. Dans l'un ou l'autre cas, on peut faire en sorte que la feuille de verre plane se déforme pour suivre la forme de la surface de support de verre du moule de cintrage par affaissement.

La feuille de verre courbée peut ensuite être refroidie sous la première température 706. Le refroidissement peut être suffisant pour durcir le verre et garantir qu'il conservera sa forme une fois retiré du moule. La feuille de verre courbée peut ensuite être retirée du moule 708. Dans certains modes de réalisation, la feuille de verre courbée peut être retirée une fois qu'elle est seulement partiellement refroidie à sa température de repos finale. Dans d'autres modes de réalisation, la feuille de verre courbée peut être refroidie complètement à sa température de repos finale avant de séparer la feuille de verre courbée du moule. La feuille de verre courbée peut maintenant être sous la forme d'une parabole partielle appropriée pour une utilisation dans un concentrateur solaire ou une autre application.

La feuille de verre courbée, après séparation du moule de cintrage par affaissement, peut facultativement être divisée ou séparée en parties, sections ou segments

paraboliques partiels distincts. Comme décrit précédemment, un moule unique ayant une forme de courbe composite à racine carrée linéaire peut être utilisé pour former plusieurs parties paraboliques partielles à partir d'une seule feuille de verre plane, avantageusement avec moins de défauts localisés et un plus grand débit qu'un moule parabolique.

5           Alors qu'au moins un mode de réalisation donné à titre d'exemple a été  
présenté dans la description détaillée qui précède, on aura à l'esprit qu'un nombre  
important de variations existe. On aura également à l'esprit que les modes de  
réalisation donnés à titre d'exemple ou les modes de réalisation décrits ici ne sont pas  
prévus pour limiter d'une quelconque manière le champ d'application, l'applicabilité,  
10       ou la configuration du sujet revendiqué. À la place, la description détaillée qui précède  
fournira au spécialiste de la technique une feuille de route utile pour mettre en œuvre  
le ou les modes de réalisation décrits. Il faut comprendre que divers changements  
peuvent être apportés dans le fonctionnement et les agencements des éléments sans  
sortir du champ d'application défini par les revendications, qui inclut des équivalents  
15       connus et prévisibles équivalents au niveau du dépôt de cette demande de brevet.

## REVENDICATIONS

1. Moule à verre de cintrage par affaissement comprenant une surface de support de verre ayant un profil en coupe de hauteur variable, le profil en coupe ayant une première partie où le profil en coupe a une forme composite à racine carrée linéaire.

2. Moule à verre selon la revendication 1, dans lequel le profil en coupe a en outre une deuxième partie avec une forme composite à racine carrée linéaire formée en tant qu'image miroir de la première partie.

3. Moule à verre selon la revendication 2, dans lequel la deuxième partie est positionnée adjacente à la première partie.

4. Moule à verre selon la revendication 1, où le moule à verre a un rapport d'aspect de 2:1 ou plus petit.

5. Moule à verre selon la revendication 1, dans lequel la surface de support de verre est répartie à travers une pluralité de nervures.

6. Moule à verre selon la revendication 5, dans lequel chacune parmi la pluralité de nervures a une surface supérieure, la surface supérieure ayant une forme composite à racine carrée linéaire.

7. Moule à verre selon la revendication 1, où le moule à verre est un moule à affaissement supporté sur le périmètre.

8. Moule à verre selon la revendication 1, dans lequel la surface de support de verre comprend une pluralité de sections de forme composite à racine carrée linéaire jointes.

9. Procédé de formation d'une feuille de verre parabolique partielle, le procédé comprenant :

le positionnement d'une feuille de verre plane sur un moule de cintrage par affaissement ayant une forme composite à racine carrée linéaire ; et

5 la déformation de la feuille de verre pour suivre la forme composite à racine carrée linéaire du moule de cintrage par affaissement.

10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel la déformation de la feuille de verre comprend un chauffage de la feuille de verre plane à au moins une première  
10 température, dans lequel la première température est suffisante pour faire en sorte que la feuille de verre s'affaisse sous son propre poids.

11. Procédé selon la revendication 10, comprenant en outre le maintien du verre plan à la première température jusqu'à ce que la feuille de verre soit déformée pour suivre  
15 la forme composite à racine carrée linéaire du moule de cintrage par affaissement.

12. Procédé selon la revendication 10, comprenant en outre la communication d'une force vers le bas à la feuille de verre.

20 13. Procédé selon la revendication 9, comprenant en outre la séparation de la feuille de verre en une pluralité de sections, chaque section ayant une feuille de verre parabolique partielle.

14. Procédé selon la revendication 9, dans lequel la feuille de verre a un rapport  
25 d'aspect de 2:1 ou plus petit.

15. Procédé de formage d'une feuille de verre ayant une forme parabolique partielle, le procédé comprenant :

le positionnement d'une feuille de verre plane sur un moule de cintrage par  
30 affaissement ayant une surface supérieure avec une forme non parabolique ;

la déformation de la feuille de verre pour venir en contact avec la surface supérieure non parabolique du moule de cintrage par affaissement ; et

la séparation de la feuille de verre du moule de cintrage par affaissement.

5           16. Procédé selon la revendication 15, dans lequel la forme non parabolique de la surface supérieure a une forme composite à racine carrée linéaire et la déformation de la feuille de verre comprend le chauffage de la feuille de verre, provoquant de ce fait l'affaissement de la feuille de verre à la forme composite à racine carrée linéaire de la surface supérieure du moule de cintrage par affaissement.

10

17. Procédé selon la revendication 16, comprenant en outre un refroidissement de la feuille de verre.

15           18. Procédé selon la revendication 15, comprenant en outre le retrait de la feuille de verre du moule de cintrage par affaissement.

19. Procédé selon la revendication 15, comprenant en outre la séparation de la feuille de verre en au moins deux sections, chaque section ayant une forme parabolique partielle.

20           20. Procédé selon la revendication 15, dans lequel la déformation de la feuille de verre pour venir en contact avec la surface supérieure non parabolique du moule de cintrage par affaissement comprend le formage de la feuille de verre en au moins une forme parabolique partielle.

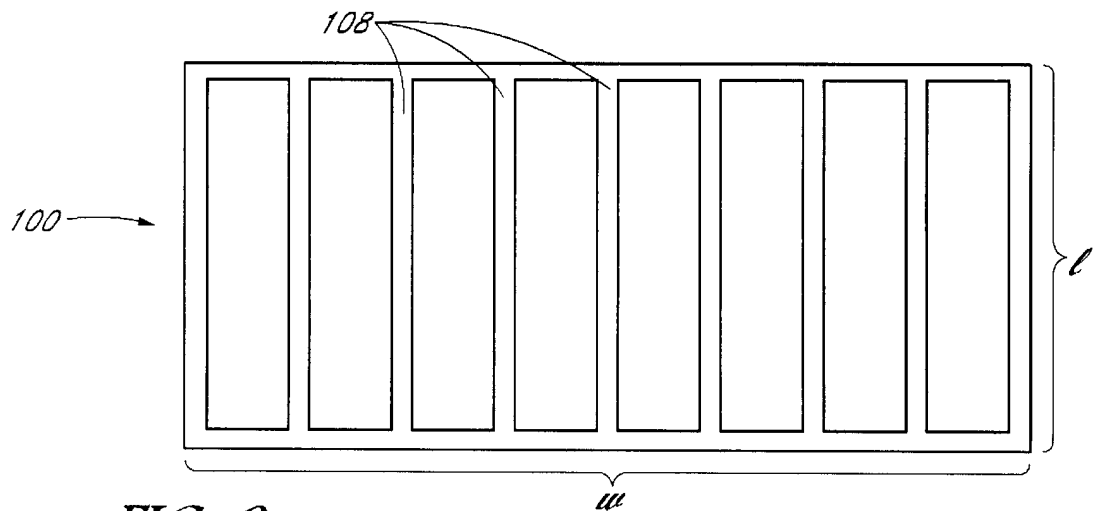
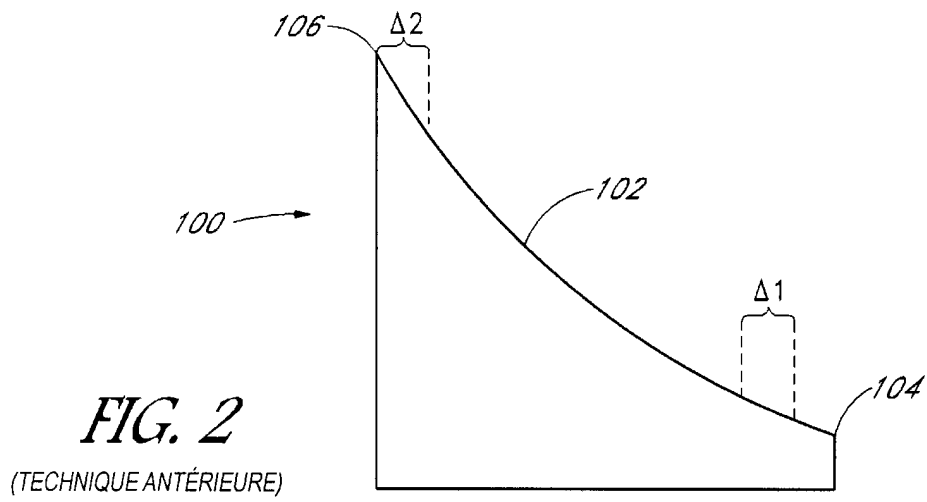
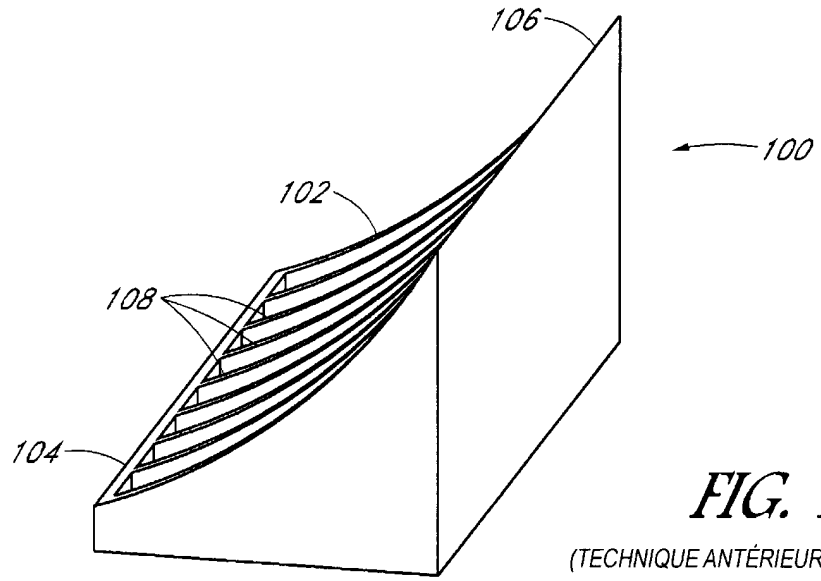


FIG. 3  
(TECHNIQUE ANTÉRIEURE)



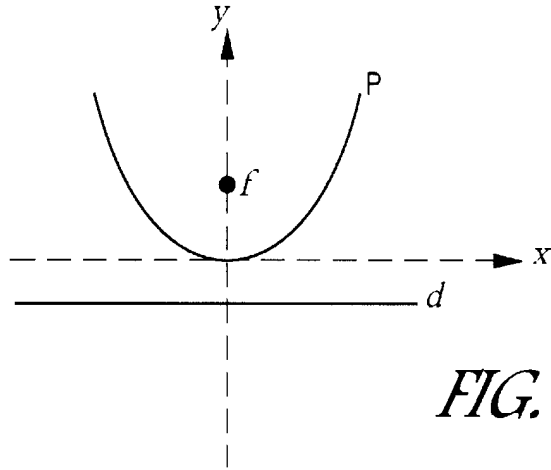


FIG. 4

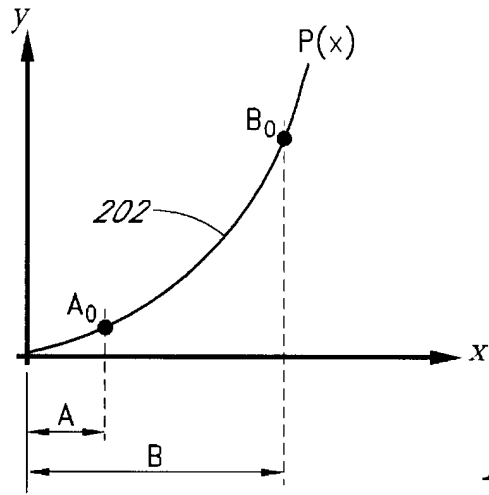


FIG. 5

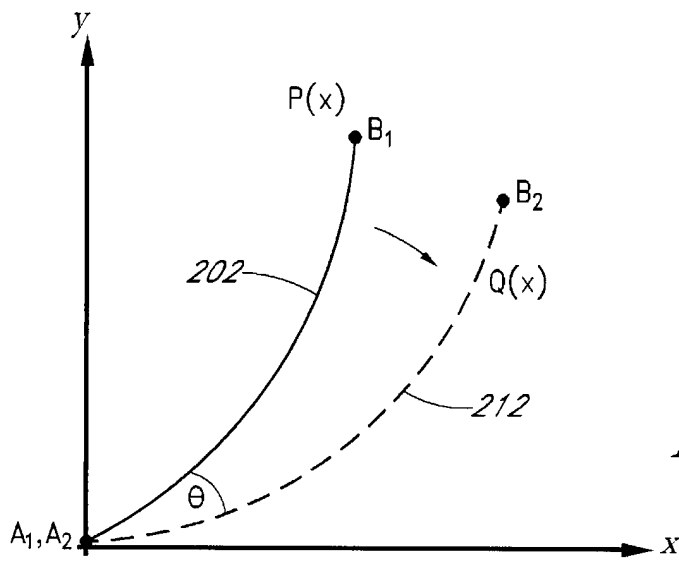
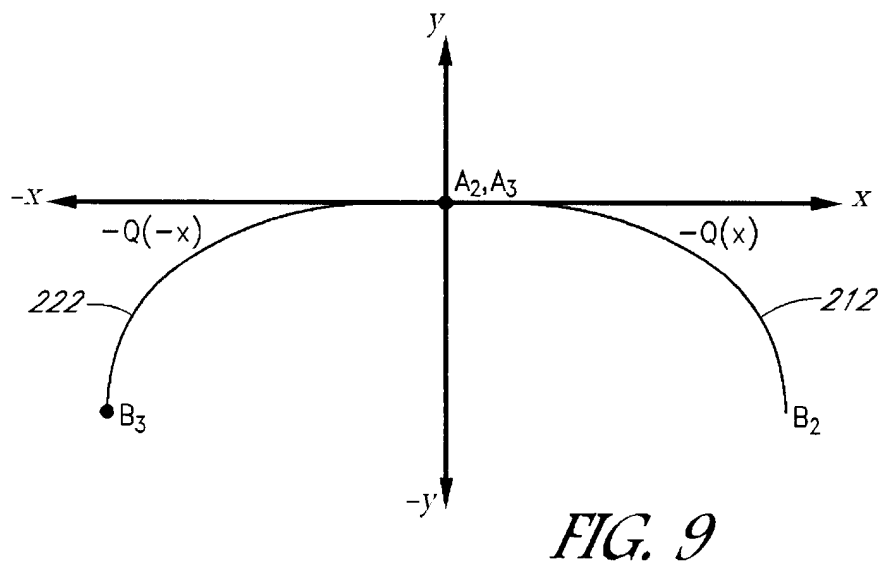
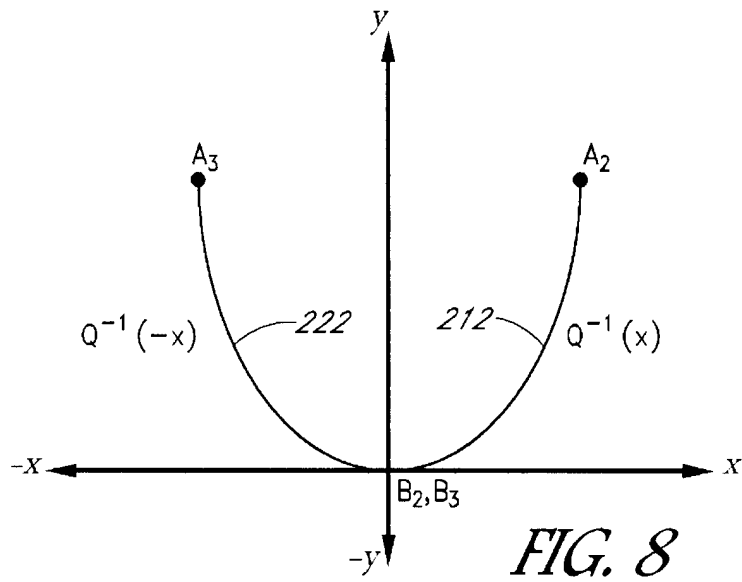
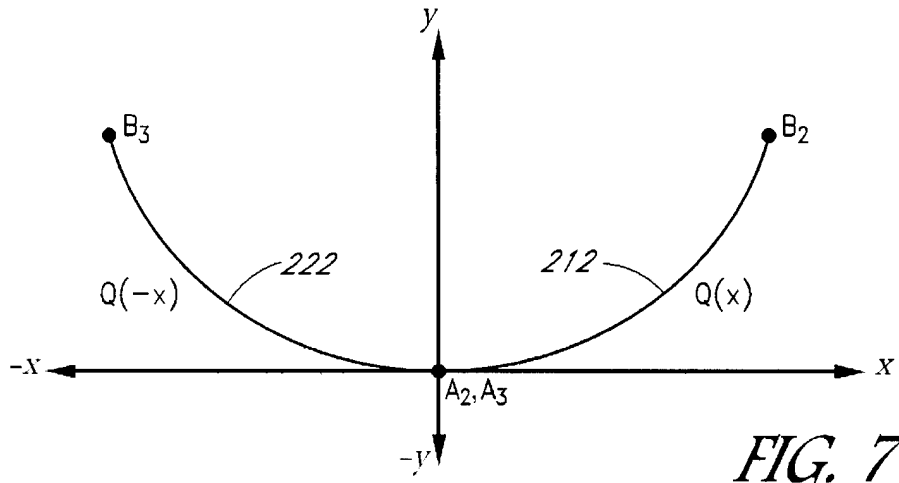


FIG. 6



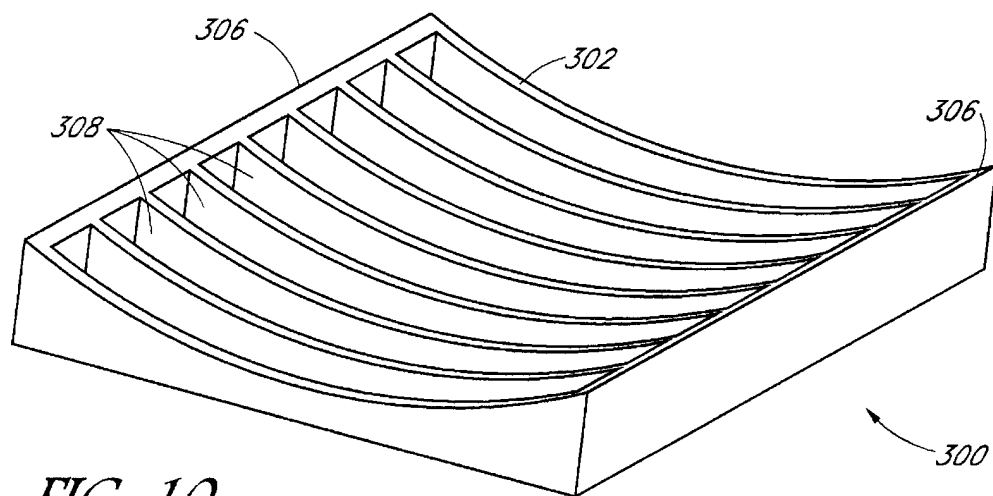


FIG. 10

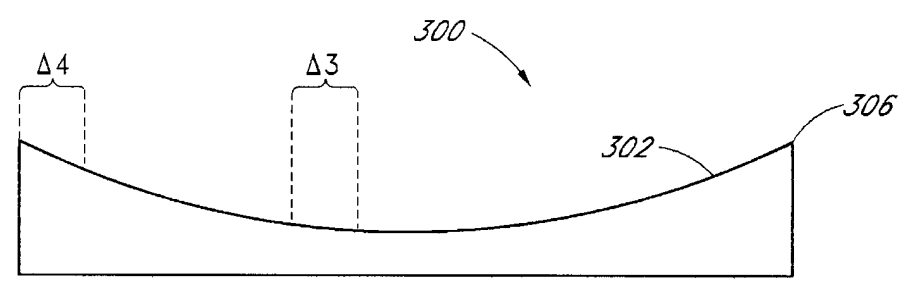


FIG. 11

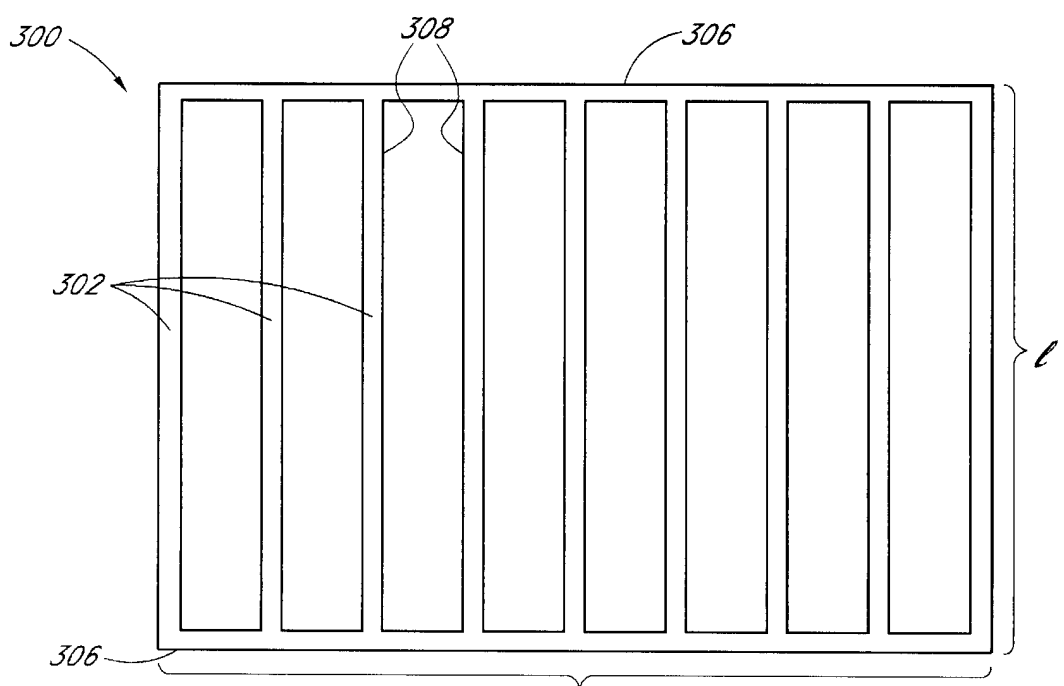


FIG. 12

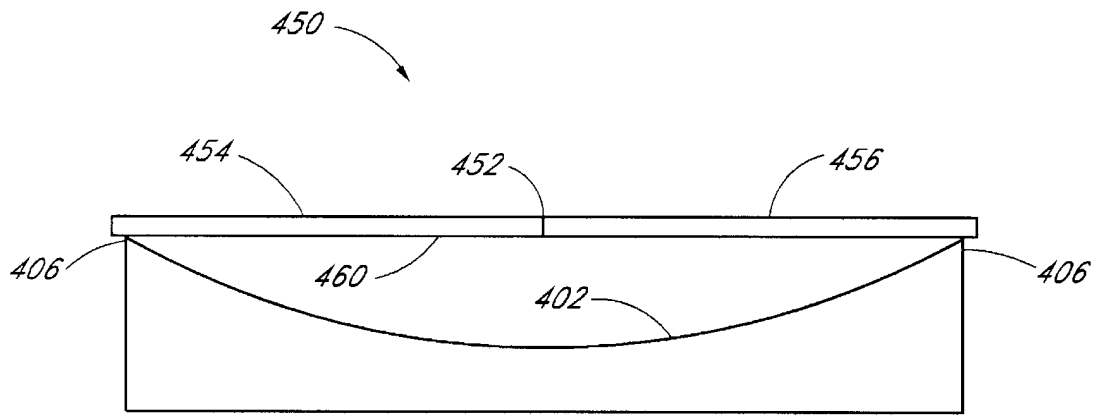


FIG. 13

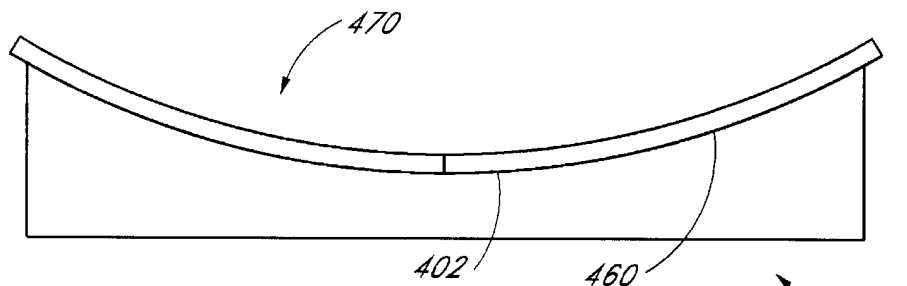
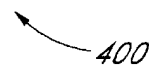
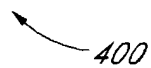


FIG. 14



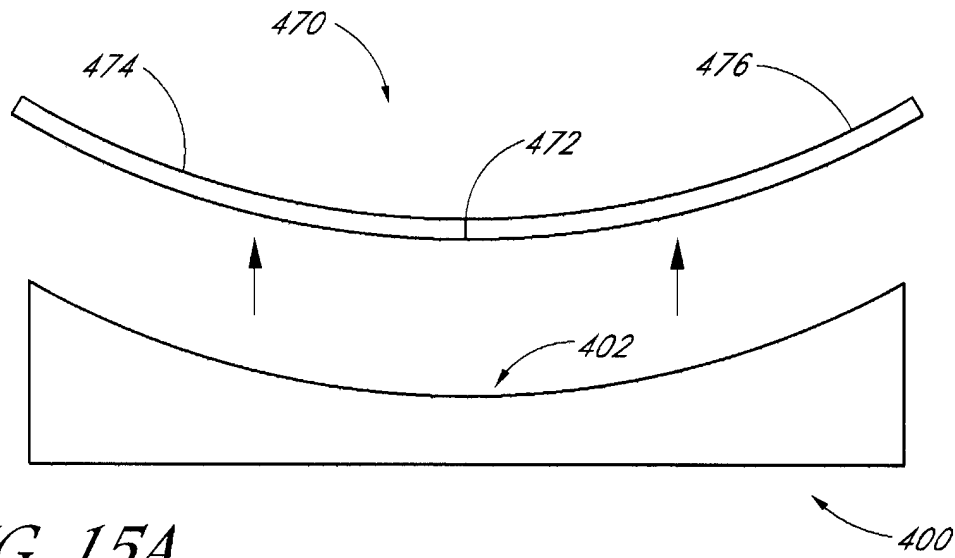


FIG. 15A

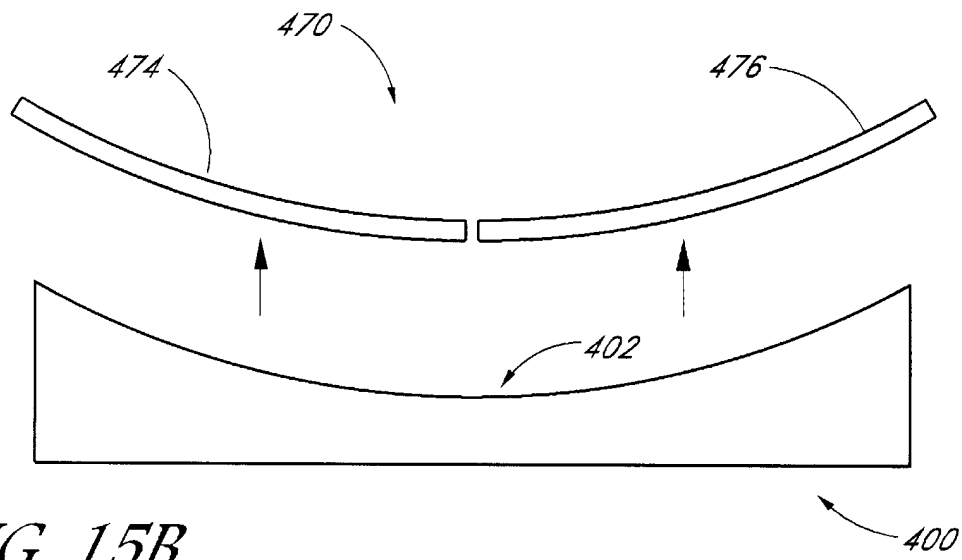
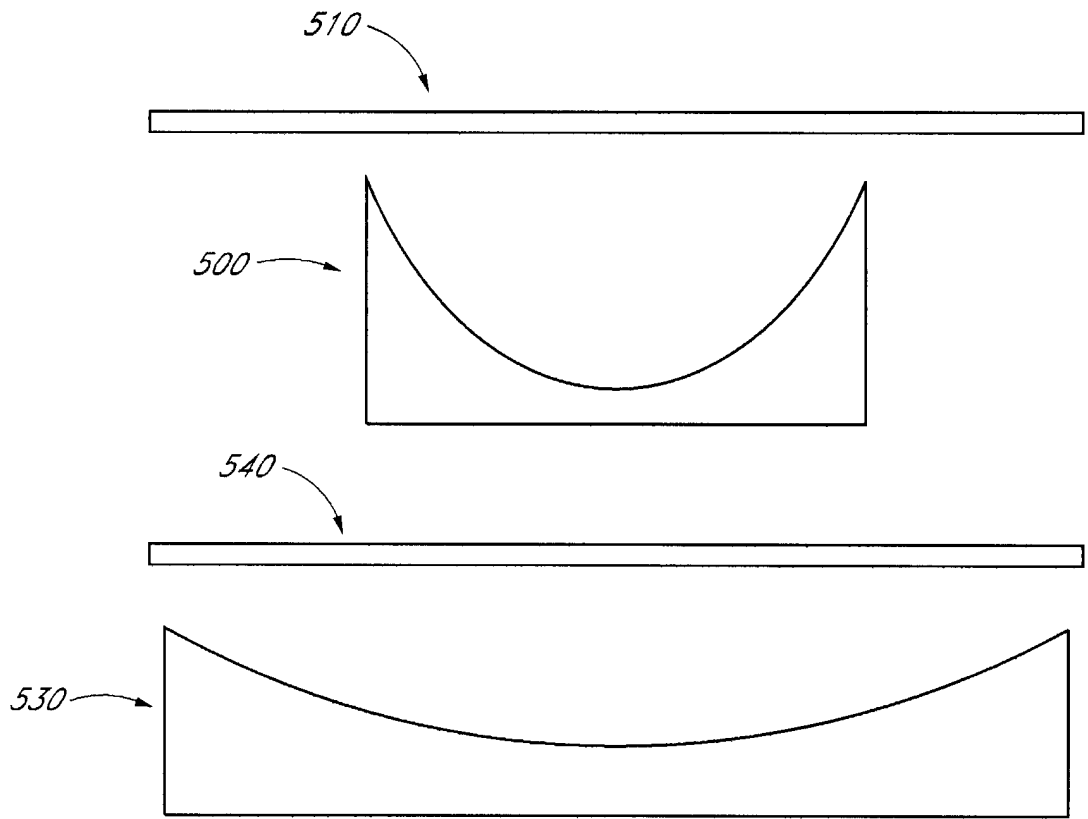
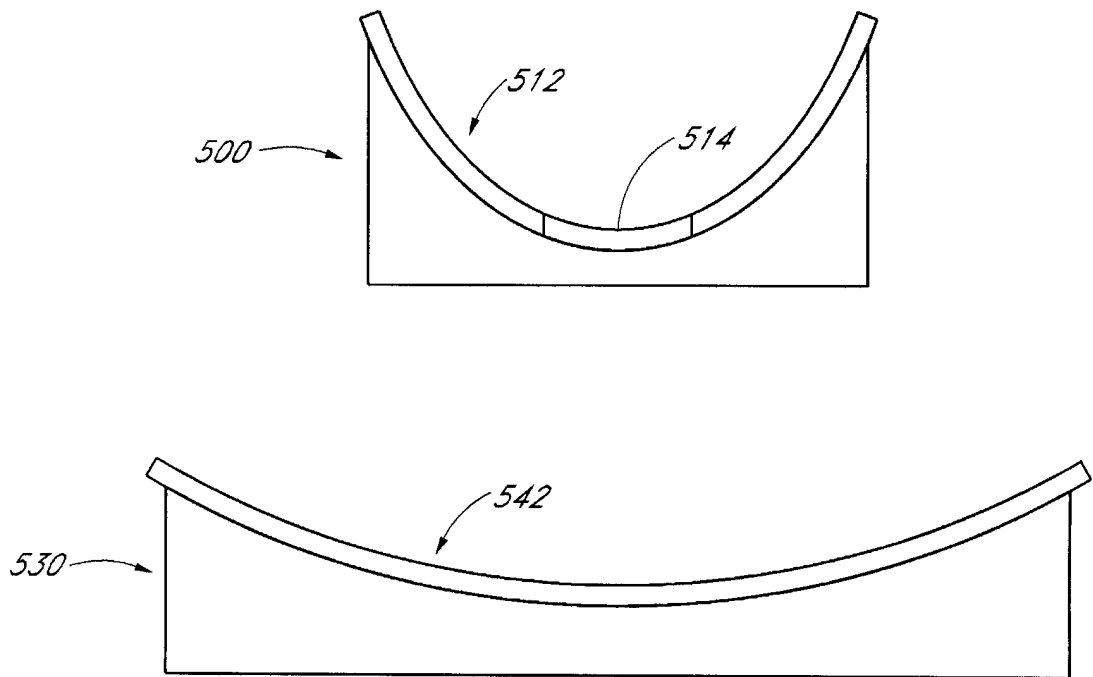


FIG. 15B



*FIG. 16*



*FIG. 17*

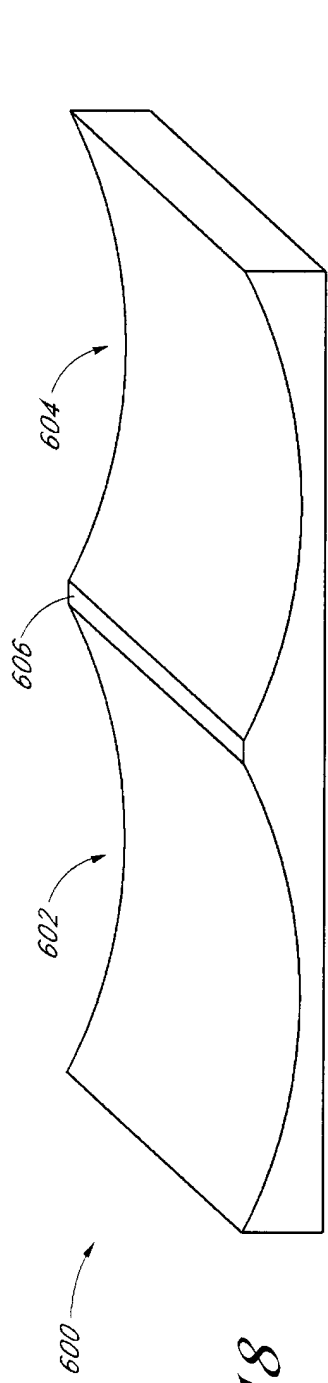


FIG. 18

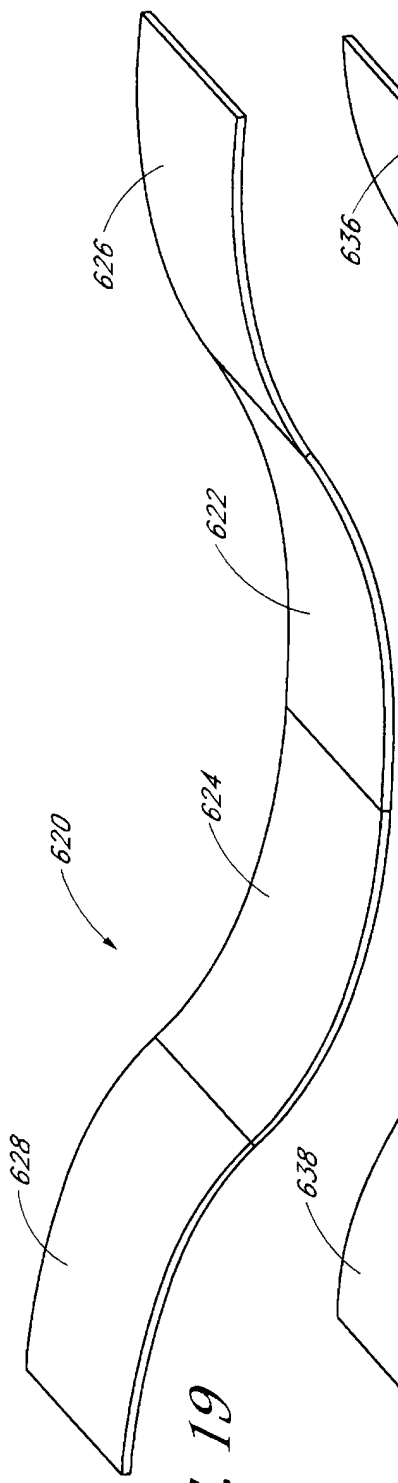


FIG. 19

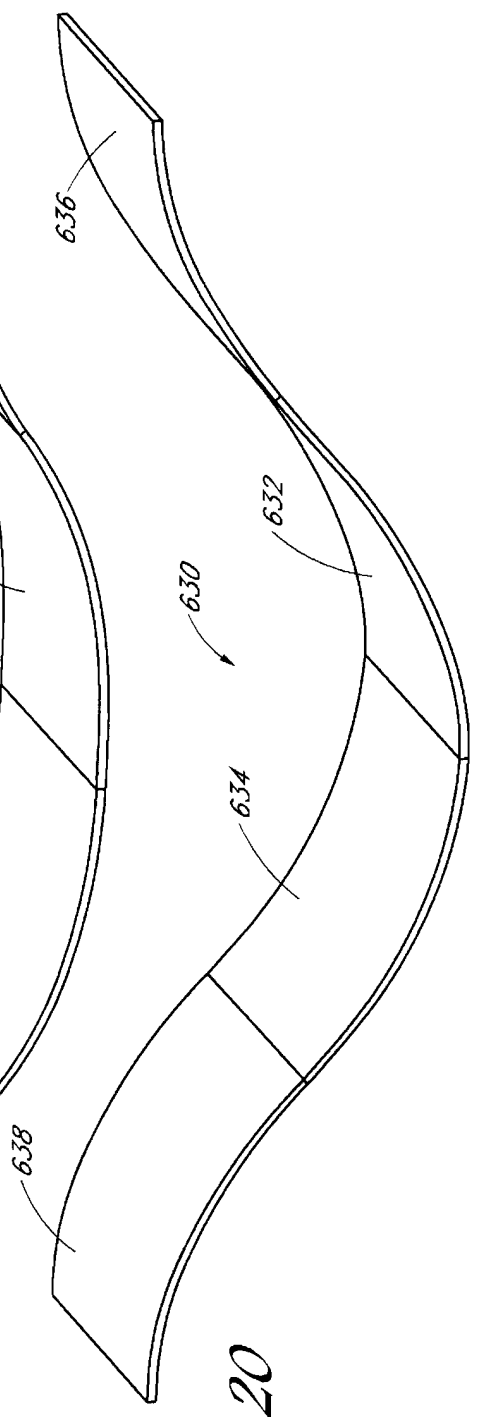
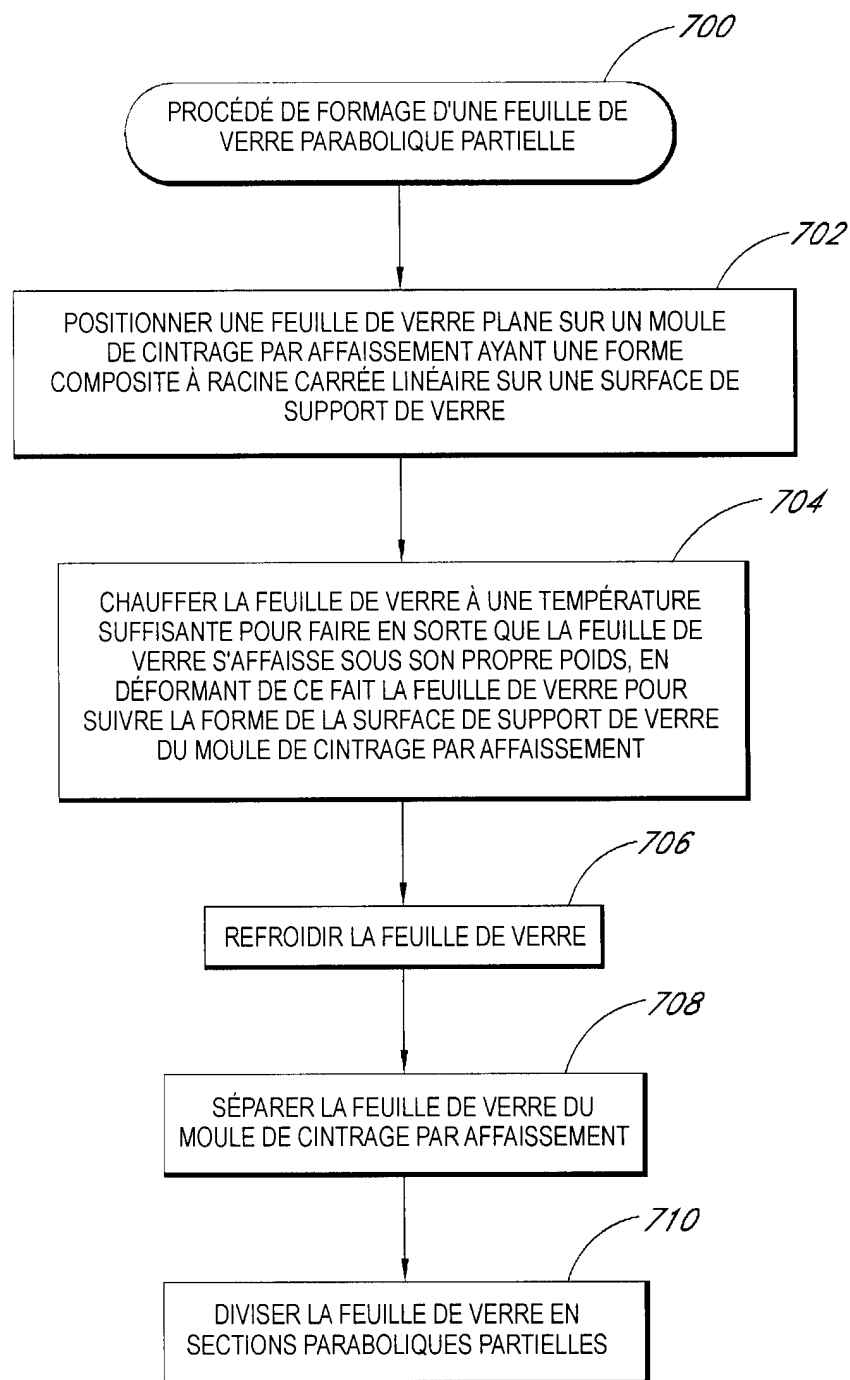


FIG. 20



*FIG. 21*