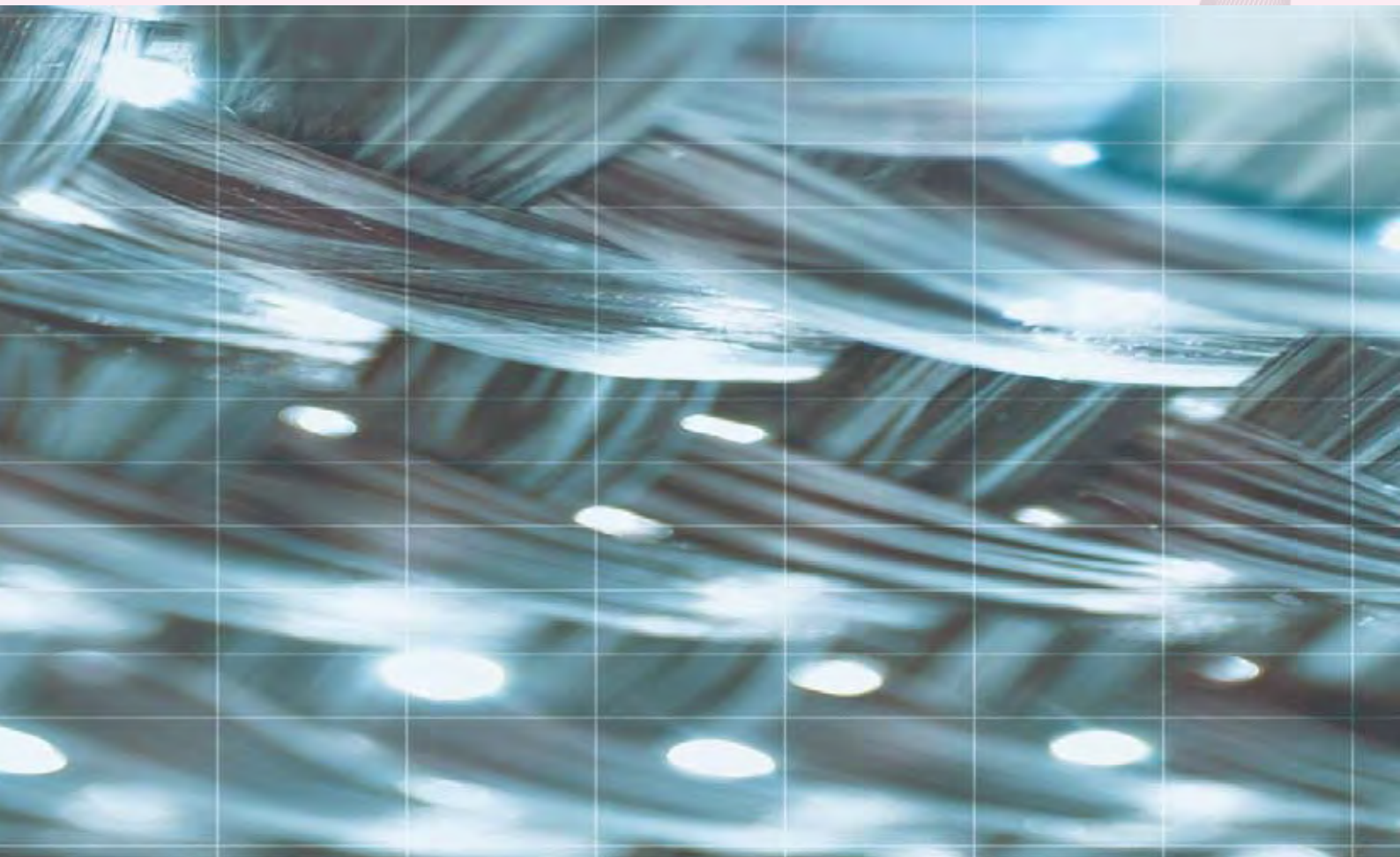




OCV™ Reinforcements

Twintex®

Thermoplastic composite solutions



Diaphragm Moulding Manual



Avertissement

Ce manuel a pour but d'apporter au lecteur l'expérience en matière de mise en oeuvre des produits Twintex® (tissus et plaques) par moulage diaphragme.

Il appartient au lecteur de prendre toutes les dispositions techniques nécessaires et adaptées à son choix dans la conception et la réalisation de pièces en Twintex® par le procédé de moulage diaphragme.

La responsabilité de l'auteur ne saurait être engagée pour quelques causes que ce soit.

Foreword

The aim of this manual is to give readers experience in the field of Twintex® fabrics utilization by Diaphragm moulding technology.

It is up to the reader to take all necessary technical precautions suitable to his choice in the design and achievement or diaphragm moulding of Twintex® parts without leaving out the product validity..

In no case will the responsibility of the author be accepted in any way.

SOMMAIRE
CONTENTS

Introduction.	Introduction.	P. 2
I – Procédé de moulage Diaphragme	I – Diaphragm moulding process	P.2
I.1- Pourquoi le moulage Diaphragme	I.1- Why the moulding Diaphragm process	P.2
I.2- Principe de moulage Diaphragme	I.2- Diaphragm moulding process principle	P.2
II- Conception pièces	II- Part design	P.5
II.1- Géométrie	II.1- Geometry	P.6
II.2- Dépouille	II.2- Draft angles	P.6
II.3- Nervures	II.3- Ribs	P.6
II.4- Ouvertures, trous	II.4- Openings, holes	P.6
II.5-Aspect	II.5- Surface finish	P.6
III- Positionnement technico économique	III- Technico-economic approach	P.8
III.1- Investissement machine	III.1- Machine investment	P.8
III.2- Série	III.2- Production rate	P.9
IV- Moules pour le moulage diaphragme	IV- Diaphragm moulding tools	P.10
IV.1- Les moules composites Epoxy	IV.1- Composite Epoxy tools	P.11
IV.2- Les moules béton poreux	IV.2- Porous concrete cast tools	P.13
IV.3- Les moules avec peau de Nickel électroformée	IV.3- Nickel electroformed tools	P.15
IV.4- Les moules en Aluminium coulé ou usiné	IV.4- Cast or machined Aluminium tools	P.17
IV.5- Les moules en tôle chaudière mécano soudé	IV.5- Welded sheet metal tools	P.18
V- Membranes silicone et consommables	V- Silicone membranes and consumables	P. 20
V.1- Membrane silicone	V.1- Silicone membrane	P.21
V.2- Consommables	V.2- Consumables	P.21
VI- Pompe à vide	VI- Vacuum pump	P.21
VII- Four	VII- Oven	P.22
VIII- Air comprimé	VIII- Pressurised air	P.22
IX- Le Twintex[®]	IX- Twintex[®]	P.22
IX.1- Propriétés	IX.1- Properties	P.23
IX.2- Type de renforts disponible	IX.2- Available reinforcement types	P.23
IX.3- Les différentes armures	IX.3- Different fabric pattern	P.26
X- Co moulage	X- Co-moulding	P.29
XI- Solutions de films de surface	Surface finish film solutions	P.30
X.1- Films PP	X.1- PP Films	P.31

X.2- Voiles PET non tissé teinté	X.2- Non woven pigmented veils	P.31
X.3- Films d'aspect thermoformable	X.3- Thermoformable films	P.31
XI - Remerciements	XI - Acknowledgements.	P.32
Annexes : Index fournisseur	Appendices. Supplier index	P.33

Introduction

Le moulage diaphragme est un procédé de transformation moyenne série des composites TP fibres continues.

Cette technologie de moulage permet de réaliser une pièce composite à partir d'une structure tissée avec le matériau Twintex®.

Ce matériau est composé de fibres continues co-mêlées de verre et de thermoplastique (polypropylène).

Ce procédé est en conformité avec les règles concernant l'hygiène du travail, et en particulier il permet la fabrication de pièces composites thermoplastiques, proposant ainsi une solution pour supprimer les rejets de styrène dans l'atmosphère. Par ailleurs, l'environnement de travail est propre, et les conditions de stockage du matériau ne sont pas contraignantes.

L'utilisation du composite thermoplastique Twintex®, confère des propriétés mécaniques élevées sur la pièce réalisée, notamment en terme d'impact. Différentes solutions de comoulage avec d'autres matériaux tels que des films de surface permettent la réalisation de pièces composites thermoplastiques d'aspect pour le marché du transport, du nautisme et du sport et loisirs.

Introduction

Diaphragm moulding technology is dedicated for the medium volume production of TP Composites with continuous reinforcement..

This technology can be used for the production of a composite part made from a woven Twintex pattern.

This process meets regulations concerning clean working conditions, and in particular it allows the fabrication of thermoplastic composite parts, thereby also providing a solution to the problem of styrene evaporation into the working atmosphere. Moreover, the working environment is clean, and the storage requirements of the material are free from restrictions.

The use of Twintex® fabric confers increased mechanical properties on the parts produced, notably in terms of impact.

Different moulding solutions, thanks to Twintex® product combinations with some additional materials like surface finish films, allow the production of cosmetic parts for the Transportation, Marine and Sport &Leisure goods market segments.

I- Procédé du moulage diaphragme

I- Diaphragm Moulding Process

I.1 Pourquoi le moulage diaphragme ?

I.1 – Why the Diaphragm moulding process?

Le moulage diaphragme est un procédé de transformation moyenne série des composites TP fibres continues.

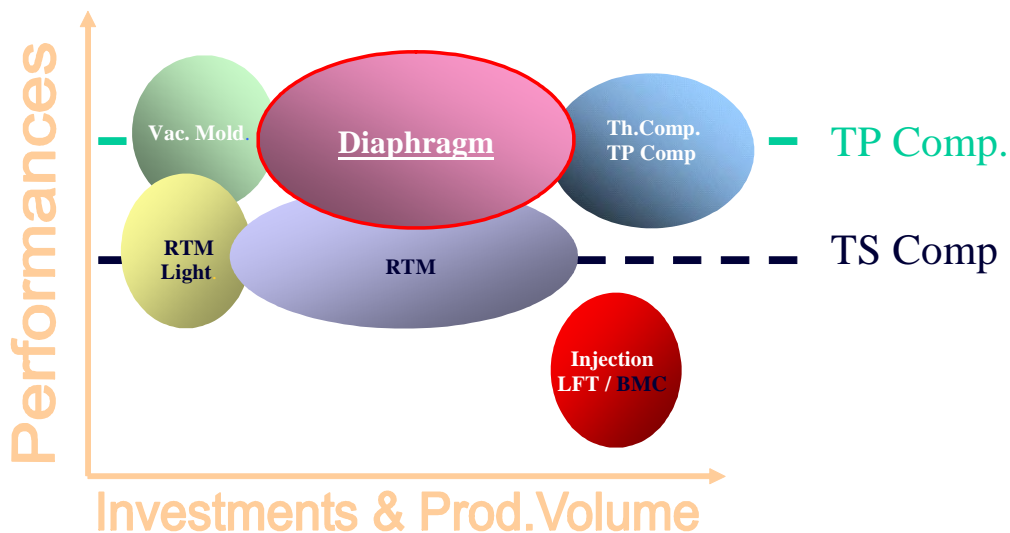
Diaphragm moulding technology is dedicated to the production of medium volume TP composite part with continuous reinforcement.

Cette technologie permet de réaliser des séries de pièce plus importante qu'en moulage sous vide.

This technology allows the production of higher volume parts than Vacuum moulding technology.

Par ailleurs les frais d'investissement sont plus faibles que ceux de la technologie de thermo compression.

Moreover the investment costs are lower than those required for Thermo Compression technology.



I.2- Principe du moulage diaphragme

I.2- Diaphragm moulding principle

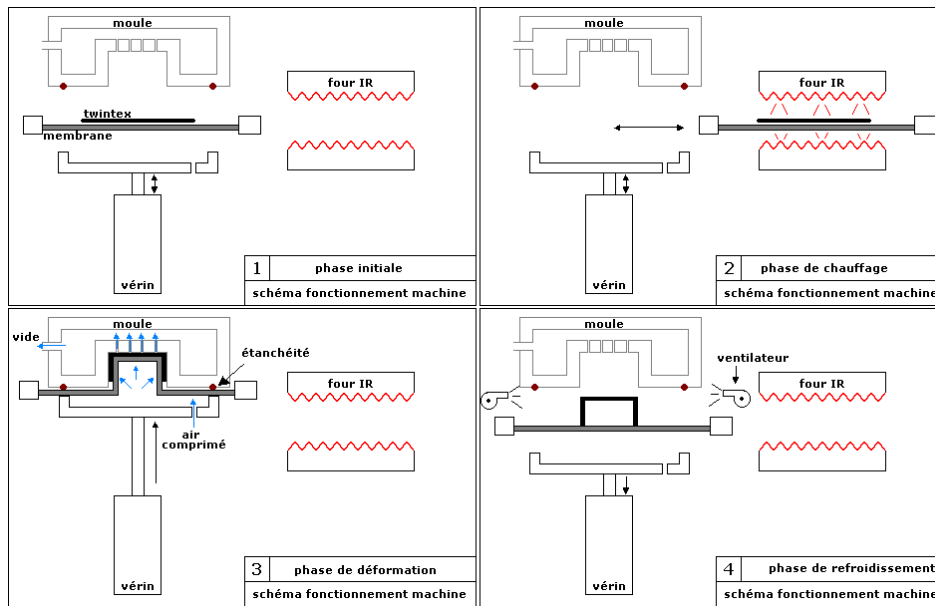
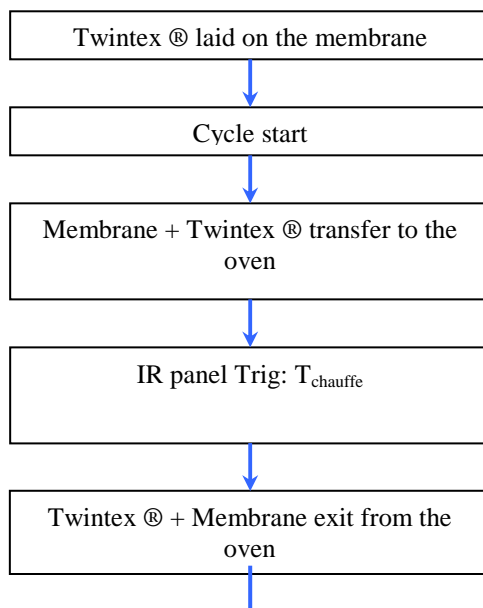


Fig 1 :Synoptique cycle machine :



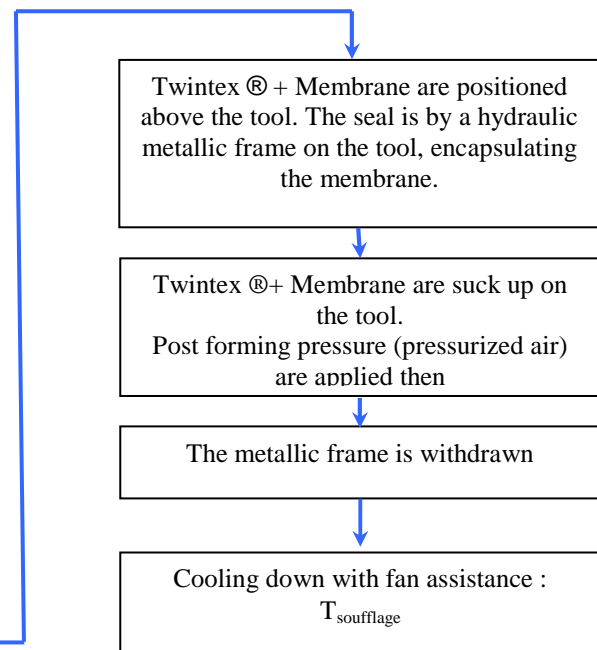
Machine en deux parties :

- une unité de chauffage (four Infra Rouge)
- une unité de moulage (moule composite)

Cycle de moulage en deux étapes :

- Chauffage au-delà du point de fusion de la matrice PP ($T^{\circ}\text{C}$ fusion du PP environ 160°C)
- Formage du TWINTEX® par la déformation de la membrane en silicone aspirée par le vide et poussée par l'air comprimé

Fig 1 :Machine Synoptic cycle



The machine consists of two zones :

- One heating zone (Infra Red Panel)
- One forming zone (Composite tool)

The cycle is in two steps :

- Heating above the PP matrix melting point (PP Melting point close to 160°C)
- Twintex ® material shaping by deformation of the silicone membrane under vacuum and hydro forming with pressurized air.

Temps cycles :

- Le temps chauffe, est fonction de l'épaisseur du composite (de 1 à 5 min).
- Le Temps formage et de refroidissement, est fonction de l'épaisseur et complexité de la pièce (de 1 à 5 min).

En moyenne les temps de cycle se situent en dessous de 5 min.

Par exemple, nous avons pour 2 millimètres de Twintex®, 2 minutes de chauffe et 2 minutes de formage et refroidissement.

Exemple : pièce en Twintex®, 1 mm d'épaisseur (T PP 1485 B)

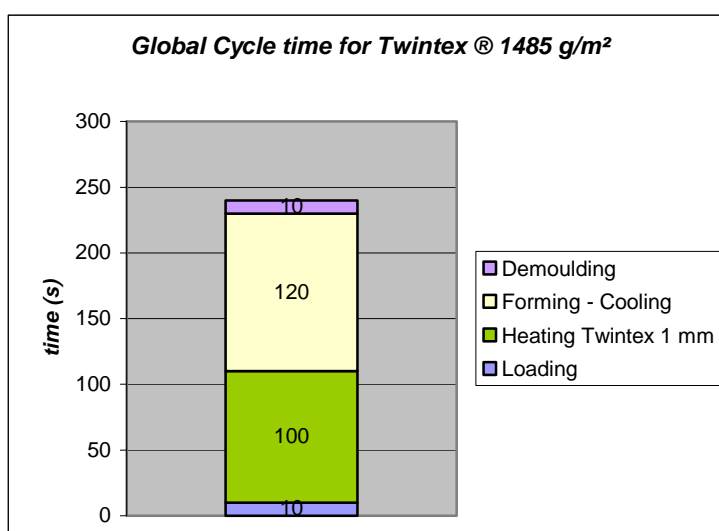
Cycle time :

- The heating time depends on the composite material thickness (from 1 to 5 min).
- The shaping and cooling time depends on the material thickness and the part complexity (from 1 to 5 min).

In general the global cycle time is below 5 minutes.

For example with Twintex® 2 mm thick, we need 2 minutes heating and 2 minutes shaping and cooling down.

Example: Twintex® part, 1 mm thick (T PP 1485 B).



Paramètres four :

- Puissance chauffe veille des panneaux (haut et bas) 10 à 20 % des 8,4 KW.
- Température chauffe (panneaux haut & bas) de 50 à 240°C.

Oven Parameter :

- Panel pre-heating power (upper and lower) from 10 to 20% of the maximum 8.4 KW.
- Heating temperature (upper and lower panels) from 50 to 240°C.

Air comprimé :

- Pression déformation sous la membrane pendant formage (Pression de 0 à 14 bars).

Pressurized air :

- The moulding pressure below the membrane during forming (pressure from 0 to 14 bars).

Twintex® :

- Position (repère sur la membrane)
- Epaisseur (limitée à 3 mm)
- Tissu / plaque (meilleure imprégnation en partant de plaque)
- Temps de chauffe (fonction de l'épaisseur du matériau).

Twintex® :

- Positioning (Track zone on the membrane).
- Thickness (maximum 3 mm)
- Fabric or plates (better impregnation when starting with Twintex® plates).
- Heating time (depends on the material thickness).

Température de chauffe du Twintex® :

Twintex® heating conditions

Pour une bonne imprégnation des fibres de verre par la matrice, la température doit être maîtrisée avec précision. En général, la température de chauffage doit être supérieure à la température de fusion de la matrice.
 Dans le cas du Twintex® PP, la température est de 200°C.

*To achieve a good glass fibre impregnation, the heating temperature should be under accurate control. In general, the heating temperature has to be above the matrix melting point.
 In the Twintex PP case, the temperature is set at 200°C.*

Vide :

Il sert à déformer la membrane et à améliorer l'aspect de surface en supprimant l'air emprisonné dans le Twintex®, et entre la membrane et le moule.

Vacuum :

It is used to shape the membrane on the tool, and to get rid off entrapped air in the Twintex®, and between the tool and the membrane.

Pression déformation :

L'air sous pression introduit sous la membrane sert à déformer cette membrane en appliquant une pression uniforme.
 Il permet alors une bonne consolidation du Twintex® et contribue à fidéliser la reproduction de la forme du moule.

Deformationn pressure :

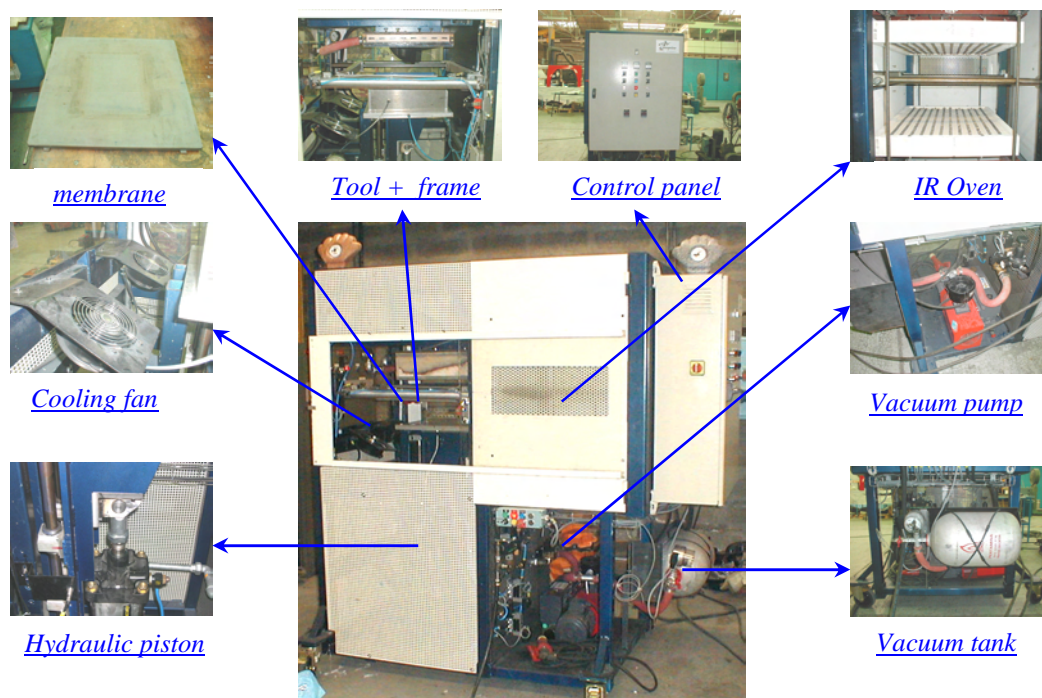
*The pressurized air introduced below the membrane is used to shape the membrane with a uniform pressure.
 Hence we achieve a good Twintex® consolidation and the final shape matches perfectly the tool contours.*

Présentation machine prototype S-G Vetrotex :

Le développement de cette technologie a été effectué sur une machine prototype construite et mise au point par OCV CHAMBERY INTERNATIONAL.
 Elle a permis de définir les différentes fonctions d'une machine diaphragme et de fixer les principaux paramètres de fonctionnement.

S-G Vetrotex prototype machine :

*This technology development is based on a prototype machine designed by OCV CHAMBERY INTERNATIONAL.
 It allow us define the Diaphragm machines of different functions with the main processing parameters.*



II- Conception des pièces.

La nature et la forme de la pièce devront être étudiées avec soin pour s'adapter au moulage diaphragme. Ce procédé de moulage d'un renfort Twintex® à fibres continues ou longues impose des contraintes qui détermineront les possibilités de réalisation des formes et la conception de la pièce.

Les inconvénients suivants pourront être alors évités :

- Difficulté de la fidélisation de la forme du moule.
- Mauvaise reproductibilité des pièces
- Influence néfaste sur l'aspect de surface de la pièce
-

II.1- Géométrie.

Les épaisseurs des pièces réalisées peuvent aller jusqu'à 3 mm (au-delà, difficulté de chauffage, temps de cycle long et dégradation de la matière).

Par ailleurs un contrôle de la température de chauffe (via des pyromètres) sera nécessaire pour assurer une chauffe homogène de la structure composite (dans son épaisseur) en fonction de la température.

Les dimensions maximales des pièces sont fonction de la taille de la machine (dimension plateau, dimension membrane, force de fermeture) et de la conception des outillages.

Les angles vifs sont à proscrire, et doivent être remplacés par un rayon de raccordement au minimum de 5 mm, coté intérieur d'une pièce de 3 mm d'épaisseur.

II.2- Dépouille.

Le démoulage sera toujours facilité avec des pièces présentant une dépouille importante. D'une manière générale, les pièces de hauteur inférieure à 80 mm doivent avoir un angle de dépouille supérieur à 3°.

II.3- Nervures.

Les nervures ne sont pas réalisables, car le matériau ne flue pas.

II.4- Ouvertures, trous.

Les ouvertures de grandes dimensions sont

II- Part design

The nature and the shape of the part should be studied with care before undertaking production.

The moulding process with Twintex continuous or non continuous reinforcement, imposes some limitations which will determine the possibilities to produce some shapes within the design of the part.

The following disadvantages may, however be avoided:

- Difficulties to match properly the tool shape.
- Poor part consistency.
- Bad effects on the surface appearance of the part.
-

II.1- Geometry

The part thickness can be up to 3 mm (beyond this, we will have some difficulties to heat the material properly, material degradation, and a cycle time increase).

Moreover, the use of Pyrometer control devices, will provide heating temperature control, to achieve a homogenous heating of the composite structure through its thickness.

The maximum size of the part depends on the machine size (IR panel size, membrane size, machine maximal closing forces) and tool design.

Sharp angles are not permitted, and must be replaced by a curve of at least 5 mm radius on the interior face of a 3 mm thick part.

II.2- Draft angle.

Demoulding will always be facilitated with parts having a draft angle. Generally, part of less than 80 mm height should have a draft angle greater than 3°.

II.3- Ribs.

Ribs are not possible because the material does not flow.

II.4- Openings, holes.

Large openings are possible (above about 10

réalisables (supérieure à 10 cm² environ).
Par contre pour des ouvertures plus petites, une reprise par usinage des pièces sera nécessaire.



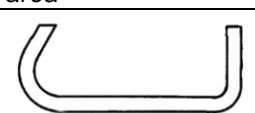
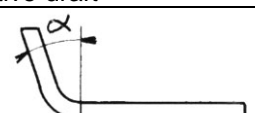
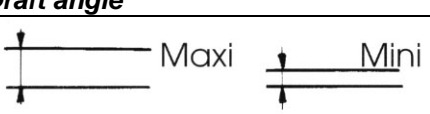
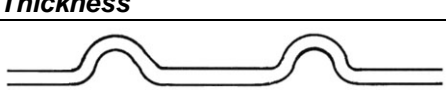

cm²).
However, for smaller openings, machining of the part will be necessary.

II.5- Aspect

Ce procédé permet d'obtenir une seule face d'aspect brillant qui sera le reflet de la surface du moule..

II..5- Surface appearance.

The produced part will have only one glossy surface finish which will reflect the surface quality of the tool.

	Remarques	Remarks
 Rayon minimal intérieur <i>Minimum inner radius</i>	- 5 mm. - Epaisseur pièces = 3-4 mm.	- 5 mm. - Part thickness= 3-4 mm.
 Trou d'ouverture <i>Hole opening area</i>	Impossible pour des petites dimensions.	<i>Not possible for small dimensions.</i>
 Verticale contre-dépouille <i>Vertical negative draft</i>	Pas possible	<i>Not possible</i>
 Angle de dépouille <i>Draft angle</i>	> 3° pour une pièce profondeur de pièce de 80 mm.	<i>> 3° for a part depth of 80 mm.</i>
 Epaisseurs <i>Thickness</i>	De 0,5 mm à 3 mm. Au delà, problème de chauffe, allongement du temps de cycle de chauffage pour éviter de dégrader la matière.	<i>From 0.5 to 3 mm. Beyond, heating problem Heating time increase to avoid material degradation.</i>
 Variations de forme <i>Shape change</i>	Simple.	<i>Simple.</i>
	Impossible (reproductibilité du positionnement)	<i>Not possible (material placement reproducibility)</i>


Inserts Cores		
 Nervures Ribs	Non.	No.
Aspect de surface <i>Smooth surface</i>	1 seule face.	<i>Only one side.</i>

Tableau 1 : Principes généraux de conception des pièces moulées par moulage diaphragme avec du Twintex®

Table 1 : General principles for moulded parts made by Twintex® Diaphragm processing.

III- Positionnement technico-économique.

III- Technico-economic approach

III.1- Investissement machine.

III.1- Machine investment.

Le procédé de moulage diaphragme a pour but d'augmenter les cadences de moulage sous vide pour atteindre environ 200 pièces/jour en utilisant des machines adaptées.

Diaphragm moulding technology objective is to increase volumes over Vacuum moulding and to achieve up to 200 parts a day using tailor made machines.

Ces machines seront dessinées et dimensionnées pour cette application précise, et ne ressemblerons en aucun cas à des machines de compression (en termes de forces de fermetures, et d'investissement).

These machines will be designed for this precise application, and in no way resemble compression presses (in case of Closing forces and investments required).

Tableau 2 : Comparatif machine

Table2 Machine Benchmark

Dimensions des plateaux <i>Press Platten sizes</i>	Force de fermeture <i>Closing forces</i>	Ouverture maxi <i>Max. opening</i>	Course <i>Stoke</i>	Estimation prix <i>Estimated prices</i>
500 mm x 500 mm	5 Tonnes	Réglable entre 300 mm et 600 mm Adjustable between 300 mm and 600 mm.	300mm	60000 €
1000mm x 1000mm	15 Tonnes	Réglable/ Adjustable entre/between 300mm et/and 800mm	400mm	90000 €
1500mm x 1500mm	50Tonnes	Réglable/ Adjustable entre/between 300 mm et/and 1200 mm	500mm	115000 €

□ **Fournisseurs potentiels**

□ **Potential machine makers**

Alpes conception

IKV (germany)

Fabricant machine
 +33 (0)4 79 60 59 62
alp-conception@wanadoo.fr

PEI
 Fabricant machine
 +33 (0)3 85 47 88 00
www.pinetteemidecau.com

Rhonalp System
 Fabricant machine
 +33 (0)4 79 25 07 63
www.rhonalpsystem.fr

Europrojects (Consultant)
 shaw House
 1-3 Fowke street
 Leicestershire LE7 7PJ
 England
 +44 (0) 116 237 6693
 +44 (0) 116 230 3989
g.boyce@europrojects.co.uk
www.europrojects.co.uk

Institut fuer Kunststoffverarbeitung
 (IKV)
 Abteilung Faserverbundkunststoffe
 Pontstrasse 49
 D-52056 Aachen
 Tel.: +49 (0)241 80 23823
 Fax: +49 (0)241 80 22316

DiaphormTechnologies,LLC
 7IndustrialWay,Unit6B
 Salem,NH03079
 Phone:+1603-893-0992
 Fax: +1 603-898-1483
www.diaphorm.com

III.2- Série

Le moulage au diaphragme est né de l'absence d'un procédé de moulage moyenne série entre le moulage petite série comme le moulage sous vide (10 à 25 pièces/jour de 1m²) et le moulage grande série compression (1000 pièces/jour).

Pour palier à ce manque, le moulage diaphragme est une solution pour fabriquer de 50 à 200 pièces/jour avec un investissement modéré. Les coûts d'investissement devraient être de 20 à 50% inférieur à ceux nécessaire pour des machines destinées à la grande série.

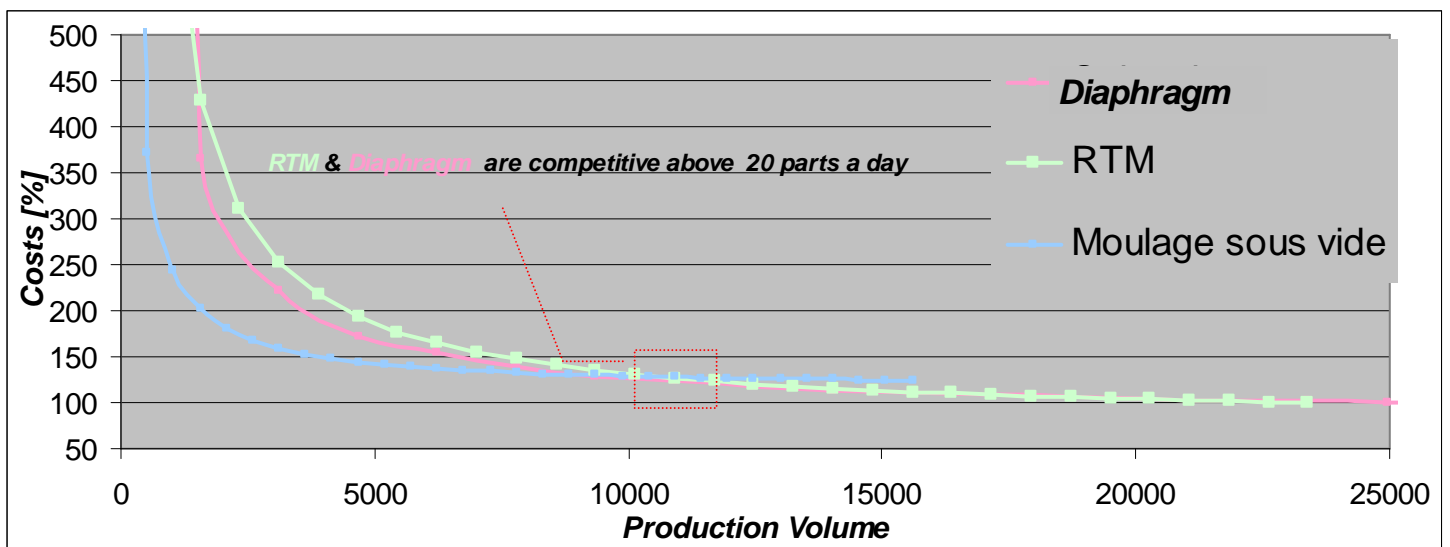
Fig.2 : Variations indicielles du coût de production d'une pièce.

III.2- Production rates.

The Diaphragm technology has been developed because of the lack of medium production volume technology in between small production volume vacuum moulding technology (10 to 25 parts 1 m² a day) and high production volume compression (1000 parts a day).

To overcome this lack, Diaphragm technology is the solution to produce form 50 to 200 parts/day with a medium investment. The investment costs should be 20 to 50% lower than these required a for high production volume machine.

Fig21 : Cost variations for the production of a part.



Le procédé de moulage au diaphragme des composites thermoplastiques fibres continues devient intéressant pour des séries de vingt pièces par jour. En effet, l'investissement machine supérieur au moulage sous vide doit être amorti sur un nombre de pièce plus conséquent.

The diaphragm TP composites moulding technology starts to be economical for a production rate above twenty parts a day. In fact, the pay back for the investment costs, which are higher than those needed for vacuum moulding technology, is longer.

IV- Moules pour moulage diaphragme .

Le choix du matériau pour réaliser le moule sera fonction des critères économiques comme le coût, la durée de vie de l'outil, la série de pièces à produire.

L'aspect final de la pièce réalisée sera aussi une condition pour la qualité de finition du moule.

IV- Diaphragm moulding tools .

The choice of material to make the mould will depend on economic factors such as the cost, tool life, the number of parts to be produced and the cycle time.

The final surface appearance of the part will also depend on the quality of the mould finish.

Cahier des charges moule :

- Tenir à 110°C en continu
- Thermorégulé à 90°C
- Résistance mécanique (jusqu'à 15 bars)
Trous d'aspiration du vide (diamètre 1mm).
- Caisson de vide, avec raccord
- Bridage sur plateau machine

Tools specifications:

- 110°C temperature resistant
- Thermo regulated to 90°C
- Mechanical rigid (up to 15 bars)
- Vacuum suction holes (diameter 1mm).
- Vacuum box with plug
- Fixing device for the press platen.

La particularité des moules est de comporter une plage périphérique plate, pour assurer l'étanchéité diaphragme moule, aussi bien pour le vide que pour la pression.

In particular the tools should have a flat sealing flange zone to permit the diaphragm tool air tightness for the vacuum and the inflated pressure as well.

L'assurance d'une bonne reproductibilité des pièces exige un moule thermorégulé. Il faut à la fois le maintenir entre 80 et 90°C.

To achieve part consistency, we need to have temperature controlled tools. The regulation temperature should be between 80 and 90°C.

Remarques : L'application d'un agent démoulant externe est importante pour l'entretien du moule et pour l'aspect final des pièces moulées. Le choix de celui-ci doit se faire en tenant compte de la nature de la résine utilisée, du type de moule (surface) et de la température de celui-ci.

Remarks: The application of an external release agent is important for tool maintenance and for the final surface finish of the moulded parts. The choice of which to use must take account of the nature of the resin used in the case of applying a gel coat, the type of mould (surface) and the processing temperature.

Dans le cas du Twintex®, il est conseillé de traiter le moule avec un démoulant afin de faciliter le démoulage des pièces et ce malgré le

In the case of Twintex®, it is recommended to treat the mould with a release agent to facilitate demoulding of the parts, in spite of

fait que la matrice soit du polypropylène.

□ **Fournisseurs potentiels**

AEROVAC :+33 (0)5 61 37 89 89
www.aerovac.com

AIRETEC
+33 (0)3 22 89 77 97

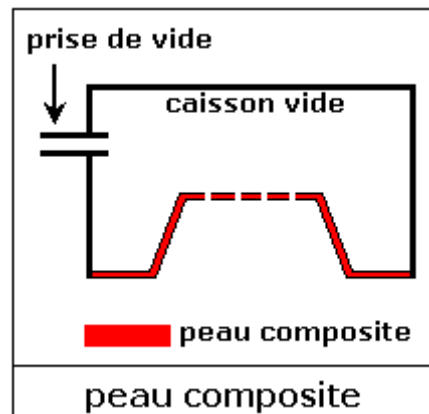
On distingue cinq grands groupes de moules :

- Les moules composites Epoxy
- Les moules avec peau électroformée.
- Les moules Aluminium coulé ou usiné
- Les moules usinés (planches usinables)
- Les moules mécano soudés.

IV.1- Les moules composites Epoxy.(stratification et béton)

Ces moules sont construits à partir d'un modèle représentant la forme de la pièce, et une plage périphérique afin de permettre l'étanchéité (mise sous vide et pression extérieure sous la membrane).

Fig 4 : Schéma principe



La structure du moule obtenue comprend une couche de gel coat spécialement adaptée aux sollicitations de la surface (résistances à l'abrasion), une épaisseur de matériaux composites constituée de prepregs Verre – Epoxy ou à partir d'une stratification Verre – Epoxy. Des éléments raidisseurs peuvent être ajoutés afin d'assurer la stabilité dimensionnelle de l'ensemble.

□ **Dimensions :**

the fact that the matrix is polypropylene.

□ **Potential suppliers**

DIATEX : +33 (0)4 78 86 85 00
www.diatex.com

There are five general types of mould:

- *High temperature epoxy composite moulds.*
- *Ceramic matrix composite tools.*
- *Electroformed nickel skin moulds.*
- *Aluminium moulds.*
- *Welded metal moulds.*

IV.1- Epoxy composite moulds.

The moulds are constructed from a model representing the shape of the part, and a peripheral flange

Fig 4 : Principle diagram

The structure of the mould includes a layer of gel coat specially suited to the surface requirements (abrasion resistance), a thickness of composite materials composed of Glass – Epoxy prepregs or made by Glass – Epoxy lamination. Stiffening elements may be added to ensure the dimensional stability of the assembly.

□ **Dimensions :**

On peut estimer les dimensions maximales raisonnablement à celles correspondant à une surface de 0,5 à 2 m². La dimension maximale du moule sera donc limitée par la capacité de la machine.

L'épaisseur du moule doit être au maximum de 7 mm afin de diminuer l'inertie thermique.

❑ **Aspect de surface :**

Il est le reflet de l'aspect de surface du modèle.

Toutefois une réalisation hâtive, entraînant un déséquilibre de la structure, pourrait le dégrader.

❑ **Résines et renforts utilisés :**

Les résines utilisées dépendent des températures de fonctionnement de l'outillage. Pour le procédé, des résines époxy hautes températures seront employées ($T_g > 200^\circ\text{C}$). Par ailleurs, il est très important de respecter les cycles de polymérisation de la résine indiqués par les fournisseurs. Une polymérisation du système époxy dans un autoclave permettra d'accroître la longévité du moule.

Le renforcement de la résine par de la fibre de verre par exemple permettra d'assurer la stabilité et la rigidité du moule. Le choix des types de renforts, leur disposition dans l'épaisseur de la structure et le taux de renforcement dans le matériau influenceront l'aspect de surface et la correction géométrique du moule.

On trouve 3 types de renforts principalement utilisés :

- Le mat à fil coupé de faible grammage : de 200 à 300 g/m². Il est mis en œuvre dans les premières couches de stratification sur le gel coat.
- Le mat à fil coupé de 450 g/m².
- Le tissu à armure plane et déformable qui sera mis en œuvre à partir de la quatrième couche de mat au moins et en alternance avec du mat de façon à améliorer la cohésion entre les couches et éviter le délaminage.

Le pourcentage de verre en poids ne devra pas être inférieur à 33% pour le mat et 50 % pour le tissu.

The maximum reasonable dimensions may be estimated to correspond to an area from 6 to 7 m².

The thickness of the mould should be no greater than 5 mm in order to reduce the thermal inertia.

❑ **Surface finish :**

This will reflect the mould surface finish.

Always, hurried production, resulting in an imbalanced structure or differential shrinkage, may degrade it.

❑ **Resins and reinforcements used :**

The resins used will depend on the operating temperatures of the tooling. For our process, high temperature epoxy resins are employed ($T_g > 200^\circ\text{C}$). Moreover, it is most important to follow the curing cycle of the resin stated by the resin supplier. Curing of an epoxy system in an autoclave will permit an increase in the longevity of the mould.

Reinforcement of the resin by glass fibre will assure the stability and rigidity of the mould. The choice of reinforcement types, their positioning within the thickness of the structure and the level of reinforcement in the material will influence both the surface finish and the correct geometry of the mould.

3 types of reinforcement are generally used :

- *Low weight chopped strand mat: from 200 to 300 g/m². It is used in the first laminate layers on the gel coat.*
- *Chopped strand mat of 450 g/m².*
- *Fabric of a flat and deformable structure which may be used from the fourth layer upwards and alternatively with the mat to increase the bonding between the layers.*

The percentage of glass by weight should not be less than 33% for the mat and 50% for the fabric.

Des preregs peuvent aussi être utilisés pour réaliser le moule. Avec cette matière, le taux de renfort est beaucoup mieux contrôlé par rapport à la stratification évitant un déséquilibre de la structure du moule.

Preregs may also be used to make the mould. With this material, the level of reinforcement is much better controlled than with laminating, avoiding an imbalance in the structure of the mould.

Table 4 : Epaisseurs des structures obtenues avec chaque type de renfort :

Table 4 : Thickness structure obtained with each type of glass reinforcement.

Renfort <i>Reinforcement</i>	% Verre en poids <i>Glass % weight.</i>	Epaisseur [mm] <i>Thickness [mm]</i>
Mat 200 g/m ² - 1 couche / 1 layer	33	0.4
Mat 300 g/m ² - 1 couche / 1 layer	33	0.6
Mat 450 g/m ² - 1 couche / 1 layer	33	0.9
2 couches / 2 layers	33	1.9
Mat 450 g/m ² - 1 couche / 1 layer	33	1.2
2 couches / 2 layers	33	2.5
Tissu 270 g/m ² - 1 couche / 1 layer	50	0.3
Tissu 500 g/m ² - 1 couche / 1 layer -	50	0.6
Tissu 800g/m ² - 1 couche / 1 layer	50	1

□ **Principe de fabrication :**

A partir d'un seul modèle généralement mâle aux cotes de la matrice.

- Réalisation de la matrice du moule.
- Application de l'agent de démoulage.
- Stratification de la structure.
- Système de raidissement et équipement complémentaire.

Chaque couche s'applique après que la couche précédente ait atteint un stade de polymérisation dit "amoureux". Après polymérisation de l'ensemble, la stratification peut alors continuer.

Il est conseillé d'attendre la polymérisation de chaque couche (environ 2 à 4 heures) suivie d'un ponçage avant la dépose d'une autre couche.

Fig.5 : Moule composite :

Principe de fabrication d'une matrice.



Agent de démoulage.

□ **Construction principle :**

Generally from only one model of the male half continued out to the cavity sides.

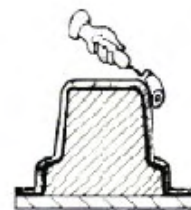
- Construction of the mould cavity.
- Application of the release agent.
- Laminating the structure.
- Stiffening system and complementary equipment.

Each layer is applied after the previous layer has attained a tacky state of cure. After the assembly has cured, the laminating may then continue.

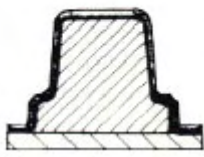
It is recommended to wait for the cure of each layer (about 2 to 4 hours) followed by rubbing down before applying another layer.

Fig.5 : Composite tool :

Female tool manufacturing principle.



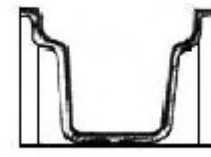
Stratification.



Polymérisation.



Démoulage.



Moule matrice

IV.2- Moule béton poreux :

Pour des séries importantes, et des moules de grandes dimensions, le matériau le plus adapté et le béton poreux permettant de faire le vide, de réguler au moyen d'un serpentin noyé dans le béton, tout en restant relativement léger. Ces moules en bétons poreux sont composés d'une peau (stratification verre époxy), qui est ensuite remplie par un béton poreux.

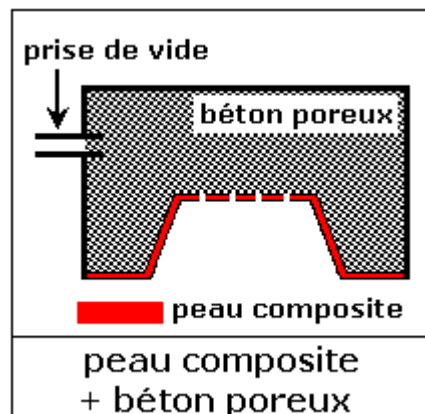
Fig 6 : Schéma principe

IV.2- Porous Concrete tool

For high production rate, and large dimension parts, the most useful material is porous concrete allowing the machining of vacuum chanel, and heating through a coil embedded in the concrete, and making it lightweight..

These tools are made from a skin (Glass-Epoxy laminate), which is then back-filled by a porous concrete.

Fig 6: Principle diagram



Les étapes de fabrications sont donc les suivantes :

- Modelage (usinage, ...)
- Agent de démoulage sur modèle
- Gel coat (deux couches)
- Stratification (2 à 3 mm)
- Couche de liaison, 3 à 5 mm. Empêcher la formation de fissures et le marquage entre la couche de surface et le remplissage du béton.
- Béton poreux : LY113/HY97 (HUNTSMAN) (Tg 120°C) et grenailles aluminium de granulométries d'environ 0.4 à 1.0mm + 0.2 à 3.0 mm avec un ratio en poids :

The fabrication stages are as following

- *Model representing the shape of the part (machining,...)*
- *Release agent application*
- *Gel coat (2 layers)*
- *Lamination (2 to 3 mm)*
- *Binding layer, 3 to 5 mm. To prevent any cracks forming, and to reduce the print-through between the surface layer and the concrete filling.*
- *Porous concrete : LY113/HY97 (HUNTSMAN) (Tg: 120°C), and aluminium fillers with 0.4 mm to 1 mm + 0.2 mm to 32 mm size dispersion with a*

100 résine LY113 (HUNTSMAN)
 32 durcisseur HY5158 (HUNTSMAN)
 650 grenailles aluminium 0.4 a 1 mm
 650 grenailles aluminium 0.2 a 3 mm

weight ratio :
 100 resin LY113 (HUNTSMAN)
 32 hardener HY5158 (HUNTSMAN)
 650 aluminium fillers 0.4 to 1 mm
 650 aluminium fillers 0.2 to 3 mm

Trous d'aspiration :

Perçage de la surface du moule jusqu'au béton poreux. Possibilité également de perçage modèle et mise en place de fil de nylon retiré après durcissement.

Suction hoses

Drill the top surface of the tool up to the porous concrete. Possible also to drill the model and place a nylon cord which will can then removed after curing of the concrete.

Régulation :

Des serpentins de refroidissement en cuivre sont noyés dans le béton poreux. Pour avoir le maximum d'efficacité, ils doivent être placés le plus près possible de la surface du moule.

Regulation control :

Some copper cooling coils are embedded in the porous concrete.

To achieve the maximum efficiency, they have to be located close to the surface of the tool.

Le métal et la résine ayant des coefficients de dilatation thermique différents, les tubes à inclure dans le remplissage ne doivent pas former un réseau rigide mais être au contraire reliés de façon assez souple. (les serpentins sont enduits d'agent de démoulage).

Because metal and resin have some differential shrinkage coefficients, the coils should not be embedded in a rigidly position (for this we can pre-apply a release agent on them).

❑ **Fournisseurs potentiels :**

Corima Modelage (France) :

Fabricant.
 +33 (0)4 75 63 80 05
www.corima-mod.com

Advanced Composites Group Limited(UK) : Fabricant , formation,

fournisseur de prepegs.
 +44 (0) 1773 534599 / 76344
 Sales@acg-us.com

www.advanced-composites.com

❑ **Potentials suppliers:**

AEROVAC : +33 (0)5 61 37 89 89
 +44 (0) 15 35 60 74 57
www.aerovac.com

HUNTSMAN ADVANCED MATERIALS

Fabricant de Résines
 Contact Luc REY
 +33 (0)4 76 32 34 96

www.renshape.com

IV.3- Les moules avec peau électroformée nickel.

Ces moules doivent avoir une plage périphérique autour de l'empreinte de la pièce qui sera réalisée pour permettre l'étanchéité de la membrane.

Ces moules sont obtenus par électro-déposition d'une peau de Nickel d'épaisseur comprise entre 3 à 6 mm.

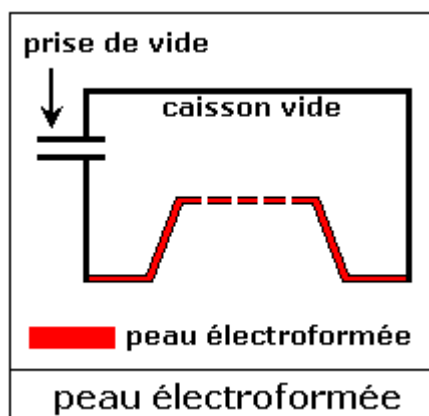
IV.3- Nickel electroformed tools.

These moulds must have a peripheral flange all around the impression of the part to be produced to achieve air tightness of the membrane..

These moulds are obtained by the electro-deposition of a nickel skin of thickness between 3 and 6 mm.

Fig. 7 : Schéma de principe

Fig . 7 : Principle Diagram



❑ **Dimensions :**

Les dimensions maximales réalisables sont déterminées par les dimensions des bacs de galvanoplastie des fabricants, et qui sont de l'ordre de 5 mètres par 2 mètres environ.

Mais pour des raisons économiques et des commodités d'utilisation, les moules seront limités en taille (de 1 à 1,5m²) avec une profondeur d'embouti de 1/3 de la surface

L'épaisseur de l'électroforme sera comprise entre 2 et 4 mm. Le dépôt de métal est de 0.02 mm/heure.

❑ **Aspect de surface :**

Il est le reflet amélioré de l'aspect de surface du modèle, mais reproduit toutefois les gros défauts.

❑ **Matière métallique utilisée :**

Le métal utilisé pour notre procédé est le Nickel. Des fabricants peuvent proposer d'utiliser un alliage Cuivre – Nickel afin de diminuer le coût final du moule mais aussi afin d'optimiser les transferts thermiques grâce au cuivre. Cependant un délaminage entre les deux matériaux métalliques peut se produire étant donné les contraintes thermiques (200°C) imposées par le procédé entraînant une différence de dilatation entre les deux matériaux.

❑ **Principe de fabrication :**

Le moule est réalisé par dépôt d'une couche de nickel par électrolyse sur la surface du modèle rendue conductrice.

Pour la réalisation du moule, 5 étapes

❑ **Dimensions :**

The maximum dimensions which may be produced are determined by the size of the galvanic plating vats of the manufacturer, and which should be of the order of 5 metres by 2 metres approximately.

But for economical reasons the size of the tool will be limited (from 1 to 1.5 m²) with deep draw features corresponding to 1/3 of the tool surface.

The thickness of electroforming will be between 2 to 4 mm. The metal deposition rate is 0.02 mm/hour.

❑ **Surface finish :**

It is the best reproduction of the model surface, but always duplicates gross defects.

❑ **Metallic material used :**

The metal used for our process is nickel. The manufacturers may suggest the use of a copper - nickel alloy to reduce the final mould cost but also to optimise the heat transfer due to the copper. However, a delamination between the two metallic materials may be produced, given the thermal limitations (200 °C) imposed by the process which is accompanied by a difference in expansion between the two materials.

❑ **Manufacturing principle :**

The mould is produced by the deposition of a layer of nickel by electrolysis onto the surface of the model rendered conductive.

For the production of the mould, 5 steps

sont nécessaires :

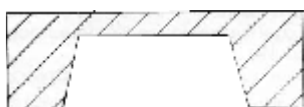
- Réalisation du modèle.
- Réalisation de l’empreinte du modèle de galvanoplastie.
- Modèle de bain.
- Fabrication de l’électroforme.
- Démoulage.

are necessary:

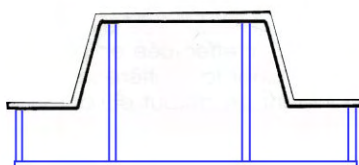
- Production of the model.
- Production of the galvano plated impression of the model.
- Basin model.
- Manufacture of the electroform.
- Demoulding.

Fig 8 : Moule Nickel électro formé :
Principe de fabrication d’une matrice.

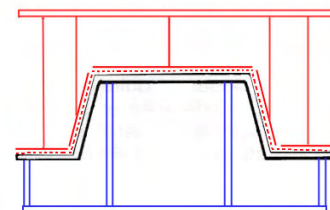
Fig 8 : Nickel tool electroforming :
Female tool manufacturing principle.



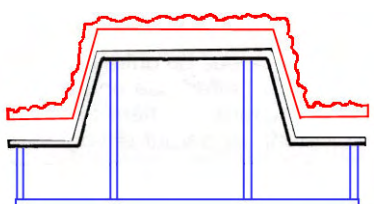
Usinage model (Epoxy).



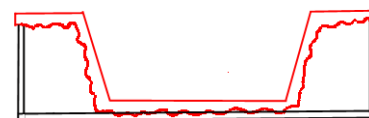
Modèle de bain (Verre-Epoxy).



Electrodéposition de Nickel.



Démoulage.



Matrice.

❑ **Vide et régulation température**

Les trous nécessaires pour réaliser le vide seront percés aux endroits stratégiques et

La régulation de l’outillage se fait par circulation d’huile dans un serpentin fixé sous la peau de surface.

❑ **Avantages :**

Qualité de surface excellente.
Durée de vie illimitée.
Bonne conductivité thermique.

❑ **Inconvénients :**

Prix de réalisation.
Ne convient pas pour les petites séries.
Délai de réalisation.

❑ **Fournisseurs potentiels :**

Corima Modelage (France) :
Fabricant

❑ **Vacuum and temperature regulation**

The necessary vacuum are accurately drilled in the accurate located area.

The tool regulation is achieved through the circulation of oil within pipes fixed under the surface skin

❑ **Avantages :**

Excellent surface quality.
Unlimited tool life.
Good thermal conductivity.

❑ **Drawbacks :**

Production cost
Not suitable for very small volumes
Production lead time.

❑ **Potential supplier :**

PPA Limited (IR):
Self heating mould manufacturer.

Ex-Press Plastic Limited (UK) :
 Fabricant de moules & proposition d'un système autonome.
 +44 1508 52 80 00

IV.4- Moule en aluminium coulé ou usiné

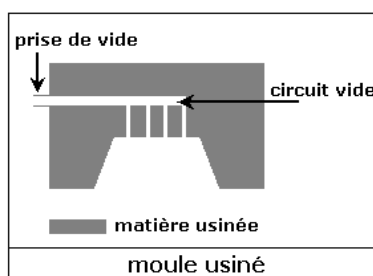
Ces moules doivent avoir une plage périphérique autour de l'empreinte de la pièce pour permettre l'étanchéité.

Ces moules sont obtenus par usinage ou par coulée d'aluminium.

L'aluminium présente l'avantage d'être facilement usinable par rapport à l'acier. Ainsi les délais et les coûts de fabrication en sont réduits.

Le circuit de régulation en température et le circuit de vide sont alors usinés dans l'aluminium. Ceci impose une certaine rigueur lors de la conception de l'outillage pour positionner au mieux ces deux circuits

Fig .9 : Schéma de principe (le circuit de régulation n'est pas représenté)



Dimensions :

Les dimensions maximales réalisables sont de 2 à 3 m².

L'épaisseur du moule doit être de 3 à 4 mm.

Aspect de surface :

Les surfaces sont polies et peuvent avoir un très bon aspect.

Fournisseurs potentiels :

IV.4- Cast or machined aluminium tool

These moulds must have a peripheral flange all around the impression of the part to permit an air tight seal.

These tools are obtained by machining or casting of aluminium.

Aluminium offers the advantage of being easily machined compared with steel. Also, the lead times and fabrication costs are lower.

The tool thermoregulation and vacuum circuit will be machined in the Aluminium.

This imposes a certain rigour when designing the tool to ensure the best location of these two circuits.

Fig 9: Principle diagram : (the thermoregulation circuit is not showed)

Dimensions :

The maximum dimensions which are possible are from 2 to 3 m².

The mould thickness should be 3 to 4 mm.

Surface finish :

Surfaces are polished and can achieve a very good finish.

Potential suppliers :

PPA Limited (Fabricant de moule/ tool makers)

IV.5- Les moules en tôle chaudronnée mécano soudée.

Dimensions :

IV.5- Welded sheet metal tools.

Dimensions :

Les dimensions maximales réalisables sont de 1 à 2m².
L'épaisseur du moule doit être de 3 à 4 mm.

*The maximum dimensions are from 1 to 5 m².
The mould thickness should be 3 to 4 mm.*

❑ **Aspect de surface :**

Les surfaces sont polies et peuvent avoir un très bon aspect.

❑ **Surface finish :**

Surfaces are polished and may achieve a very good finish.

Fig 10 : Schéma de principe

Fig 10 : Principle diagram

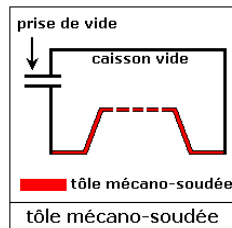


Table 5. Caractéristiques principales des moules **Table 5 : Main tool features**

Matériaux.	Stratification Verre/Epoxy.	Prepregs Verre/Epoxy	Moule béton poreux	Tôle chaudronnée-mécano soudée.	Aluminium coulé ou usiné.	Peau Nickel électroformé.
Materials	Laminated Glass Epoxy	Glass/Epoxy prepreg	Porous concrete tool	Welded sheet metal	Cast or machined Aluminium	Electroformed Nickel skin
Taille limitée par :	Autoclave – Four.	Autoclave – Four	Non	Installation d'usinage	Installation d'usinage ou de coulé	Bac de galvanoplastie.
Size limited by	Autoclave, oven	Autoclave, oven	No	Machining facilities	<i>Machining or casting facilities</i>	Galvanoplastins tank.
Etat de surface.	Avec ou sans gel-coat. Dépend de la qualité du modèle.	Avec ou sans gel-coat. Dépend de la qualité du modèle.	Avec ou sans gel-coat. Dépend de la qualité du modèle.	Qualité moyenne.	Surface polie.	Dépend de la qualité du modèle.
Surface finish	<i>With or without gel coat Depends on model quality</i>	<i>With or without gel coat Depends on model quality</i>	<i>With or without gel coat Depends on model quality</i>	Medium Quality	Polished surface	<i>Depending on model quality.</i>
C.T.E (mm/mm/°C).	14.2*10 ⁻⁶	14.2*10 ⁻⁶ Glass/Epoxy	14.2*10 ⁻⁶	12.&*10 ⁻⁶	22.5 10 ⁻⁶	13.3 10 ⁻⁶
Durée de vie (pièces).	10 000 à/to 30 000.	10 000 à/to 30 000.	15 000 à/to 60 000.	15000 à/to 60 000.	30 000 à/to 100 000	Infinie/infinity
Tool durability (parts)						
Régulation	Serpentin collé Résistance électrique	Serpentin collé Résistance électrique	Serpentin noyé dans le béton	Serpentin collé Résistance électrique	Circuit régulation usiné	Serpentin soudé Résistance électrique
Regulation	<i>Bonded coils Electrical resistance</i>	<i>Bonded d coils Electrical resistance</i>	<i>Coils embedded in the concrete</i>	<i>Bonded coils Electrical resistance</i>	<i>Regulation circuits machined</i>	<i>Welded coils Electrical resistance</i>
Prix/Costs [%].	15	20-30	20-30	30-40	40-60	80-100
Remarques.	Conductivité thermique faible.	Conductivité thermique faible.	Solution intéressante Bon rapport qualité prix Moule léger	Solution intéressante pour prototypage.	Solution intermédiaire demandant des précautions pour pièces d'aspect.	Excellent compromis coût durée de vie. La qualité du modèle est essentielle.
Remarks	<i>Low thermal conductivity</i>	<i>Low thermal conductivity</i>	<i>Interesting solution. Good cost quality ratio Light tool</i>	<i>Interesting for prototyping</i>	<i>Intermediary solution. Caution needed to achieve good part surface finish.</i>	<i>Excellent cost life compromise. Essential to have good model quality</i>

V- Membrane silicone et consommables

V.1- Membrane silicone

Rôle de la membrane :

- Support pour le TWINTEX®
- Le Twintex® étant poreux, elle joue le rôle d'interface étanche pour permettre de réaliser le vide et de déformer le Twintex®.

Cahier des charges :

- Etanchéité..
- Résistance à la température (>=220°C).
- Anti-adhérent avec le PP fondu.
- Posséder une grande déformabilité (allongement 150 à 300%).
- Résistance à l'usure au cycle chaud/froid (amortissement par pièce minimal).
- Durée de vie : maximale (250 à 300 pièces).

□ **Fournisseurs potentiels :**

AEROVAC

+33 (0)5 61 37 89 89

www.aerovac.com

VACFORM

Mosite (reference 1453D)

+ 44 (0)1535 690041

V.2- Consommables

La durée de vie des membranes est améliorée par l'ajout d'un film séparateur ou d'un tissu d'arrachage entre elle et le Twintex® pour faciliter le démoulage et améliorer l'aspect.

VI- Pompe et réserve à vide

La pompe à vide réalise le vide (-0,9 bar) nécessaire à la fabrication de pièce au moulage diaphragme.

Une réserve de vide qui permet la réalisation d'un gros volume de vide en un temps minimum. L'ensemble du système de vide est directement intégré dans la machine diaphragme. Il est géré par l'automatisme de la machine.

□ **Contacts :**

AEROVAC : +33 (0)5 61 37 89 89

+ 44 (0) 15 35 60 74 57

V- Silicone membrane and consumables

V.1 Silicone membrane

Membrane objective :

- Twintex ® support
- As the Twintex ® is porous, it is an airtight interface to permit the application of a vacuum and to deform the Twintex ®.

Specifications

- Airtight.
- Temperature resistant (>=220°C).
- No bond to the melted PP.
- To have a high elongation from 150 to 300.
- Wear resistant to hot/cold cycle.(return on investments minimal per parts)
- Life Span: Maximal (from 250 to 300 parts).

□ **Potential supplier :**

MOSITES RUBBER COMPANY

+1 817 335-3451

mrc@airmail.net

Ref : 1453D

V.2 Consumables

The membrane life span is improved by the addition of a release film or a peel ply between it and the Twintex®, to improve the demoulding ability.

VI- Vacuum pump and tank

The vacuum pump is provides the vacuum used to produce part in the diaphragm process.

A vacuum tank permits the vacuum to be apply very quickly.

The vacuum manifold is directly integrated on the diaphragm machine.

It is triggered by the machine automation.

□ **Contacts :**

BECKER France

+33 (0)1 30 41 89 89

VII- Oven

Les fours IR ont pour rôle de chauffer la matrice du composite au delà de son point de fusion pour permettre l'imprégnation de la fibre.

Le four est constitué de deux panneaux infrarouge (supérieur et inférieur) régulés par des pyromètres optiques qui mesurent en continu la température du Twintex®.

Ces renseignements sont envoyés à un régulateur type PID qui modifie la puissance des fours en fonction de la consigne et de la température de la matière.

Ce régulateur permet de diminuer les temps de cycle en chauffant à pleine puissance jusqu'à la température de consigne, puis en régulant pour ne jamais dépasser cette température. Ainsi la matrice n'est jamais dégradée, et la chauffe est reproductible.

Le système de chauffage infra rouge est intégré à la machine de moulage diaphragme

□ Fournisseurs potentiels :

SOPARA :

Fabricant

+33 (0)4 72 81 23 09

www.sopara.com

VIII- Air comprimé.

L'assistance de la déformation de la membrane peuvent se faire avec la pression d'air comprimé du réseau (6 à 7 bars).

Cependant de meilleurs résultats sont obtenus avec des pressions supérieures à 10 12 bars.

IX.-Le Twintex® www.twintex.com

Twintex® T PP est tissé à partir de rovings composés de filaments co-mêlés de verre E et de polypropylène.

Le Twintex® est mis en œuvre par chauffage au delà de la température de fusion de la matrice PP (170°C - 200°C) et est consolidé à faible pression.

En mélangeant intimement des filaments de verre et thermoplastique, le Twintex® a résolu le problème de l'imprégnation des fibres de verre continues par des résines thermoplastiques. Ceci permet d'atteindre des taux de verre important

VII- Oven

The objective of the IR panel is to heat the composite TP matrix above its melting point to permit the subsequent impregnation of the reinforcement.

The oven consists of two panels (upper and lower) continuously thermo regulated y by optical pyrometers which measure the Twintex® temperature.

The information is sent to a PID regulation device, which is then changes the oven heating power according to the set temperature and the material temperature needed.

This regulation device permits a reduction in the cycle time, by heating with 100% of the power till the set temperature, and then by regulating the temperature without exceeding it. Hence, we have no degradation of the resin, and the heating is reproducible.

The IR heating manifold is directly integrated into the machine.

□ Potential supplier

MATHERM

Fabricant

+33 (0)4 74 98 07 96

VIII- Pressurised air

The deformation of the membrane can be helped by inflated pressurized air (6 to 7 bars). However, the best results are achieved with a higher pressure, like 10 to 12 bars.

IX- Twintex ® www.twintex.com

Twintex® T PP is a fabric woven with commingled E-glass and polypropylene rovings.

Twintex® is processed by heating above the melting temperature of the PP matrix (170°C – 200°C).and then consolidated by applying low moulding pressure.

Twintex®, by intimately mixing glass and thermoplastic filament, has solved the problem of economically impregnating continuous glass fibres with thermoplastic resins. It allows high glass level content (60% in weight) to be

(60% en masse) dans la pièce composite.

reached in composite parts

Tableau 6 : Comparatif tissu/plaque pour le moulage diaphragme

Table 6 : Fabrics/ sheets comparison for the diaphragm technology

	Avantages/ <i>Advantages</i>	Inconvénients/ <i>Drawbacks</i>
Tissu	Bonne déformabilité/ Coût / <i>Costs</i> : $\Delta P(\text{plaque/tissu})=20\%$	Manipulation : déformation, effilochage Découpe manuelle ciseau Caractéristiques mécaniques (module de flexion entre 11 et 12 GPa)
<i>Fabrics</i>	<i>Good deformation</i> <i>Costs</i> : $\Delta P(\text{plate/fabrics})=20\%$	<i>Handling : loose product, yarn fraying</i> <i>Cut with scissors</i> <i>Mechanical performance (Flexural modulus between 11 and 12 GPa)</i>
Plaque	Manipulation Découpe mécanique : cisaille Caractéristique mécanique (module de flexion entre 13 et 14 Gpa) Meilleure imprégnation du renfort	Coût : $\Delta P(\text{plaque/tissu})=20\%$
<i>Plates</i>	<i>Manipulation</i> <i>Mechanical cut : shears</i> <i>Mechanical performances (Flexural modulus between 13 and 14 GPa)</i> <i>Better reinforcement impregnation.</i>	<i>Costs : $\Delta P(\text{Sheet/fabric})=20\%$</i>

IX.1- Propriétés :

IX.1-Properties

Les matrices thermoplastiques polyoléfin (polypropylène, polyéthylène) sont parmi les plastiques les plus inertes chimiquement et les moins affectés par l'absorption d'eau. Par exemple, le Twintex® PP ne montre aucun signe de dégradation visuelle ou mécanique après avoir été immergé dans de l'eau à 65°C pendant 1200 heures.

The polyolefin thermoplastic matrix (polypropylene, polyethylene) are amongst the most chemically inert plastics and the least affected by water absorption. For example, Twintex® PP shows no sign of visual or mechanical degradation after being immersed in 65°C water for 1 200 hours.

Les propriétés mécaniques sont fonction du motif de tissage. Si le tissu est équilibré (autant de fils dans un sens que dans un autre), les propriétés mécaniques longitudinales et transversales seront identiques. Par contre, si le tissu est pré orienté alors les propriétés mécaniques seront supérieures dans le sens préférentiel de renforcement.

Mechanical properties depend on the fabric pattern. In these case of balanced fabrics (as many strands in the weft and warp direction), the longitudinal and transverse mechanical properties will be the same. On the other hand, in the case of pre-oriented fabrics, mechanical properties will be higher in the preferential reinforcement direction.

Tableau 7 : Performances mécaniques obtenues avec la technologie diaphragm

Table 7 : Mechanical performances achieved with the diaphragm technology

Résultats en fonction de tissu ou plaque, avec variation de la pression d'air sous la membrane améliorant la déformation et la consolidation.

The results achieved depend on the reinforcement type, plate or fabrics, and also with air pressure below the membrane, improving the deformation and the consolidation.

Référence produit : T ou P PP 60 745 B (Tissu

Product reference : T or P PP 60 745 B (Fabrics or plates, Polypropylene matrix, 60 % weight

ou Plaque, matrice Polypropylène, 60% fibre, *glass content, black colour*)
745g/m², Noir)

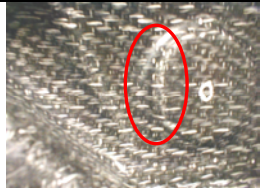


Inflation Pressure (bar)	TISSU / FABRICS			PLAQUE / PLATE		
	0	2	4	0	2	4
Flexural Strength ISO 14125(Mpa)	237,4	235.6	259.9	266.4	274.8	319.6
<i>E.T</i>	7.8	14.5	27,2	12.10	7.3	16.6
Flexural Modulus ISO 14125(Mpa)	11765	11777	11850	12479	13101	13354
<i>E.T</i>	386	416	237	91	203	34
Impact Strength (Kj/m2) ISO 179-1	106.6	99.0	101,3	109.7	120.0	120.6
<i>E.T</i>	4.8	14.0	14.6	10.1	7.2	11.3

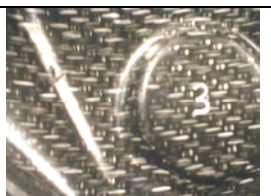
Les données des propriétés mécaniques sont établies conformément aux normes ISO standard. Les valeurs indiquées correspondent au mieux de notre connaissance, mais ne peuvent pas être utilisées comme base pour les calculs, car elles sont fonction des conditions de mise en oeuvre.

Mechanical property data developed in accordance with standard ISO specifications. Relative values shown are accurate to the best of our knowledge, but should not be used for design purposes since absolute values can be influenced by fabricator processing conditions.

Table 8 : Résultats en termes d'aspect :

Table 8 : Surface finish results

Pression extérieure <i>External inflated pressure</i>	photo	Commentaires/ <i>Remarks</i>
0 bar + vide / <i>Vacuum</i>		Difficultés de formage de la pièce dans les zones difficiles <i>Difficulties to shape the material in complex area</i>
1 bar + vide / <i>Vacuum</i>		Résultats sensiblement améliorés avec l'aide de la pression d'assistance <i>Results are sensitively improved with the help of pressure assistance.</i>
2 bars + vide / <i>Vacuum</i>		La pièce correctement formée, même dans les zones difficiles <i>The part is correctly shaped, even in the complex zone.</i>

3 bars + vide / Vacuum		Idem 2 bars Same thing than with 2 bars
---------------------------	---	--

IX.2 - Type de renfort disponible commercialement

Le Twintex® est disponible sous forme de tissu (rovings tissés) et de plaque (tissu consolidé).

Fig 10 : Tissus Twintex®



- Armure : sergé, toile
- Masse surfacique : de 745 à 1815 g/m²
- Largeur maximale : 1.5m
- Autre configuration possible : Unidirectionnel, Quadri axial, +-45°, (pour des marchés particuliers)
- Cousu ou tissé

Fig 11 : Plaques Twintex®



- A partir de tissu consolidé
- Une ou plusieurs couches de tissu (maxi 3 mm)

IX.2-Reinforcement types commercially available

Twintex® is available in the form of fabrics (woven roving) or consolidated plates (consolidated fabric).

Fig 10: Twintex Fabrics

- Pattern : Plain, Twill
- Specific weight : from 745 to 1815 g/m²
- Maximuml width : 1.5m
- Other solutions are possible : Unidirectional, Quadriaxial, +-45°, (for specific market and applications)
- Stitched or woven

Fig 11 : Twintex® consolidated plates

- From consolidated fabrics
- One or several fabrics layer (maxi 3 mm)

IX.3- Les différentes armures

Les tissus sont constitués à partir de rovings Twintex®. Les rovings Twintex® sont entrelacés entre eux dans différentes configurations permettant d'avoir différentes armures (sergé, toile, équilibré ou orienté) et de proposer des tissus équilibrés ou orientés.

L'ensemble des rovings dans le sens longitudinal constitue la chaîne du tissu. Ceux qui sont dans le sens transversal représentent la trame.

Les tissus les plus utilisés sont les suivants :

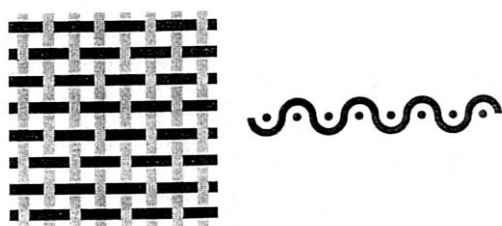
□ **Toile :**

Les tissus toile sont ceux où les fils de la chaîne sont entrelacés alternativement dessus et dessous avec ceux de la trame.

Le tissu obtenu est très stable et difficile à étirer ainsi qu'à positionner pour des formes complexes.

Parmi les tissus Twintex®, la référence Tissu 4/1 est une armure toile orientée avec 80% de fils en sens chaîne et 20% en sens trame. Cela signifie que nous avons quatre fois plus de fibres qui travaillent dans le sens chaîne que dans le sens trame.

Fig 11 : Tissu toile (Twintex® pré orienté 4-1, 935 g/m² -60%)



□ **Tissus sergé :**

Dans une armure sergée, les rovings passent dessus et dessous un certain nombre d'autres rovings. Par exemple une armure sergée 2*2, signifie que deux fils passent dessus et dessous deux autres fils. Par ailleurs, le tissu a un motif diagonal.

Les tissus sergés sont plus ouverts, plus

IX.3- Different patterns.

Fabrics are produced from Twintex® rovings. Twintex® rovings are interlaced between each other in different configurations allowing different structures (twill, plain) and to offer balanced and oriented fabrics.

The assembly of rovings in the longitudinal direction constitutes the warp of the fabric. Those in the transverse direction represent the weft.

The following are the fabrics used most often :

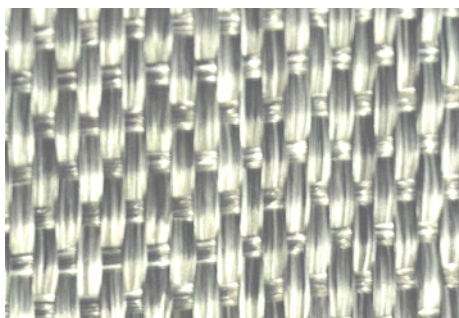
□ **Plain weave Fabrics :**

Plain weave fabrics are those where the warp strands are interlaced alternatively above and below with those of the weft.

The fabric obtained is very stable and difficult to stretch, as well as to place over complex shapes.

Among the Twintex® fabrics, the Fabric 4/1 is a plain weave structure oriented with 80% of the strands in the warp direction and 20% in the weft. This signifies that we have four times more fibres working in the warp direction than in the weft direction.

Fig. 11 : Plain weave (Twintex® pre oriented 4-1, 935 g/m², 60%).



□ **Twill weave Fabrics :**

In a twill weave, the rovings pass above and below a certain number of other rovings. For example, a 2*2 twill structure signifies that two strands pass over and under two other strands. Therefore, the fabric has a diagonal pattern.

Twill weave fabrics are more open, more deformable than plain fabrics They are

déformables que les tissus toile. Ces tissus sont employés pour réaliser des formes complexes. Leur structure équilibrée permet d'avoir des propriétés mécaniques identiques dans le sens chaîne et trame.

employed to produce complex shapes. Their balanced structure gives them identical mechanical properties in both warp and weft directions.

Fig 12 : Tissu sergé
(Twintex® 1-1, 745 g/m² or 1485 g/m², 60%).

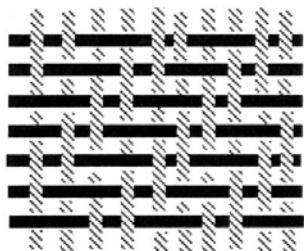
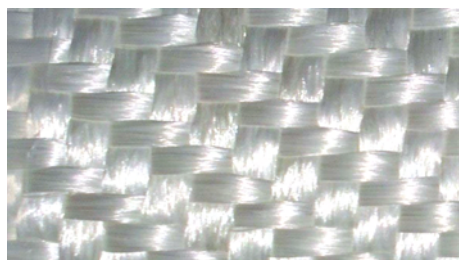


Fig. 12 : Twill weave
(Twintex® 1-1, 745 g/m² or 1485 g/m², 60%).

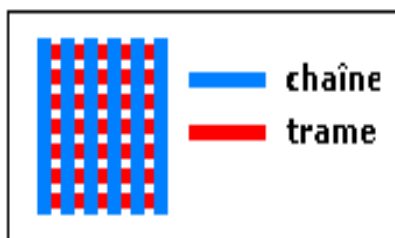


□ **Grille :**

Une grille est un produit qui présente des fibres orientées à 0 et 90°, non tissées et consolidées.
Le nombre de roving dans le sens chaîne ou trame peut varier

□ **Laid scrim :**

A laid scrim is made of consolidated non woven fibres in 0 and 90° orientation. The roving number in the warp or the weft direction can change.



□ **Mat Twintex ®**

Un mat est un produit qui présente des fibres longues (jusqu'à 50mm) orientées aléatoirement.
Les propriétés mécaniques sont légèrement inférieures à celles des produits fibres continues, mais la déformabilité est meilleure.

□ **Twintex ® Mat :**

Twintex ® mat is made off chopped long glass fibre (up to 50 mm) with a random orientation. The mechanical performance achieved is lower than that with continuous strand Twintex fabrics, but the deformation of the product is better.

Tableau 8 : Performances mécaniques Mat Twintex ®.

Tableau 8 : Twintex ® Mat Mechanical performance.

	Fabric 745g/m ² 1/1	Mat 38%
Weight (g/m²)	745	460
Tensile Modulus E1t (GPa)	13,96	4,898
e.t.	0,91	0,643

Tensile Strength σ_{1t} (MPa)	312,5	82,72
S.D	13,58	7,28
Flexural Modulus E_{1f} (GPa)	13,29	4,862
S.D	0,81	0,509
Flexural Strength σ_{1f} (MPa)	273	132,6
S.D	19,48	15
Charpy (KJ/m²)	175,1	66,21
S.D.	12,1	4,82
Charpy (J/cm³)	2,6	1.51
S.D	0,2	0.11

Les données des propriétés mécaniques sont établies conformément aux normes ISO standard. Les valeurs indiquées correspondent au mieux de notre connaissance, mais ne peuvent pas être utilisées comme base pour les calculs, car elles sont fonction des conditions de mise en oeuvre.

Mechanical property data developed in accordance with standard ISO specifications. Relative values shown are accurate to the best of our knowledge, but should not be used for design purposes since absolute values can be influenced by fabricator processing conditions.



Tableau 9 : Récapitulatif

Tableau 9 : Summary

Produit Product	Armure Pattern	Grammage Weight	Epaisseur Thickness	Tissu/plaque Fabric/Plate	Couleur Colour	Déformabilité Deformability	Aspect Finish
Equilibré 1485 <i>Balanced 1485</i>	Sergé 2-2 <i>Twill 2-2</i>	1485 g/m ²	1 mm	Tissu et plaque <i>Fabrics and plates</i>	Noir, naturel <i>Black or Natural</i>	+++	+
Equilibré 745 <i>Balanced 745</i>	Sergé 2-2 <i>Twill 2-2</i>	745 g/m ²	0.5 mm	Tissu et plaque <i>Fabrics and plates</i>	Noir, naturel <i>Black or Natural</i>	++	++
Orienté 4-1 <i>Pre oriented</i>	Toile <i>Plain</i>	935 g/m ²	0.7 mm	Tissu et plaque <i>Fabrics and plates</i>	Noir, naturel <i>Black or Natural</i>	++	++
Grille <i>Laid Scrim</i>	Non tissé Equilibré ou déséquilibré <i>Non woven Balanced or Pre oriented</i>	Plusieurs grammages disponibles <i>Several weight are available</i>	Dépend du grammage <i>Depends on the weight</i>	Plaque <i>Plate</i>	Noir <i>Black</i>	+	+++
Mat	Fibres longues (jusqu'à 50 mm)	Plusieurs grammages disponibles	Dépend du grammage	Plaque	Noir	+++ attention : propriétés mécaniques inférieures au fibres continues)	++

Mat	Long fibre (up to 50 mm)	Several weight are available	Depends on the weight	Plate	Black	care : Mechanical performances lower than those achieved with continuous fibre	
-----	--------------------------	------------------------------	-----------------------	-------	-------	--	--

X- Comoulage

Des décors peuvent être sur moulés avec du Twintex®.

Le but est de conserver l'aspect brillant et d'améliorer les performances mécaniques de la pièce réalisée.

Les décors utilisés sont des feuilles thermoplastiques thermoformable

Moulage en deux étapes :

- thermoformage du film décor (obtention de l'aspect brillant et lisse).
- pose du décor thermoformé sur un support silicone
- moulage Twintex® à l'arrière du décor thermoformé (pour renforcer le décor avec un matériau composite TP).

Fig 13 : Principe

X- Comoulding

Surface finish film can be over moulded with Twintex reinforcement.

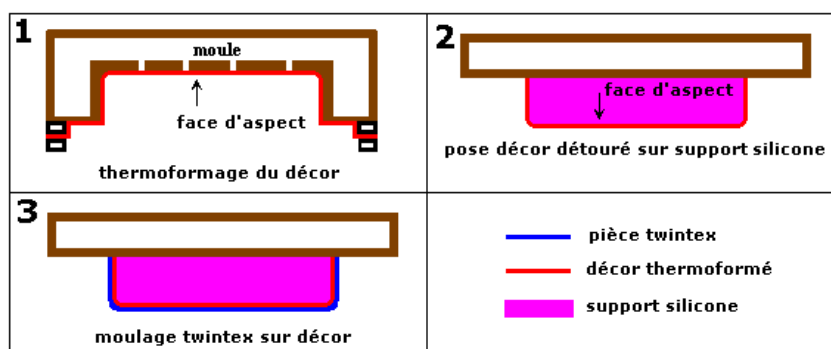
The objective is to keep the glossy surface finish and to improve the mechanical performance of the finished part

The surface finish films used are thermoforming thermoplastic sheets.

Moulding in 2 steps

- Thermoforming of the surface finish film (glossy surface finish and smooth).
- The thermoformed film face is then laid on a silicone plug.
- Twintex® moulding on the back side of the thermoformed surface film (to reinforce the surface layer with TP composite material).

Fig 13 : Principe



remarque :

- un moule de thermoformage pour thermoformé le décor
- un support en silicone pour positionner le décor thermoformé qui sera renforcé avec du Twintex®, sans marquer le décor

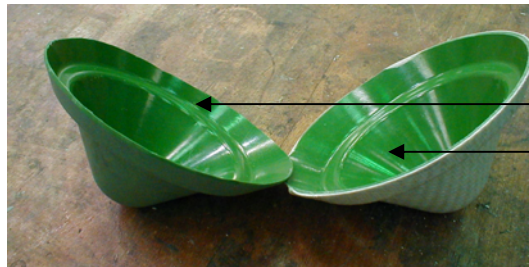
Fig 14 : Pièces obtenues

remarks :

- One thermoforming tool for the surface finish film
- One silicone plug to locate the thermoformed surface finish film which will be reinforced with Twintex without surface degradation (print through)

Fig 14 : Part achieved

Décor thermoformé
Thermoformed surface
finish film



Pièce finie (décor + renfort Twintex®)
Finished part (cosmetic film + Twintex®)

pièces de développement (cône)/ Development part



prototype (lavabo)/ prototype (wash basin)

caractéristiques :

- dimensions pièce : 65 x 50 x 25 cm
- embouti : 25 cm
- surface développée : 0,7 m²

Features:

- part size : 65 x 50 x 25 cm
- Deep draw : 25 cm
- Projected surface : 0,7 m²

XI- Solutions de films de surface

XI- Surface film solutions

XI.1- Film PP

XI.1- PP Film

Pour obtenir un aspect et une couleur uniforme (noir ou naturel), un film de polypropylène d'épaisseur comprise entre 100 et 500 µm est déposé en surface, en même temps que le Twintex® est déposé sur la membrane.

To be able to achieve a cosmetic part with homogenous colour, we can add on the Twintex® surface a PP film layer (black or natural) the thickness of which can be between 100 and 500 µm, at the same time as the Twintex is laid on the membrane.



□ **Contacts :**

□ **Contacts :**

V PLAST :+ 33 (4) 71 61 70 70

XI.2- Voile PET non tissé teinté

Ajout d'un voile PET non-tissé en surface, qui s'imprègne de PP fournit par la matrice du Twintex®. Différents décors et couleurs sont disponibles.

Le voile PET ne fond pas pendant la transformation.

XI.2- PET non woven pigmented veil

Addition of a PET non woven veil on the surface, which will be impregnated by the PP resin from the Twintex® material.

Several decorative effects and colours are available.

The PET veil does not melt during processing.



□ **Contacts :**

TECHNICAL FIBER PRODUCTS :

+44 (0) 15 39 81 82 64

www.techfibres.com

□ **Contacts :**

XI.3- Films d'aspect thermoformable :

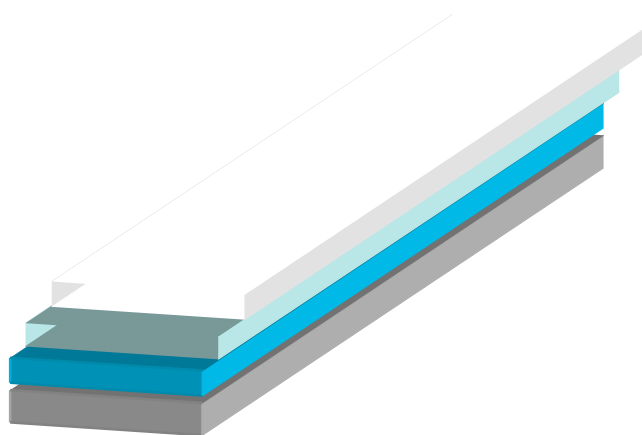
Ce sont des films co extrudées de plusieurs couches ayant des fonctions différentes :

- Film de protection résistant à la rayure
- Couche transparente PVDF 30-40 mm (Résistance UV)
- Couche pigmentée 20-50 mm (PVDF, acrylique,...)
- Substrat de liaison (PP, ABS, ASA, PC), avec épaisseur variable.

XI.3- In mould decorative films

These films are made with different co extruded layers which each have a function:

- *Scratch resistant protection film*
- *Clear coat PVDF 30-40 mm (UV resistant)*
- *Colour layer 20-50 mm (PVDF, acrylic, ...)*
- *Adhesion layer (PP, ABS, ASA, PC), with variable thickness.*



Scratch resistant film

Clear coat

Coulour layer

Adhesion primer

□ **Contacts :****SENOPLAST**www.senoplast.com

sheets for thermoforming for automotive/sanitary

MAYCO PLASTICSwww.mayco-mi.comwww.mayco-mi.com

Thermoformable films

SOLIANTron.vanhoorn@paintfilms.com

+31 (0) 57 060 5646

NORDENIAwww.nordenia.com

Coextruded films

□ **Contacts :****XII- Remerciements.**

Le service R&D Twintex® de OCV Chambéry International remercie pour leurs témoignages et leurs aides techniques toutes les compagnies citées dans ce manuel.

Pour de plus amples informations, n'hésitez pas à contacter les agences Saint-Gobain Vetrotex présentes en Europe et aux USA.

XII- Acknowledgements.

The Twintex® R&D Department of OCV Chambéry International Company wants to thank each company included in this manual for their testimony and their help.

For more information, do not hesitate to contact the worldwide Saint-Gobain Vetrotex agencies.

Vetrotex International
767, quai des Allobroges
F-73009 Chambéry
France
Tel: +33 (0)4 79 75 53 00
infotwintex@owenscorning.com

Index fournisseurs / Suppliers

<i>Nom</i>	<i>Fabriquant/revendeur</i>	<i>Site internet</i>	<i>Téléphone</i>
Advanced Composites Group Limited (UK)	Fabricant , formation, fournisseur de prepegs. <i>Prepreg manufacturer, supplier, training course for tool building</i>	Sales@acg-us.com www.advanced-composites.com	+44 (0) 1773 534599 / 76344
AEROVAC	Matériel moulage sous vide. <i>Vacuum moulding products</i>	www.aerovac.com	+33 (0)5 61 37 89 89
Alpes conception	Fabricant machine <i>Machine builder</i>	alp-conception@wanadoo.fr	+33 (0)4 79 60 59 62
BECKER France	Distributeur pompe à vide <i>Vacuum pump distributor</i>	becker@becker-france.fr	+33 (0)1 30 41 89 89
Corima Modelage (France) :	Fabricant moule <i>Tool maker</i>	www.corima-mod.com	+33 (0)4 75 63 80 05
DIATEX	Matériel moulage sous vide. <i>Vacuum moulding products</i>	www.diatex.com	+33 (0)4 78 86 85 00
Ex-Press Plastic Limited (UK) :	Fabricant de moules <i>Tool maker</i>		+44 1508 52 80 00
HUNTSMAN ADVANCED MATERIALS	Fabricant de Résines Contact Luc REY <i>Resin supplier and manufacturer, contact Luc Rey</i>	www.renshape.com	+33 (0)4 76 32 34 96
MATHERM	Fabricant panneaux Infra-Rouge <i>IR Panel makers</i>		+33 (0)4 74 98 07 96
MAYCO PLASTICS	Films coextrudés thermoformables <i>Coextruded Thermoformed film</i>	http://www.mayco-mi.com/pages/film.htm	
MOSITES RUBBER COMPANY	Fabriquant de (membrane silicone) <i>Silicone membrane manufacturer</i>	mrc@airmail.net	(817) 335-3451
NORDENIA	Films coextrudés thermoformables <i>Coextruded Thermoformed film</i>	www.nordenia.com	
PEI	Fabricant machine	www.pinetteemidecau.com	+33 (0)3 85 47 88 00

	Machine maker		
PPA Limited (IR):	Fabricant de moule autonome <i>Thermoregulated mould manufacturer.</i>	www.ppateo.com	+353 (0)91 595 535
Rhonalp System	Fabricant machine <i>Machine maker</i>	www.rhonalpsystem.fr	+33 (0)4 79 25 07 63
SENOPLAST	Films coextrudés thermoformables <i>Coextruded Thermoformed film</i>	http://www.senoplast.com	
SOLIANT	Films coextrudés thermoformables <i>Coextruded Thermoformed film</i>	ron.vanhoorn@paintfilms.com	+31 (0) 57 060 5646
SOPARA :	Fabricant panneaux Infra-Rouge <i>IR Panel maker</i>	www.sopara.com	+33 (0)4 72 81 23 09
TECHNICAL FIBER PRODUCTS	Fabriquant de voile PET non tissé <i>PET non woven veil manufacturer</i>	www.techfibres.com	+44 (0) 15 39 81 82 64
V PLAST	Fabriquant film PP <i>PP film manufacturer</i>		+ 33 (4) 71 61 70 70
VACFORM	Mosite (reference 1453D)		+ 44 (0)1535 690041

OCV™ Chambéry International

767 Quai des Allobroges
73009 Chambéry Cedex
France
infotwintex@owenscorning.com

www.owenscorning.com
www.ocvreinforcements.com



OCV™ Reinforcements

**OWENS CORNING
COMPOSITE MATERIALS, LLC**
ONE OWENS CORNING PARKWAY
TOLEDO, OHIO 43659
1.800.GET.PINK™
www.owenscorning.com
www.ocvreinforcements.com

**EUROPEAN OWENS CORNING
FIBERGLAS, SPRL.**
166, CHAUSSÉE DE LA HULPE
B-1170 BRUSSELS
BELGIUM
+32.2.674.82.11

**OWENS CORNING
OCV Asia Pacific**
SHANGHAI REGIONAL HEADQUARTERS
2F OLIVE LVO MANSION 620 HUA SHAN ROAD
SHANGHAI CHINA 200040
+86.21.62489922

This information and data contained herein is offered solely as a guide in the selection of a reinforcement. The information contained in this publication is based on actual laboratory data and field test experience. We believe this information to be reliable, but do not guarantee its applicability to the user's process or assume any responsibility or liability arising out of its use or performance. The user agrees to be responsible for thoroughly testing any application to determine its suitability before committing to production. It is important for the user to determine the properties of its own commercial compounds when using this or any other reinforcement. Because of numerous factors affecting results, we make no warranty of any kind, express or implied, including those of merchantability and fitness for a particular purpose. Statements in this publication shall not be construed as representations or warranties or as inducements to infringe any patent or violate any law safety code or insurance regulation.

Pub. No. 10010911 Owens Corning reserves the right to modify this document without prior notice. ©2009 Owens Corning

Twintex_Diaphragm Moulding Manual_ww_05-2005_Rev1