



OCV™ Reinforcements

Twintex®

Thermoplastic composite solutions



Vacuum Moulding Manual

Avertissement

Ce manuel a pour but d'apporter au lecteur l'expérience en matière de mise en oeuvre du tissu Twintex® par moulage sous vide.

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 sous vide, sans omettre la validation du produit.

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

Foreword

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

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

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

SOMMAIRE
CONTENTS

Introduction.	Introduction.	P. 1
I – Conception des pièces.	I – Part design.	P. 2
I.1. Géométrie	I.1. Geometry	P. 2
I.2. Dépouille	I.2. Draft	P. 3
I.3. Nervures	I.3. Ribs	P. 3
I.4. Inserts	I.4. Inserts	P. 3
I.5. Ouvertures, trous	I.5. Openings, holes	P. 3
I.6. Aspect de surface	I.6. Surface appearance	P. 3
I.7. Positionnement technico-économique	I.7. Technico-economic approach	P. 5
I.7.1. Comparatifs procédé/matière	I.7.1. Process/material comparisons	P. 5
I.7.2. Séries	I.7.2. Production rates	P. 7
II – Les moules pour le moulage sous vide.	II – Vacuum moulding tools.	P. 8
II.1. Les moules pour les procédés au film, sac et membrane	II.1. Tools for vacuum film, silicone membrane and bag moulding	P. 8
II.1.1. Les moules composites époxy	II.1.1. Epoxy composite tools	P. 8
II.1.2. Moule à matrice céramique	II.1.2. Ceramic matrix tool	P. 12
II.1.3. Les moules avec peau électroformé Nickel	II.1.3. Nickel electroformed tools	P. 14
II.1.4. Les moules aluminium coulé	II.1.4. Cast or machined Aluminium tools	P. 16
II.1.5. Les moules en tôle chaudronnée mécano-soudée	II.1.5. Welded sheet metal tool	P. 17
II.2. Comparaison des différents moules	II.2. Tool comparisons	P. 17
II.2.1. Temps de cycle	II.2.1. Cycle time	P. 17
II.2.2. Tableau de synthèse	II.2.2. Summary	P. 18
III – L'outillage.	III – Tooling.	P.19
III.1. Le système de chauffage	III.1. Heating system	P. 19
III.1.1. Les étuves	III.1.1. Oven	P. 19
III.1.2. Les autoclaves	III.1.2. Autoclave	P. 20
III.1.3. Les systèmes autonomes	III.1.3. Heated tools	P. 20
III.2. Les systèmes de vide	III.2. Vacuum systems	P. 21
III.3. Les consommables	III.3. Consumables	P. 22
III.3.1. Les agents démoulants	III.3.1. Release agents	P. 22
III.3.2. Les films	III.3.2. Films	P. 24
III.3.2.1. Les films séparateurs	III.3.2.1. Release films	P. 26
III.3.2.2. Les mastics d'étanchéité	III.3.2.2. Air tight Sealants	P. 26
III.3.2.3. Les membranes silicone	III.3.2.3. Silicone membranes	P. 26
III.3.2.4. Les sacs à vide	III.3.2.4. Vacuum bags	P. 26
III.3.2.5. Les feutres de drainage	III.3.2.5. Breathers felt	P. 27
III.3.2.6. Les films d'arrachage	III.3.2.6. Peel plies	P. 27
III.3.2.7. Contacts		

IV – Le Twintex®.

- IV.1. Propriétés
- IV.2. Les types de renforts

V – Le procédé de moulage.

- V.1. Préparation du moule
- V.2. Drapage du Twintex®
- V.3. Mise sous vide
- V.4. Démoulage

VI – Finition des pièces.
VII – Aspect de surface.

- VII.1. Voile de surface - Contacts
- VII.2. Gel coat
- VII.3. Peinture
 - VII.3.1. Préparation des surfaces
 - VII.3.2. Apprêts et finition
 - VII.3.3. Contacts
- VII.4. Sublimation

VIII – Collage du Twintex® avec d'autres matériaux.

- VIII.1. Films thermoplastiques d'interface
- VIII.2. Colles
- VIII.3. Soudage avec système résistif

IX – Structure sandwich.
X – Insert métallique.
XI – Applications.
XII - Remerciements
Annexes.
IV – Twintex®.

- IV.1. Properties
- IV.2. Reinforcement types

V – Moulding process.

- V.1. Tool preparation
- V.2. Twintex® hand laying
- V.3. Vacuum application
- V.4. Demoulding

VI –Part finishing.
VII – Surface appearance.

- VII.1. Surface finish veils -Contacts
- VII.2. Gel coat
- VII.3. Paint
 - VII.3.1. Surface treatments
 - VII.3.2. Priming and finishing
 - VII.3.3. Contacts
- VII.4. Sublimation

VIII – Twintex® bonding with other materials.

- VIII.1. Interface thermoplastic films
- VIII.2. Glues
- VIII.3. Welding with electro fusion device

IX – Sandwich structure.
X – Metallic insert
XI - Applications.
XII - Acknowledgement.
Appendices.
P. 28

P. 29

P. 30

P. 31

P. 31

P. 32

P. 33

P. 35

P. 36
P. 36

P. 36

P. 36

P.39

P. 39

P. 40

P. 40

P.41

P. 43

P. 43

P. 44

P.45

P. 46
P. 47
P.48
P.50

Introduction

La technologie du moulage sous vide 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.

Le tissu est alors drapé dans une moitié de moule et enveloppé par un système de films à vide comme dans le cas de prepregs conventionnels. Lorsque le vide est appliqué (# 1 bars), l'air emprisonné entre les fibres et les différentes couches de tissus Twintex® peut s'échapper. L'ensemble est alors chauffé jusqu'à la température de fusion des fibres polypropylène. Le vide exerce une pression qui permet à la matrice thermoplastique d'imprégner les fibres de verre. Après refroidissement, la pièce composite obtenue est parfaitement imprégnée, avec un taux de fibres en volume contrôlé.

Ce procédé de mise en œuvre est très intéressant pour des pièces de petites et moyennes séries, grâce à des investissements relativement réduits. Il 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 tissu Twintex®, confère des propriétés mécaniques élevées sur le matériau réalisé, notamment en terme d'impact. Le Twintex® peut être combiné à des mousses PU, du bois ou bien des nids d'abeille pour constituer des structures sandwichs. De plus l'aspect de surface obtenu après moulage est de bonne qualité. Des solutions telles que l'application d'une peinture, d'un gel-coat, ou d'un films de surface permettent alors la réalisation de pièces composites thermoplastiques d'aspect pour le marché du transport, du nautisme et du sport et loisirs.

Introduction

Vacuum moulding technology allows a composite part to be produced with Twintex® from a woven structure. This material is composed of continuous commingled fibres of glass and thermoplastic polypropylene.

The fabric is first draped into position within the mould cavity, and enveloped by vacuum films, as in the case of conventional prepregs. When the vacuum is applied (# 1 bar), the air entrapped between the fibres and the different layers of Twintex® fabrics is able to escape. The assembly is then heated to the melting temperature of the polypropylene fibres. The vacuum exerts a pressure which allows the thermoplastic matrix to impregnate the glass fibres. After cooling, the composite part obtained is perfectly impregnated, with a controlled volume fibre content.

This processing method is very interesting for small and medium volume parts, by virtue of relatively low investment costs. It meets regulations concerning clean working conditions, and in particular it allows the fabrication of thermoplastic composite parts, thereby also proposing 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. Twintex® may be combined with PU foams, wood or even honeycombs to make sandwich structures. In addition, the surface appearance after

moulding is of a good quality. Some techniques, such as the application of a painted finish, a gel coat or a surface film then permit the production of appearance thermoplastic composite parts suitable for the transport, marine and sports & leisure markets.

I - Conception des pièces.

La nature et la forme de la pièce devront être étudiées avec soin avant d'entreprendre la fabrication. Le procédé de moulage sous vide d'un renfort Twintex® à fibres continues 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 mise en place du Twintex®,
- ❑ Perte de temps, entraînant une diminution de la productivité et une augmentation de la main d'œuvre,
- ❑ Mauvaise reproductibilité des pièces,
- ❑ Influence néfaste sur l'aspect de surface de la pièce dans ces zones là.

I.1. Géométrie.

- ❑ Les épaisseurs des pièces réalisées peuvent aller de 2 mm à 4 mm. Des variations locales sont envisageables. Cependant, la mise en place du Twintex® et des autres matériaux (bois, mousse PU, ...) pénalisera le temps de cycle. Par ailleurs un contrôle de la température dans ces zones sera nécessaire pour assurer une consolidation homogène de la structure composite.
- ❑ Les dimensions maximales des pièces sont fonction de la complexité des formes, et de la possibilité de concevoir un outillage. Les moules composites sont une solution pour réaliser une pièce sous vide d'environ 6 à 7 m² de surface.
- ❑ 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. Dans cette zone, il est difficile d'obtenir un matériau homogène et le côté extérieur de l'angle est constitué de résine, ce qui entraîne une fragilisation mécanique. Par ailleurs, en cas d'angles vifs, il se peut que la résine ne vienne pas remplir l'empreinte du moule, créant des manques matière et obligeant une reprise des pièces après moulage.

I – Part design.

The nature and shape of the part should be studied with care before undertaking the production. The vacuum moulding process with Twintex®, having continuous fibres, imposes some limitations which will determine the possibilities to produce some shapes and the design of the part.

The following disadvantages may, however, be avoided :

- ❑ *Difficulty of placing the Twintex®,*
- ❑ *Loss of time, involving a reduction of productivity and an increase in labour,*
- ❑ *Poor part consistency,*
- ❑ *Bad influence on the surface appearance of the part in these zones.*

I.1. Geometry.

- ❑ *The thickness of parts produced may go from 2 mm to 4 mm. Local variations may be present. However, the placing of the Twintex® and of any other materials (wood, PU foam, ...) will penalise the cycle time. Moreover, temperature control in these zones will be necessary in order to ensure a homogeneous consolidation of the composite structure.*
- ❑ *The maximum part dimensions depend on the complexity of the part, and of the possibility of tooling design. Composite moulds is one possibility to produce a vacuum moulded part of about 6 to 7 m² area.*
- ❑ *Sharp angles are not permitted, and must be replaced by a curve of radius at least 5 mm, on the interior face of a 3 mm thick part. Within this zone, it is difficult to obtain a homogeneous material, and the outside of the angle consists only of resin, which results in mechanical weakening. Moreover, in the case of sharp angles, the resin is not able to fill the impression in the mould, creating a lack of material necessitating reworking after moulding.*

1.2. 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°.

Les contre dépouilles peuvent être envisagées à condition d'intégrer des éléments mobiles lors de la conception du moule. Dans ce cas, l'étanchéité du moule sera à vérifier. Sinon, le procédé de moulage à la baudruche permet aussi la réalisation de pièces creuses (3 D) avec des contres dépouilles (canoë, mâts,...).

1.3. Nervures.

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

1.4. Inserts.

Les inserts utilisables doivent avoir une température de fusion supérieure à 210°C-220°C.

Les rayons de raccordement devront respecter les règles citées ci-dessus afin d'assurer une parfaite adhésion avec le matériau Twintex®.

Cette adhésion pourra être mécanique, en préparant la surface de l'insert (sablage,...). Sinon, un film d'interface peut être utilisé pour réaliser l'adhésion entre le Twintex® et un matériau de type bois, nid d'abeilles aluminium, etc...

1.5. Ouvertures, trous.

Les ouvertures de grandes dimensions sont réalisables (supérieure à 10 cm² environ).

Par contre pour des ouvertures plus petites un usinage des pièces sera nécessaire.

1.6. Aspect de surface.

Le moulage du matériaux Twintex® a lieu dans une moitié de moule. La pièce fabriquée aura alors une seule face d'aspect qui sera le reflet de la surface du moule.

Toutefois afin d'éviter le marquage des

1.2. Draft.

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

Undercuts may be accommodated provided that removable elements are incorporated into the tool design. In this case, proper sealing of the mould will need to be verified. If not, the process of bladder moulding also allows the production of 3-D hollow parts with undercuts (canoes, masts,...).

1.3. Ribs.

Ribs are not possible, because the material does not flow.

1.4. Inserts.

Usable inserts must have a melting temperature higher than 210 – 220 °C.

Radius of curvature should comply with the rules stated above in order to ensure a perfect adhesion with the Twintex® material.

This adhesion may be mechanical, in preparing the surface of the insert (sanding,...). If not, an interfacial film may be used to give a bond between the Twintex® and a type of material such as wood, aluminium honeycomb, etc...

1.5. Openings, holes.

Large openings are possible (above about 10 cm²).

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

1.6. Surface appearance.

The moulding of Twintex® material takes place in one half of the mould. The produced part will therefore only have one face with a finish which reflects the surface of the mould.



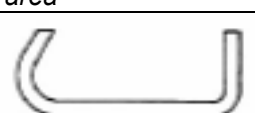
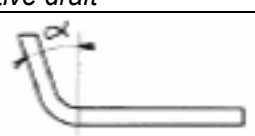



In all cases, to avoid fibre pattern on the

fibres en surface, un tissu Twintex® de faible grammage doit être utilisé en premier. La structure de la couche de surface peut être modifiée en déposant un gel-coat avant l'opération de moulage sous vide. L'ajout d'un gel-coat diminue la productivité en augmentant le temps occupation moule.


surface, a low area weight Twintex® fabric should be used in the first layer. The structure of the surface layer may be modified by applying a gel coat before the vacuum moulding operation. The addition of a gel coat reduces the productivity by increasing the occupation time of the mould.

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

Table 1 : General principles for moulded part design made by Twintex® vacuum processing.

	Remarques	Remarks
 Rayon minimal intérieur <i>Minimum inner radius</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 5 mm. - Epaisseur pièces = 3-4 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> - 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>	Oui. - Si présence d'éléments mobiles dans le moule.	Yes. - <i>If the tool is designed with removable elements.</i>
 Angle de dépouille <i>Draft angle</i>	> 3° pour une pièce profondeur de pièce de 80 mm.	> 3° for a part depth of 80 mm.
 Epaisseurs <i>Thickness</i>	De 1,5 mm à 10 mm.	<i>From 1,5 mm to 20 mm.</i>
 Variations de forme <i>Shape change</i>	Simple.	<i>Simple.</i>
 Inserts <i>Cores</i>	Possible.	<i>Possible.</i>



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

I.7. Positionnement technico-économique.

Ce procédé est adapté pour la production de petite et moyenne série, (1 à 30 pièces/ jour) soit 1 100 à 33 000 pièces sur 5 ans.

Ceci est en grande partie dû à la faiblesse relative des investissements qui peuvent évoluer en fonction de la série.

En effet le choix du moule, de sa matière, de sa conception déterminera aussi sa durée de vie.

Indépendamment des critères techniques, on aura intérêt à optimiser ce choix, donc à bien connaître la série à réaliser et la production journalière.

I.7.1. Comparatifs procédé / matière.

Plusieurs procédés sont en concurrence, le choix de la technologie de production peut être fait sur des critères techniques, sur la série à réaliser, et sur l'importance de l'investissement à réaliser.

Tableau 2 : Comparaison procédés petite et moyenne série.

	Contact / Projection <i>Contact / Spray up</i>	RTM light	RTM	Moulage sous vide du Twintex® <i>Twintex® Vacuum moulding</i>
Production (16 heures) <i>Rate (16 hours)</i>	1 à 15 pièces / jour. <i>1 to 15 parts / day.</i>	5 à 15 pièces / jours. <i>5 to 15 parts / day.</i>	15 à 40 pièces/ jour. <i>15 to 40 parts/ day.</i>	1 à 30 pièces /jour. <i>1 to 30 parts / day.</i>
Investissements machines <i>Machine investments</i>	Pinceau , rouleaux dé bulleurs. Machine et cabine de projection. Machine Gel-coat. <i>Brush, rolls for removing air bubbles Spray up machine and spray booth. Gel coating machine.</i>	Pompe à vide, machines d'injection et de gel-coat, porte moule. <i>Vacuum Pump, injection & gel coat machines, tool handling system.</i>	Thermo-régulateur, machines d'injection, de gel-coat et de préformage, porte moule. <i>Heat controllers, injection, preforming and gel-coat machines, tool handling device.</i>	Pompe à vide, système de chauffage (étuve, autoclave, thermo-régulateur,...). Consommables (films, membranes silicone). <i>Vacuum pump, heating system (oven, autoclave, heat controllers,...). Consumables (films, silicone membrane).</i>
Investissement moule	Moule composite : UP résines.	Moule et peau composite : résine	Moule composite (résines UP, époxy),	Moule composite (résines époxy,

I.7. Technico-economic approach.

This process is suitable for small and medium production rates, (1 to 30 parts/ day), that is 1100 to 33 000 parts over 5 years.

This is in large part due to the relatively low investments, which may change according to the volumes.

In effect, the choice of mould, its material and design, will also determine its life.

Independently of the technical criteria, in order to optimise the choice, the volume requirement and daily production rate must be well known.

I.7.1. Process / material comparisons.

Several processes are in competition, the choice of production technique can be made on technical criteria, on the volume requirement, and on the size of the investment to be made.

Table 2 : Low and medium volume process comparison.

<i>Tool investment</i>	Matrice ou poinçon. <i>Composite tool : UP resins. Male or female tool.</i>	UP. Matrice et poinçon. <i>Composite tool and skin : UP resin. Male & female tool.</i>	aluminium (coulé, usiné) Nickel électroformé. Matrice et poinçon. <i>Composite (UP or Epoxy resin) or aluminium (cast, machined), or Nickel electroformed skin. Male and female tool.</i>	céramique), aluminium coulé, Nickel électroformé, tôle mécano-soudée. Matrice <u>ou</u> poinçon. <i>Composite (Epoxy, ceramic resins) or cast aluminium, or Nickel electroformed skin or welded metal sheet. Male <u>or</u> female tool.</i>
Renfort Reinforcement	Mât fils coupés. Tissu – roving. Roving projection. Complexes. <i>Chopped strand mat. Fabrics – roving. Spray up roving. Complexes.</i>	Complexes : Rovicore® ou Multimat or Unifilo®. <i>Complexes : Rovicore® or Multimat. or Unifilo® mat.</i>	Complexes : Rovicore® ou Multimat or Unifilo®. <i>Complexes : Rovicore® or Multimat. or Unifilo® mat.</i>	Tissu Twintex® ou Twintex®.multiaxial <i>Twintex® Fabrics or multiaxial Twintex®.</i>
Propriétés mécaniques <i>Mechanical properties</i>	Taux de verre en poids (<i>glass weight content</i>) : 25 à 35%. E # 6 000 to 10 000 Mpa. σ_{Flex} # 150 Mpa.	Taux de verre en poids (<i>glass weight content</i>) : 25 à 35%. E # 6 000 to 10 000 Mpa. σ_{Flex} # 150 Mpa.	Taux de verre en poids (<i>glass weight content</i>): 25 à 35%. E # 6 000 to 10 000 Mpa. σ_{Flex} # 150 Mpa.	Taux de verre en poids (<i>glass weight content</i>) : 60%. E # 12 500 Mpa. σ_{Flex} # 300 Mpa.
Dimensions <i>Dimensions</i>	Pas de limite. 2 à 20 mm d'épais. Pas de limitations de formes. No limit. 2 to 20 mm thick No shape limitations	Pièce de grande dimensions. 1 à 10 mm d'épais. Large dimension parts. 1 to 10 mm thick. Sandwich construction.	Pièce de grande dimensions. 1 à 10 mm d'épais. Construction sandwich. Large dimension parts. 1 to 10 mm thick. Sandwich construction.	Pièce de grande dimensions 1 à 10 mm d'épais Construction sandwich. Large dimension parts. 1 to 10 mm thick. Sandwich construction.
Avantages <i>Advantages</i>	Faibles investissements. Coût matière faible. <i>Low investments. Material cost lower.</i>	Faible taux de vide Contrôle de l'épaisseur du laminé. Procédé propre. <i>Low void content Control of laminate thickness. Clean process</i>	Contrôle de l'épaisseur du laminé. Procédé propre. Temps de cycle. <i>Control of laminate thickness. Clean process. Cycle time.</i>	Faible taux de vide. Contrôle du taux de fibres en volume. Contrôle de l'épaisseur du laminé. Procédé propre. <i>Low void content. Control of fibre volume fraction. Control of laminate</i>

				<i>thickness. Clean process.</i>
Inconvénients	Prix main d'œuvre (personnel qualifié). Taux de vide élevé. Faible contrôle de l'épaisseur. Emission de styrène. Stockage matière chimique. Manipulation de verre. Contrôle du taux de fibres en volume.	Emission de styrène (faible). Stockage matière chimique. Manipulation de verre. Contrôle du taux de fibres en volume.	Investissement machines. Emission de styrène (faible). Stockage matière chimique. Manipulation de verre. Contrôle du taux de fibres en volume.	Une seule face d'aspect. Coût matière plus élevé. Consommables (films, membrane silicone).
<i>Disadvantages</i>	<i>Labour cost (Skilled people). Higher void content. Poor control of laminate thickness. Styrene emission. Chemical product storage. Dry glass handling. Control of fibre volume fraction.</i>	<i>Styrene emission (low). Chemical product storage. Dry glass handling. Control of fibre volume fraction.</i>	<i>Machines investments. Styrene emission (low) Chemical product storage. Dry glass handling. Control of fibre volume fraction.</i>	<i>One finished surface. Material cost higher. Consumables (films, silicone membrane.)</i>

I.7.2. Séries.

Le graphique figure 1 met en évidence que le temps occupation machine conditionne le prix final de la pièce produite.

Un investissement de plusieurs moules pour le procédé de moulage sous vide, permettra de réduire ce temps d'occupation machine et aussi le prix final de la pièce.

Ce graphique montre aussi que pour des faibles séries le moulage sous vide du Twintex® est aussi intéressant que le RTM light. Pour des séries de 12 000 à 15 000 pièces sur 5 ans, ce procédé est aussi intéressant que le RTM classique.

Fig.1 : Variations indicielles du coût de production d'une pièce pour une série de 5 ans.

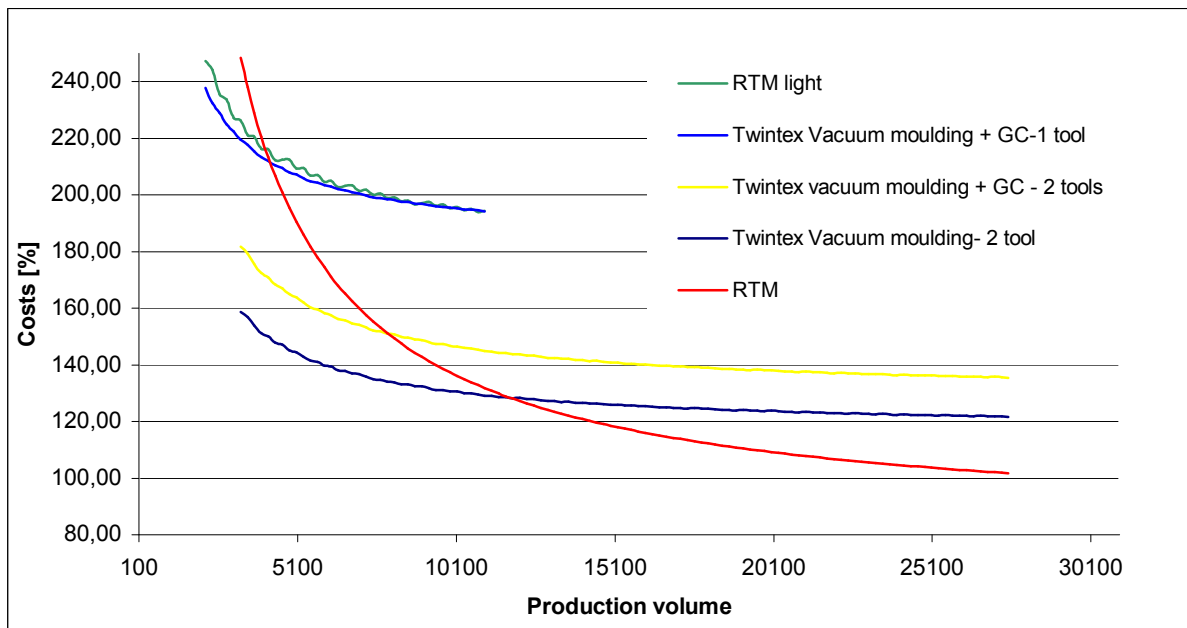
I.7.2. Production rates.

Figure 1 shows that the machine occupation time determines the cost of the final produced part.

An investment of several moulds for the vacuum moulding process will permit a reduction in the machine occupation time and also the final cost of the part.

The figure also shows that for low production rates, Twintex® vacuum moulding is also competitive with RTM light. For rates of 12 000 to 15 000 parts over 5 years, this process is also competitive with standard RTM.

Fig.1 : Cost variations for the production of a part over 5 years.



II - Les moules pour le moulage sous vide. *II – Vacuum moulding tools.*

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, et le temps de cycle.

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

On distingue cinq grands groupes de moules :

- Les moules composites Epoxy haute température.
- Les moules composites à matrice céramique.
- Les moules avec peau électroformée.
- Les moules Aluminium.
- Les moules mécano soudés.

II.1. Les moules pour les procédés au film, sac et membrane.

Les moules utilisés sont constitués d'une matrice ou d'un poinçon dans le cas des procédés de moulage sous vide au sac, au film ou à la membrane silicone.

Les pièces obtenues à partir d'un moule auront une seule face d'aspect (coté moule) et une face brute de moulage (côté système de mise sous vide).

II.1.1. Les moules composites Epoxy.

Ces moules sont construits à partir d'un modèle représentant la forme de la pièce, et une plage périphérique afin de permettre la pose du film sous vide ou de la membrane.

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 :**

On peut estimer les dimensions maximales raisonnablement à celles correspondant à une surface de 6 à 7 m².

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.

There are five general types of mould:

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

II.1. Tools for film, membrane and bag moulding.

In the cases of vacuum moulding with films, a bag or a membrane, the moulds used consist of a cavity or a punch.

Parts obtained from the mould will have only one smooth face (the mould side) and one rough moulded face (the vacuum side).

II.1.1. Epoxy composite moulds.

The moulds are constructed from a model representing the shape of the part, and a peripheral flange to form a vacuum seal with the film or membrane.

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 :**

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

L'épaisseur du moule doit être au maximum de 5 mm afin de diminuer l'inertie thermique.

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

□ **Aspect de surface :**

Il est le reflet de l'aspect de surface du modèle. Toutefois une réalisation hâtive, entraînant un déséquilibre de la structure ou un retrait différentiel, pourrait le dégrader.

□ **Surface finish :**

This will reflect the mould surface finish. Always, hurried production, resulting in an imbalanced structure or differential shrinkage, may degrade it.

L'utilisation d'un gel coat sur la surface du moule n'est pas recommandée. Des fissures apparaîtront tôt ou tard. Un bon aspect peut être obtenu sans l'utilisation d'un gel coat.

The use of gel coat on tool surfaces is not recommended for this technology. Cracking will inevitably occur sooner or later. A good surface finish can be achieved without resorting to a gel coat.

□ **Résines et renforts utilisés :**

Les résines utilisées dépendent des températures de fonctionnement de l'outillage. Pour notre procédé, des résines époxyes 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 de résines. Une polymérisation du système époxy dans un autoclave permettra d'accroître la longévité du moule.

□ **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 suppliers. Curing of an epoxy system in an autoclave will permit an increase in the longevity of the mould.

Le renforcement de la résine par de la fibre de verre 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.

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.

On trouve 3 types de renforts principalement utilisés :

3 types of reinforcement are generally used :

- 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.

- *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.*

Le pourcentage de verre en poids ne devra pas être inférieur à 33% pour le

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

mat et 50 % pour le tissu.

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.

for the fabric.

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.

Tableau 3 : Epaisseurs des structures obtenues avec chaque type de renfort.

Table 3 : 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.

□ **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. 2 : Moule composite :
Principe de fabrication d'une matrice.



Agent de démoulage.

External release agent.



Polymérisation.

Curing.



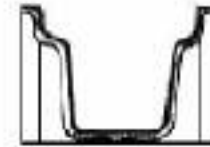
Démoulage.

Demoulding.



Stratification.

Laminating.



Moule matrice.

Female tool.

Avantage :

Coût d'outillage faible.

Inconvénients :

Cadence faible.
Surface fragile.
Faible conductivité thermique.

Moules composites autonomes :

Cette option permet d'éviter d'utiliser une étuve pour chauffer l'ensemble. Le chauffage se fait par circulation d'huile dans un serpentin noyé dans un béton époxy haute température. Une autre solution peut être un dispositif de résistances électriques noyées dans un béton époxy haute température.

Cela complique la conception et la réalisation de l'outillage. Etant donné la faible durée de vie de ces moules, cette option doit être validée techniquement et économiquement par rapport à un dispositif standard pour ce procédé

Avantage :

Low tooling cost.

Disadvantages :

*Low productivity.
Fragile surface.
Low thermal conductivity.*

Heated composite moulds :

This option avoids the need of an oven to heat the assembly. Heating is achieved by the circulation of oil through a coil embedded in a high temperature epoxy cement. Another possibility may be a mechanism of electrical heaters embedded in a high temperature epoxy cement.

This complicates the design and manufacture of the tooling. Given the short life of these tools, this option must be technically and economically validated against the standard option for this process (mould & oven).

(moule & étuve).

❑ **Fournisseurs potentiels / Potential suppliers :**

Corima Modelage (Fabricant)

Advanced Composites Group (Fabricant, formation, fournisseur de prepegs)

Aerovac

Vantico Adhesives & Tooling (Fabricant de résines : S 47-DTX)

Airtech :

1. Tooling Materials

a. Wet lay up Epoxy Resin, Toolmaster® TMR2001 A&B

b. Resin Infusion Resin, Toolfusion®1 & Toolfusion®2

c. Graphite Toolmaster® LTC G1400 & G1600 Pre-preg Tooling for 202°C

d. Fibreglass Toolmaster® LTC F5500 & F5600 Pre-preg Tooling for 202°C

e. Graphite Toolmaster® CEP-G3 & CEP-G12 Pre-preg Tooling for 232°C

f. Fibreglass Toolmaster® CEP-F7500 & CEP-F7549 Pre-preg Tooling for 232°C

II.1.2. Les moules à matrice céramiques.

Ces moules sont construits à partir d'un modèle représentant la forme de la pièce, et une plage périphérique afin de permettre la pose du film sous vide ou de la membrane.

Le moule ainsi obtenu est constitué d'une couche superficielle (gel coat céramique) de grande dureté reproduisant avec fidélité l'état de surface du modèle. Ensuite l'épaisseur donnant la rigidité de l'ensemble est obtenue en stratifiant un pré-imprégné constitué de fibres de verre et de résine céramique. Le moule est conçu de façon à avoir une rigidité maximale. Le moule ainsi obtenu a une résistance thermique avoisinant les 400°C en continu.

❑ **Dimensions :**

Les dimensions maximales réalisables sont d'environ 20 m². L'épaisseur du moule, selon sa taille, peut aller de 4 à 10 mm. Toutefois l'épaisseur doit être la plus faible possible afin de minimiser l'inertie thermique du moule.

❑ **Aspect de surface.**

Il reproduit avec fidélité l'état de surface du modèle. L'épaisseur du gel coat est d'environ 1 mm. Il doit avoir les mêmes retrait et coefficient de dilatation que le produit de stratification afin d'éviter toute fissuration du moule.

❑ **Produit de stratification.**

II.1.2. Ceramic matrix tool.

These moulds are constructed from a model representing the shape of the part, and a peripheral flange to form a vacuum seal with the film or membrane.

The structure of the mould includes a layer of gel coat with a high abrasion resistance. This will reflect the mould surface finish. The thickness giving stiffness of the mould is given by laminating prepreg made of glass fibres reinforced with a ceramic resin. The mould is developed to get a maximum stiffness. This mould has a heat resistance close to 400°C continuously.

❑ **Dimensions :**

The maximum dimensions may be estimated to correspond to an area of 20 m². The thickness of the mould, depends on the size, can be between 5 and 10 mm. But the thickness has to be the lowest for decreasing the thermal inertia.

❑ **Surface finish.**

This will reflect the mould surface finish. The required gel coat thickness is about 1 mm. Its shrinkage and its thermal expansion coefficient of the gel coat have to be the same than the composite to avoid cracks.

❑ **Resins and reinforcements used.**

Le produit de stratification est constitué de fibres de verre, en général de type tissu à armature plane à 500 g/m², imprégné de résine céramique. Le pourcentage de résine est d'environ 50%. Ce pré-imprégné est stocké à -20°C, avec une durée d'utilisation d'au moins 6 mois.

Afin d'obtenir des caractéristiques optimales, il est recommandé de suivre scrupuleusement les instructions d'applications données par le fournisseur. L'utilisation de fibres de verre permet de renforcer la résine et d'éviter tout retrait et toute déformation du moule.

□ **Principe de fabrication.**

A partir d'un modèle on réalise la matrice du moule en composite (polyester ou époxy) résistant à 70°C. La fabrication du moule en CMC se déroule de la façon suivante :

Fig. 3 : Principe.



Application de l'agent de démoulage.
Application of the release agent.



Application et dosage du gel coat.
Application of the gel coat.



Dé-bullage du gel coat.
Out gazing of the gel coat.



Stratification de la structure.
Laminating of the structure.



Préparation de la bâche à vide.
Preparation of the vacuum bag.



Réalisation de la bâche à vide.
Making the vacuum bag.

The laminate layers are made with glass fibres, generally fabric of a flat structure of 500 g/m², impregnated with ceramic matrix. The percentage of resin is about 50 % by weight. This prepreg is stored at -20°C, and its life time at this temperature is about 6 months.

To get optimum characteristics, it is recommended to follow strictly the using instructions given by the supplier.

The using of glass fibres reinforces the ceramic resin, limits the shrinkage and ensures the dimensional stability of the assembly.

□ **Construction principle.**

Generally from one model, we make a mould cavity made with composite (polyester or epoxy) resisting at 70°C. The construction of the ceramic mould is as following:

Fig. 3 : Principe.



- Séchage 12 heures à 90°C.
- Application d'un bouche pores spécifique.
- Application d'un agent démoulant.

- *Drying at 90 °C while 12 hours.*
- *Application of a sealer.*
- *Application of a release agent.*

Cuisson à 60-70°C dans une étuve ventilée. Démoulage.

Curing at 60-70°C in a ventiled oven. Demoulding.

□ **Caractéristiques du moule en CMC :**

- Réalisation de moules de grandes dimensions.
- Réalisation de moules de formes complexes.
- Coût faible.
- Savoir faire similaire à l'utilisation de résines organiques.
- Moule résistant jusqu'à 400°C (possibilité de mouler différents type de thermoplastiques).
- Retrait inférieur à 0.1%.
- Coefficient de dilatation : environ 5.10^{-6} .
- Possibilité de traiter le moule avec un PTFE (revêtement démoulant) à 400°C

□ **Characteristics of ceramic moulds :**

- *Possibility to make large size moulds.*
- *Possibility to make moulds with special shape.*
- *Low cost.*
- *Same know-how than organic resin.*
- *Heat resistance until 400°C (possibility to mould different kind of thermoplastics).*
- *Shrinkage lower than 0.1%.*
- *Thermal expansion coefficient about : $5.10E-6$.*
- *Possibility to treat the mould with PTFE (release agent) at 400°C.*

□ **Fournisseur potentiels / Potential supplier:**

Pyromeral SAS (Producteur)

II.1.3. Les moules avec peau électroformée nickel.

Ces moules doivent avoir une plage périphérique autour de l'empreinte de la pièce qui sera réalisée pour pouvoir mouler sous vide au film ou à la membrane.

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

□ **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.

Les emboutis profonds sont réalisables en ce qui concerne le moule matrice (le métal est déposé sur un moule mâle).

L'épaisseur de l'électroforme n'est pas limitée. Le dépôt de métal est de 0.02 mm/heure.

Pour notre technologie de moulage, une épaisseur de 4 mm sera requise.

II.1.3. Nickel electroformed tools.

These moulds must have a peripheral flange all around the impression of the part to be produced so that it can be moulded under a film or a membrane.

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

□ **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.

Deep draw features may be incorporated into a cavity mould (the metal is deposited onto a male plug).

The thickness of electroforming is not limited. The metal deposition rate is 0.02 mm/hour.

For our moulding technology, a thickness of 4 mm will be required.

❑ **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.

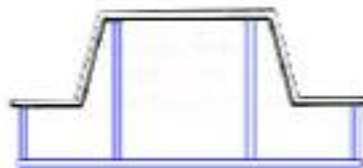
Pour la réalisation du moule, 5 étapes sont nécessaires :

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

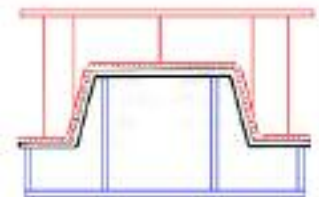
Fig 4 : Moule Nickel électro formé :
Principe de fabrication d'une matrice.



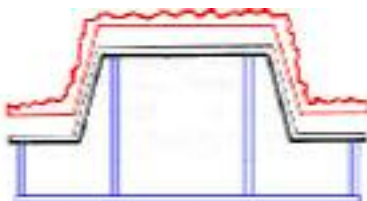
Usinage model (Epoxy).
Machined model (Epoxy).



Modèle de bain (Verre-Epoxy).
Master model (Glass – Epoxy).



Electrodéposition de Nickel.
Nickel electrodeposition.



Démoulage.



Matrice.
Female tool.

❑ **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 are necessary:

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

Fig 4 : Nickel tool electroforming :
Female tool manufacturing principle.

Demolding.

❑ **Avantages :**

Qualité de surface excellente.
Température d'utilisation supérieure à 50°C.
Durée de vie illimitée.
Bonne conductivité thermique.

❑ **Inconvénients :**

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

❑ **Moules électroformés autonomes :**

Cette option permet d'éviter d'utiliser une étuve pour chauffer l'ensemble.
Le chauffage se fait par circulation d'huile dans un serpentin fixé sous la peau de surface.

Cette option doit être validée techniquement et économiquement par rapport à un dispositif standard pour ce procédé (moule & étuve).

❑ **Fournisseurs potentiels / Potential suppliers :**

Corima Modelage (Fabricant)

Ex-Press Plastic Limited (Fabricant de moules & proposition d'un système autonome)

PPA Limited (Fabricant de moule chauffant autonome)

❑ **Advantages :**

*Excellent surface quality.
50°C higher operating temperature.
Unlimited tool life.
Good thermal conductivity.*

❑ **Disadvantages :**

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

❑ **Self heating electroformed moulds :**

*This option avoids the use of an oven to heat the assembly.
Heating is through the circulation of oil within pipes fixed under the surface skin.*

This option should be validated technically and economically against the standard system for this process (mould & oven).

II.1.4. Les moules Aluminium coulé ou usiné.

Ces moules doivent avoir une plage périphérique autour de l'empreinte de la pièce, afin de pouvoir mouler sous vide au film ou à la membrane.

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.

Dans le cas de la réalisation d'un moule par coulée d'aluminium, les surfaces obtenues peuvent être poreuses empêchant d'atteindre un vide de 0.75 à 0.9 bars de pression. Des revêtements chimiques (bouches pore) résistants à haute température (450°C) peuvent être employés pour traiter le moule afin de supprimer cette micro porosité :

II.1.4. Cast or machined aluminium tools.

These moulds must have a peripheral flange all around the impression of the part to be produced so that it can be moulded under a film or a membrane.

These moulds are obtained by the 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.

In the case of producing a mould by aluminium casting, the surfaces may be porous delaying the attainment of a vacuum of 0.75 to 0.9 bars of pressure. Some chemical sealers resistant to high temperature (450°C) may be used to treat the mould in order to overcome this micro-porosity :

Magnum Industries (Ref. MP23)

□ **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 / Potential suppliers :**

PPA Limited (Fabricant de moule chauffant autonome)

□ **Dimensions :**

*The maximum dimensions which are produced are from 2 to 3 m².
The mould thickness should be 3 to 4 mm.*

□ **Surface finish :**

Surfaces are polished and can have a very good finish.

II.1.5. Les moules en tôle chaudronnée mécano soudée.

Les moules réalisés n'ont pas de plage périphérique. Ils sont utilisés dans le cas du moulage au sac.
Ils sont utilisés pour des formes simples.

□ **Dimensions :**

Les dimensions maximales réalisables sont de 1 à 5 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.

II.1.5. Welded sheet metal tools.

*The moulds produced from sheet steel do not have a peripheral flange. They are used for bag moulding.
They are used for simple shapes.*

□ **Dimensions :**

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

□ **Surface finish :**

Surfaces are polished and may have a very good finish.

II.2. Comparaison des différents moules.

II.2.1. Temps de cycle.

Le temps de cycle de montée au voisinage de 200°C et de descente vers 50°C sera fonction du matériau avec lequel le moule est fabriqué, de l'épaisseur, et du système de chauffage.
Pour les systèmes les plus optimisés le temps total de chauffage et de refroidissement de la pièce est de 30 mn, pour 3 mm de Twintex®.

Afin de favoriser les transferts thermiques,

II.2. Tool comparison.

II.2.1 Cycle Time.

The cycle time from rising to close to 200 °C and descending towards 50 °C will depend on the material from which the mould is produced, the thickness and the heating system.

For the most optimized systems, the total time for heating and cooling of the part is from 30 minutes, for 3 mm of Twintex®.

In order to facilitate heat transfer, thickness

des épaisseurs de 5 à 7 mm sont requises. Les moules peuvent être chauffés au moyen d'une étuve ou bien par un système de chauffage intégré dans le moule (fluide caloporteur, résistances électriques,...).

from 5 to 7 mm are required. The moulds may be heated by means of an oven or even by a heating system integrated within the mould (heat transfer fluid, electrical heaters,...).

II.2.2. Tableau de synthèse.

La complexité des pièces, la série à réaliser, la durée de vie des moules, les coûts de réalisation, les temps de cycle de moulage sont les paramètres importants pour le coût final des pièces moulées.

II.2.2. Summary.

The complexity of the parts, the number to be produced, the life time of the moulds, the production costs and the moulding cycle time are the important parameters for the final cost of the moulded parts.

Tableau 4 : Caractéristiques principales des moules.

Table 4 : Main tool features.

Matériaux. <i>Materials.</i>	Stratification Verre/Epoxy. Verre/céramique <i>Laminated Glass/Epoxy. Glass/Céramic</i>	Prepregs Verre/Epoxy Verre /Céramique <i>Glass/Epoxy Glass/Ceramic Prepregs.</i>	Tôle chaudronnée-mécano soudée. <i>Welded sheet metal.</i>	Aluminium coulé ou usiné. <i>Cast or machined aluminium alloy.</i>	Peau Nickel électroformé. <i>Electroformed nickel skin.</i>
Taille limitée par : <i>Size limited by :</i>	Autoclave – Four. <i>Autoclave – Oven.</i>	Autoclave – Four. <i>Autoclave – Oven.</i>	Installation d'usinage. <i>Machining facilities.</i>	Installation d'usinage ou de coulé. <i>Machining or casting facilities.</i>	Bac de galvanoplastie. <i>Galvanoplasting tank.</i>
Etat de surface. <i>Surface finish.</i>	Avec ou sans gel-coat. Dépend de la qualité du modèle. <i>With or without gel-coat. Depends on model quality.</i>	Avec ou sans gel-coat. Dépend de la qualité du modèle. <i>With or without gel-coat. Depends on model quality.</i>	Qualité moyenne. <i>Medium quality.</i>	Surface polie. <i>Polished surface.</i>	Dépend de la qualité du modèle. <i>Depending of model quality.</i>
C.T.E. (mm/mm/°C).	14.2*10 ⁻⁶	14.2*10 ⁻⁶ Glass/Epoxy 5*10 ⁻⁶ Glass/Ceramic	12.&*10 ⁻⁶	22.5 10 ⁻⁶	13.3 10 ⁻⁶
Durée de vie (pièces). <i>Tool durability (parts).</i>	1 000 à/to 3 000.	1 000 à / to 3 000.	5000 à / to 10 000.	5 000 à / to 30 000	50 000 à / to 100 000.
Amortissement série. <i>Production rates.</i>	Petite série (5 à 10 pièces/jour). <i>Low rate(5 to 10 parts/day).</i>	Petite série (5 à 10 pièces/jour). <i>Low rate (5 to 10 parts/day).</i>	Petite série (5 à 10 pièces/jour). <i>Low rate (5 to 10 parts/day).</i>	Moyenne série (15 à 20 pièces/jour). <i>Medium rate (15 to 20 parts/day).</i>	Moyenne série (15 à 20 pièces/jour). <i>Medium rate (15 to 20 parts/day).</i>
Prix [%]. <i>Cost [%].</i>	15	20 - 30	30 - 40	40 - 60	80 - 100
Procédé. <i>Process.</i>	Film, membrane.	Film, membrane.	Sac. <i>Bag.</i>	Film, membrane.	Film, membrane.
Forme des pièces.	Simple – moyenne.	Simple – moyenne.	Simple.	Toutes formes.	Toutes formes.

<i>Shape of part</i>	<i>Planar – medium.</i>	<i>Planar – medium.</i>	<i>Planar.</i>	<i>All shapes.</i>	<i>All shapes.</i>
Remarques.	Conductivité thermique faible.	Conductivité thermique faible.	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 possibility 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>

III– L'outillage.

Le procédé consiste à draper un renfort textile composite thermoplastique dans une moitié de moule. La pièce à réaliser est ensuite mise sous vide par l'intermédiaire d'un dispositif d'étanchéité (films et/ou membrane) associé à une pompe. Le moule sous vide est ensuite chauffé au voisinage de la température de fusion de la matrice afin d'imprégner le renfort. Le démoulage sera réalisé après avoir refroidi le moule sous vide vers une température proche de 50°C.

III.1. Le système de chauffage.

Il existe plusieurs solutions afin de chauffer un outillage sous vide. Il est important d'avoir un chauffage homogène en tous points de la pièce de façon à éviter des problèmes de consolidation de la structure.

Généralement ces systèmes (étuves, autoclaves ou moules autonomes) sont choisis en fonction de la dimension des pièces à réaliser.

III.1.1. Les étuves.

C'est le dispositif qui permet de réaliser des pièces de grandes dimensions (mâts de drapeaux, coques de bateaux,...).

Le système de chauffage installé doit permettre de monter au delà de 250 °C.

L'investissement pour ce dispositif est relativement élevé; cependant cela permet de mouler tous types de pièces et surtout de travailler dans un environnement propre.

III– Tooling.

The process consists of draping a reinforced thermoplastic composite textile over one half of a mould. The part is then put under vacuum using a sealing system (films and/or membrane) and a pump. The evacuated mould is then heated close to the melting temperature of the matrice to impregnate the reinforcement. Demoulding is carried out after cooling the evacuated mould to about 50 °C.

III.1. Heating system.

Several possibilities exist to heat the evacuated tool. It is important to have even heating at all points on the part to avoid problems of consolidation of the structure.

Generally, the heating system (ovens, autoclaves or heated moulds) is chosen according to the size of the part to be produced.

III.1.1. Oven.

This method allows the production of large dimension parts (flagpoles, boat hulls,...).

The installed heating system should allow a temperature rise up to 250 °C.

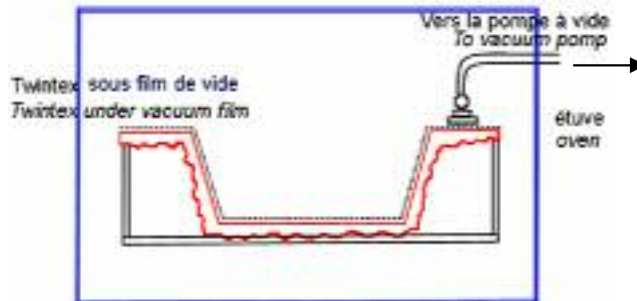
The investment for such a system is relatively high; however, it does allow all types of part to be moulded and, above all, to work in a clean environment.

- Fournisseurs potentiels / *Potential suppliers* :

RDM Industriala Services Ltd.

Fig. 5 : Principe du moulage sous vide dans une étuve.

Fig. 5 : The principle of vacuum moulding in an oven .



III.1.2. Les autoclaves.

III.1.2. Autoclave.

L'autoclave est une enceinte chauffée et sous pression. L'autoclave est similaire à une étuve excepté le fait qu'une pression de 7 bars (100Psi) est appliquée sur la pièce dans l'enceinte chauffée.

An autoclave is a large, heated, pressure vessel. The autoclave is similar to the oven except for the fact that an additional external pressure of 7 bars (100Psi) is applied to the part in the heated vessels.

La pression extérieure généralement appliquée sur la pièce est comprise entre 3.5 bars (50 Psi) et 7 bars (100 Psi). Ce dispositif par rapport à une étuve permet la fabrication de structures composites de grande qualité avec un contrôle de l'épaisseur et minimum de taux de vide.

The external pressure applied on the part may be from 3.5 bars (50Psi) to 7 bars (100 Psi).

Naturellement l'investissement pour un tel équipement sera plus important et les temps de cycle plus longs.

This device allows the production of composites structures of high quality with minimum void content, and control of part thickness is much better than that achieved when using an oven.

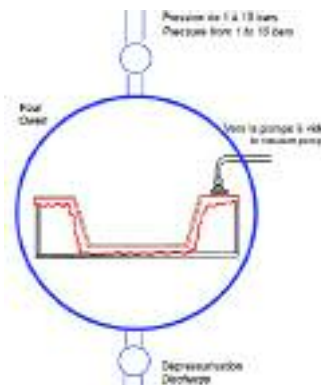
Cette technique garantit la fabrication de pièces composites reproductibles de très haute qualité.

Naturally the capital costs are higher, and the output relatively low.

This method is used for manufacturing and guaranteeing high quality composite parts with good reproducibility.

Fig. 6 : Principe du moulage sous vide dans un autoclave.

Fig. 6 : Principle of vacuum moulding in an autoclave.



III.1.3. Les systèmes autonomes.

III.1.3. Heated tools.

Cette option permet d'éviter d'utiliser une enceinte chauffée. Ainsi lors de la fabrication du moule un système de chauffage peut être ajouté à celui-ci.

Le chauffage peut se faire par circulation d'huile dans un serpentin fixé sous la peau de surface ou bien par un dispositif électrique permettant d'apporter les calories nécessaires.

Cette option doit être validée techniquement et économiquement par rapport à un dispositif standard pour ce procédé (moule & étuve). Les coûts de réalisation sont plus élevés que dans le cas de la réalisation d'un moule simple. Par ailleurs la durée de vie de ce type d'outillage est plus faible du fait des retraits différentiels entre les différents matériaux utilisés pour réaliser des moules autonomes.

Ces moules sont généralement conçus pour des pièces de dimension de 1 à 3 m². Il faut compter un supplément de 1524 à 2286 €/m².

Fig. 7 : Moule électrique PPA Limited.

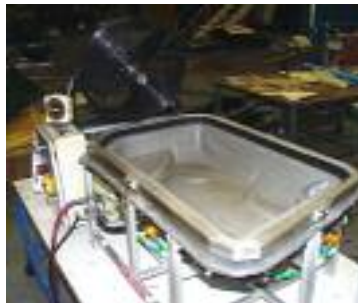
This option avoids the use of a heated enclosure. During the manufacture of the mould, a heating system may be incorporated.

The heating may be by oil circulation through a coil fixed under the surface skin or even by a electrical system which supplies sufficient energy.

This option must be technically and economically validated against the standard system for the process (mould & oven). The production costs are higher than in the case of the production of a simple mould. Moreover, the durability of this type of tooling is less due to the differential shrinkages between the different materials used to make heated moulds.

Such moulds are generally considered for parts from 1 to 3 m². It is necessary to count on a supplementary cost 1524 to 2286 €/m².

Fig. 7 : PPA Limited electric tool.



III.2. Les systèmes de vide.

L'application du vide a pour but d'exercer une pression sur la matière Twintex®. Cette action permet de donner la forme finale à la pièce tout en lui conférant une parfaite consolidation et imprégnation du renfort. La pression généralement appliquée par le vide sur la pièce est proche de 1 bar (14 Psi).

Le dispositif pour réaliser le vide est constitué d'une pompe à vide connectée à la pièce au moyen d'une prise de vide fixée sur le dispositif d'étanchéité (film de vide, membrane).

Les caractéristiques des pompes à vide

III.2. Vacuum system.

The application of vacuum is intended to exert a pressure on the Twintex® material. This action gives the part its final shape and confers on it a perfect consolidation and impregnation of the reinforcement. The pressure generally applied by the vacuum is closed to 1 bar (14 psi).

The method to produce the vacuum consists of a vacuum pump connected to the part by means of a vacuum plug fixed to the sealing system (vacuum film, membrane).

The vacuum pump characteristics used (output, vacuum tank) will depend on the

utilisées (débit, réservoir tampon) dépendront des dimensions des pièces moulées (volume de vide à tirer) ainsi que de la série de pièces à mouler par jour.

Les installations de vide peuvent être une simple pompe à vide ou bien une centrale de vide constituée d'une pompe à vide associée à un réservoir tampon appelé ballon. Avec une centrale de vide plusieurs moules peuvent être connectés, la productivité est alors augmentée.

□ **Contacts :**

Aerovac
Diatex
Vacform Composites
Airtech

size of the moulded parts (volume of vacuum to pull) as well as the number of parts to be moulded per day.

Installations may be a simple vacuum pump or even a vacuum main consisting of a vacuum pump connected to a vacuum tank, called a vacuum tank. With a vacuum main several moulds may be connected, productivity is therefore increased.

Tableau 5 : Investissements pour réalisation du vide.

Table 5 : Investment for vacuum production.

1 to 3 parts/day (1 to 2m ²).	<i>Pump : output 16 to 25 m³/hour : 1 300 to 1 500 € Vacuum plug : # 30.5 €/plug</i>
15 parts / day (1 to 2m ²).	<i>Vacuum tank : Pump: output 25 to 65 m³/hour + Vacuum tank 70 to 300 Litres : 4 100 to 5 565 €. Vacuum plug : # 30.5 €/plug.</i>
30 parts/day (1 to 2m ²).	<i>Vacuum tank : Pump: output 65 to 100 m³/hour + Vacuum tank 300 to 500 Litres : 5 565 to 6 100 €. Vacuum plug : # 30.5 €/plug.</i>

III.3. Les consommables.

Le principe du moulage au film, au sac ou à la membrane consiste à appliquer une pression exercée par le vide sur la structure composite tout en enlevant l'air compris à l'intérieur de celle-ci. Le laminé produit est alors correctement consolidé et conforme à la forme du moule. L'étanchéité est réalisée par la combinaison de différents films appelés consommables.

III.3.1. Les agents démoulants.

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 dans le cas de l'application d'un gel-coat, du type de moule (surface) et de la température de celui-ci.

III.3. Consumables.

The principle of film, bag or membrane moulding consists of applying a pressure exerted by the vacuum onto the composite structure while removing air contained within it. The laminate produced is therefore fully consolidated and conforms to the mould shape. The seal is achieved by combining different films, called consumables.

III.3.1. Release agents.

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 fait que la matrice soit du polypropylène.

La consommation de démoulant pour une production dépendra naturellement du type de démoulant et de son efficacité. En principe, 1 Litre de démoulant permet de traiter 30 à 40 m² de surface.

❑ **Nature des démoulants :**

Les démoulants utilisés peuvent être semi permanents ou bien doivent être appliqués à chaque moulage. Ce sont soit des phases aqueuses, soit des phases solvants. Les cires sont déconseillées car elles entraînent un encrassement du moule au fur et à mesure des moulages.

Les démoulants semi permanents ont une bonne efficacité sur moules composites ou moules métalliques, excepté les moules nickel électroformé. L'énergie de surface du nickel est très faible et le film de démoulant polymérisé ne peut rester accroché à la peau de nickel constituant le moule. Dans ce cas on traite le moule avec un démoulant classique à chaque pièce moulée.

❑ **Traitement des moules :**

Le traitement d'un moule avec un agent démoulant peut se faire soit à l'aide d'un chiffon ou d'un pistolet de projection.

La première fois que le moule est traité, il est conseillé d'utiliser un "surface cleaner" pour nettoyer l'outillage. Ensuite un "bouche pores" est appliqué (2 couches), apportant une protection de la surface du moule, et la préparant à recevoir un agent démoulant. Enfin, entre 2 et 4 couches de démoulant sont nécessaires pour traiter la surface.

Selon la complexité des pièces, une seule application permet un grand nombre de démoulages.

Les conditions d'application d'un démoulant doivent être respectées conformément à la fiche technique du produit afin d'assurer son efficacité.

❑ **Opération de post-moulage :**

Les opérations de post-moulage telles que la peinture, le collage et autres sont possibles. Cependant des précautions

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 the fact that the matrix is polypropylene.

The consumption of release agent in production will naturally depend on the type being used and its efficiency. In principle, 1 litre of release agent will treat an area of 30 to 40 m².

❑ **Types of release agents :**

The release agents used may be semi-permanent or otherwise should be applied for each moulding. These are aqueous or solvent based. Waxes are not recommended because they cause a gradual build up on the mould as moulding proceeds.

The semi-permanent release agents are efficient on composite or metal moulds, with the exception of electroformed nickel. The surface energy of nickel is very low and the cured release agent film is not able to remain attached to the nickel skin constituting the mould. In this case the mould is treated at each moulding with a standard release agent.

❑ **Mould treatment :**

The mould is treated with the release agent using a cloth or a spray gun.

The first time that a mould is treated, it is advised to use a surface cleaner to clean the tooling. Then a pore sealer is applied (2 coats), to protect the mould surface and to prepare it to receive the release agent. Finally, between 2 and 4 coats of release agent are necessary to treat the surface. According to the complexity of the parts, one single application will allow several demoulds.

The conditions of application of the release agent should conform to those in the technical data sheet of the product to ensure its efficiency.

❑ **Post-moulding operations :**

Post-moulding operations such as painting, bonding and so on, are possible. However, some precautions should be

doivent être prises sur certains démoulants utilisés (base silicone, base teflonée). Avant le passage en peinture, les pièces doivent être nettoyées pour éviter une pollution de la ligne de peinture.

taken when certain release agents are used (silicon or Teflon based). Before painting, the parts should be cleaned to avoid contamination of the paint line.

Tableau 6 : Démoulants et leurs caractéristiques.
Table 6 : Release agents and their main features.

Références produits <i>Product references</i>	Distributeurs. <i>Distributors.</i>	Nature du démoulant. <i>Release characteristic.</i>	Efficacité avec <i>Efficiency with</i>
CIREX 600 CIREX 660	Airetec	<i>Semi- permanent. Service temperature limit: 400°C Cloth application. High gloss surface.</i>	<i>Gel coat (Epoxy, UP) Post-moulding operations (Painting, bonding operations).</i>
PAT 808	Airetec	<i>Service temperature limit: 400°C Spray application.</i>	<i>Gel-coat (Epoxy, UP) Metallic tool, thermoplastics resins (PP, PET, PBT, PA,...) and thermoset resins (Epoxy, UP).</i>
ZYVAX composite Shield	Diatex	<i>Semi permanent. Service temperature limit: 370°C</i>	<i>Gel-coat (Epoxy, UP).</i>
FREEKOTE Aqualine C-200/C210	Dexter Scott-Bader	<i>Semi permanent. Water-based Service temperature limit: 205°C</i>	<i>Gel-coat (Epoxy, UP).</i>
Tooltec A005, Teflon coated fibreglass with adhesive Tooltec CS5, Teflon film with adhesive Release All Safelease®30, water based PTFE Release All®50	Airtech International Inc. Airtech Europe S.A. Tygavac Advanced Materials Ltd.	<i>Semi- permanent. Service temperature limit: 400°C Cloth application. High gloss surface.</i>	<i>Gel coat (Epoxy, UP) Post-moulding operations (Painting, bonding operations).</i>

III.3.2. Les films.

Le schéma ci-dessous montre une vue en coupe d'un système de mise sous vide standard.

III.3.2. Films.

The diagram below illustrates a cross section of a standard vacuum bag lay up device.

Fig. 8 : Principe de mise sous vide.

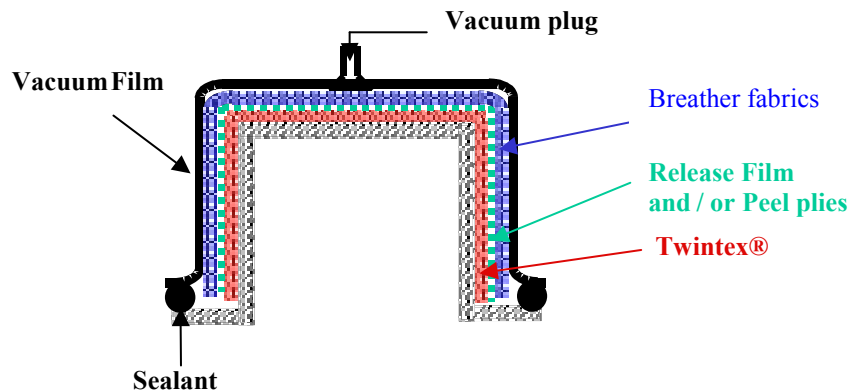


Fig. 8 : Vacuum moulding process.

Les films employés doivent avoir une température de fusion supérieure à 200°C. La durée de vie des films pour assurer la reproductibilité de moulage est d'une pièce.

Cependant selon la série de pièce à réaliser, la complexité de celles-ci ; la présence d'une plage périphérique sur le moule, la combinaison de films ou bien l'utilisation d'une membrane silicone permettent de diminuer le prix des consommables et donc le prix final de la pièce moulée.

D'après le graphique **fig. 8**, l'amortissement d'une membrane silicone pour une pièce de 1 m² est très rapide (autour de 110 pièces).

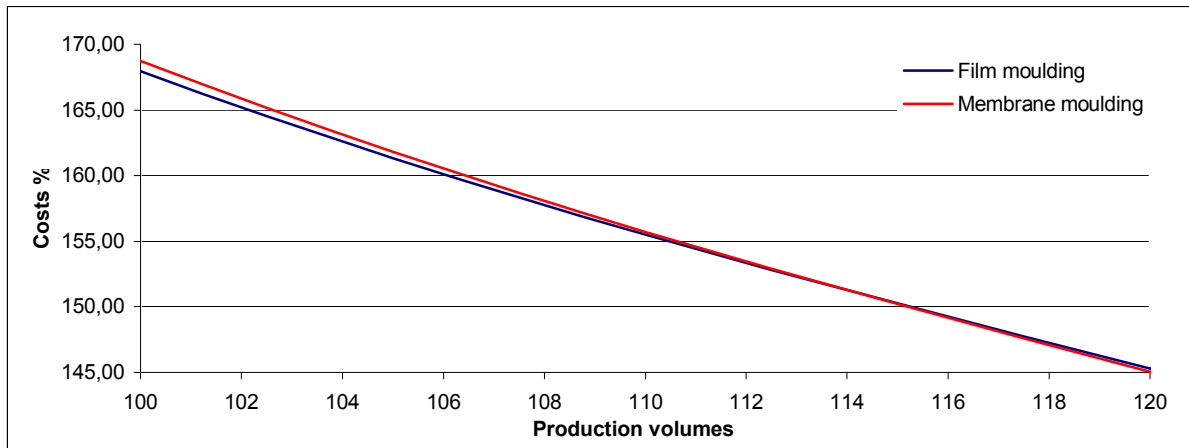
The films employed must have a melting temperature greater than 200°C. The durability of the films to ensure the moulding reproducibility is one part.

However, depending on the number of parts to be produced and their complexity; the presence of a peripheral flange around the mould, the combination of films or even the use of a silicon membrane will allow a reduction in the consumables costs, and hence the final price of the moulded part.

*The graph in **fig. 8** shows that the pay back time for a silicone membrane for a 1 m² part is very short (about 110 parts).*

Fig. 9 : Amortissement d'une membrane silicone par rapport à l'utilisation de films comme consommables.

Fig. 9 : Pay back of silicone rubber.



III.3.2.1. Les films séparateurs.

Les films séparateurs sont en contact direct avec la structure Twintex® et permettent d'éviter le collage entre le feutre répartiteur de vide et le matériau moulé. Perforés, ils permettent d'extraire l'air emprisonné au moment de la mise sous vide.

III.3.2.2. Mastics d'étanchéité.

Les joints de mise sous vide sont appliqués sur la plage périphérique du moule pour assurer l'étanchéité entre le film de mise sous vide et le moule.

III.3.2.3. Les membranes silicones.

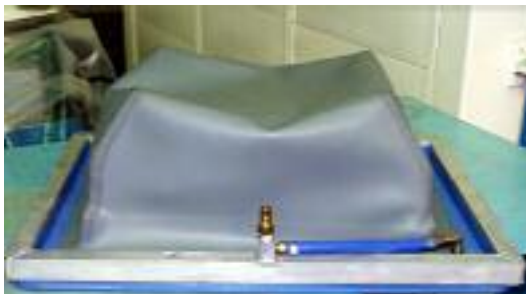
Ces membranes permettent de remplacer les sacs à vide. La possibilité d'être utilisées plusieurs fois pour réaliser le vide permet de diminuer le prix de revient des pièces moulées malgré l'investissement d'un tel dispositif.

La durée de vie des membranes est améliorée par l'ajout d'un film séparateur ou d'un tissu d'arrachage facilitant le démoulage de celles-ci.

Réalisées aux formes de la pièce, leur utilisation est fonction de la complexité géométrique des pièces à réaliser.

L'utilisation d'une membrane par rapport à un système de vide traditionnel permet aussi une diminution du temps nécessaire pour positionner le système de vide et une reproductibilité de moulage.

Fig 10 : Membrane silicone.



III.3.2.4. Les sacs à vide.

Des films Nylon souples d'épaisseur 50 à 75 µm sont utilisés pour réaliser les sacs à vide.

Le rôle des ces films est d'assurer l'étanchéité du système. Aucune fuite d'air ne doit être

III.3.2.1. Release films.

The release films are in direct contact with the Twintex® structure and prevent sticking between the breather felt and the moulded material. Perforated, it allows extraction of entrapped air when the vacuum is applied.

III.3.2.2. Sealants.

The vacuum sealants are applied onto the peripheral flange of the mould to ensure sealing between the vacuum film and the mould.

III.3.2.3. Silicone membranes.

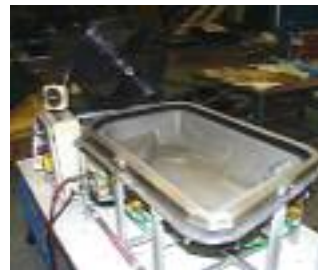
This membrane replaces the vacuum bag. The possibility to use it several times over allows a reduction in price on the moulded parts despite the initial investment of such a system.

The membrane durability is increased by the addition of a release film or a peel ply to facilitate demoulding from it.

To achieve accurately the shapes of the part, their use depends on the geometrical complexity of the parts to be produced.

The use of a membrane compared with a traditional vacuum system also allows a reduction in the time necessary to position vacuum system and the moulding reproducibility.

Fig. 10 : Silicone membrane.



III.3.2.4. Vacuum bags.

Flexible nylon films of 50 to 75 µm are used to make vacuum bags.

The role of these films is to ensure sealing of the system. No air leaks must be present when the vacuum is applied, in order to

présente tant que le vide est appliqué, afin de garantir une consolidation optimale de la pièce composite.

guarantee the optimum consolidation of the part.

III.3.2.5. Les feutres de drainage.

Les feutres de drainage dans notre cas sont des non tissés Nylon ou Nylon-PET de 100 à 300 g/m². La fonction principale de ces feutres est de drainer l'air enfermé vers les prises de vide.

Dans certains cas, l'utilisation d'un feutre ne sera pas forcément nécessaire. En effet le Twintex®, contrairement aux autres prepregs, est un tissu constitué de fibres continues de verre et de thermoplastique. Ce type de matière joue aussi le rôle de feutre de drainage quand le vide est appliqué sur la pièce jusqu'à 120°C environ.

III.3.2.6. Tissu d'arrachage.

Les tissus d'arrachage se trouvent au contact de la structure Twintex®. Leur utilisation a pour objectif d'améliorer l'aspect de surface de la face brute de moulée. De plus après arrachage, ils permettent de préparer la surface pour un collage avec d'autres matériaux. Le grammage de ces films doit être au maximum de 100 g/m².

Dans certains cas le films d'arrachage peut venir remplacer l'utilisation du film séparateur et celle du feutre de drainage.

III.3.2.7. Contacts.

Aerovac
Diatex
Vacform Composites

Airtech International Inc.
Airtech Europe S.A.
Tygavac Advanced Materials Ltd.

1. Vacuum Bagging Nylon Films for 232°C
 - a. Securelon® L2000 multilayer film
 - b. Wrightlon®8400
 - c. Ipplon®WN1500
2. Release Films for 232°C
 - a. A7300
 - b. Wrightlon®5200
 - c. MR1 and MR2
3. Sealant Tapes
 - a. GS213 – Medium Tack
 - b. AT200Y – High Tack
 - c. GS43MR – High Tack
 - d. GS213-3 – Low Tack
4. Silicone Rubbers
 - a. Airtech1050 Cured Sheet
 - b. Airtech 4140 Uncured Sheet
5. Breather Fabrics
 - a. Ultraweave®406 135g/m²
 - b. Ultraweave®606 204g/m²
 - c. Ultraweave®1032 339g/m²

III.3.2.5. Breather felts.

In our case, breather felts are non-woven nylon or nylon-PET felts from 100 to 300 g/m². The main function of these felts is to remove the enclosed air towards the vacuum plugs.

In certain cases, the use of a breather felt is not absolutely necessary. In effect, Twintex®, unlike other prepregs, is a fabric made up of continuous fibres of glass and thermoplastic, and this type of material also acts as a breather felt when vacuum is applied to the part, up to about 120°C.

III.3.2.6. Peel plies.




Like release films, peel plies are found in contact with the Twintex® structure. Their purpose, after removal, is to leave a sufficient roughness for secondary bonding or the application of paint.

Their use with Twintex® also allows them to play the role of an air removal film. The weight of these films should not be more than 100 g/m².

This may avoid the necessity of using a breather felt, on condition of having a very good consolidation of the part during moulding.

- d. Ultraweave®1332 441g/m²
- 6. Peel Plies 100 g/m² or less
 - a. Release Ply A - Nylon
 - b. Stitch Ply A – Nylon with Red Tracers
 - c. Release Ply B – Tight weave Nylon
 - d. Release Ply F – Polyester
 - e. Release Ply G – tight Weave Polyester
 - f. Ultraply 22T – 2X2 Twill Polyester
 - g. Bleederlease A, Release Agent coated version of Release Ply A
 - h. Bleederlease B, Release Agent coated version of Release Ply B
 - i. Bleederlease G, Release Agent coated version of Release Ply G

Tableau 7 : Récapitulatifs des consommables utilisés.
Table 7 : Summary of the consumables used.

Moulding process	Bag moulding	Film moulding	Membrane moulding
			
Caractéristiques moules. <i>Tool characteristics.</i>	Sans plage périphérique. <i>Without a sealing flange.</i>	Avec plage périphérique. <i>With a sealing flange.</i>	Avec plage périphérique. <i>With a sealing flange.</i>
Consommables utilisés. <i>Consumables uses.</i>	Film séparateur. Feutre. Sac à vide. <i>Release film. Breather. Vacuum bag.</i>	Film séparateur ou tissu d'arrachage. Feutre. Film à vide. <i>Release film or peel ply. Breather. Vacuum film.</i>	Film séparateur ou tissu d'arrachage. Membrane silicone. <i>Release film or peel ply. Silicon membrane.</i>
Remarques. <i>Remarks.</i>	Prototypage ou série inférieure à 80 pièces. Moule sans plage périphérique. <i>Prototyping or production volume inferior to 80 parts. Too periphery without a flat sealing surface.</i>	Série inférieure à 150 et/ou pièces très complexes. Temps de drapage long. <i>Production volume below 150 and/or very complex shape. Long hand laying time.</i>	Série supérieure à 150 pièces. Reproductibilité de mise en œuvre. <i>Production volume Serie over 150 parts. Processing reproducibility.</i>

IV- Le Twintex®.

www.twintex.com

- ❑ Twintex® T PP est tissé à partir de rovings composés de filaments comêlés de verre E et de polypropylène.
- ❑ Le Twintex® est mis en œuvre par chauffage au delà de la température de

IV- 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

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 (60% en masse) dans la pièce composite.

(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 to reach high glass level content (60% in weight) in composite parts.

IV.1. Propriétés.

- 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 1 200 heures.
- 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.

IV.1. Properties.

- 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.
- Mechanical properties depends on the fabrics pattern. In case of a balanced fabrics (as many strand in the weft or warp direction), the longitudinal and transversal mechanical properties will be the same. On the other hand, in case of preoriented fabrics, mechanical properties will be higher in the preferential reinforced direction.

Tableau 8 : Propriétés mécaniques du Twintex®.

Table 8 : Twintex® mechanical properties.

				Balanced Fabrics 1/1	Preoriented fabrics 4/1
Traction Tensile	Contrainte <i>Strength</i>	ISO 527	MPa	350	400 / 130
	Module <i>Modulus</i>		GPa	15	28 / 6
Flexion Flexural	Contrainte <i>Strength</i>	ISO 178	MPa	280	380 / 160
	Module <i>Modulus</i>		GPa	13	18 / 6
Choc Charpy sans entaille Un-notched Charpy		ISO 178	kJ / m ²	220	330 / 90
Choc Izod entaillé Notched Izod		ISO 180	kJ / m ²	180	260 / 95
Taux de verre		en poids <i>weight</i>	%	60	60
Glass content		en volume <i>volume</i>	%	35	35

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.

IV.2. Les types de renforts.

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 :

□ Tissus 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® pre oriented 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 déformables que les tissus toile. Ces

IV.2. Reinforcement types.

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 :

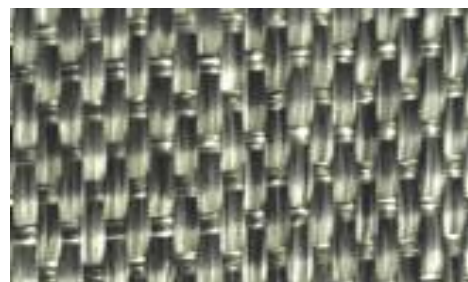
□ **Plain weave Fabrics :**

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®preoriented 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 employed to produce complex shapes.

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

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%).

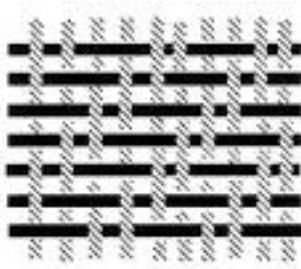


Fig. 12 : Twill weave
(Twintex® 1-1, 745 g/m² or 1485 g/m², 60%).



❑ **Renforts multiaxiaux (bi axial ou quadra axial) :**

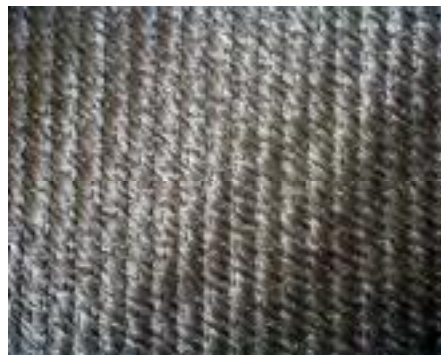
Des renforts multicouches cousus peuvent également être utilisés. Dans ce cas, les rovings ne sont pas entrelacés (sans embuvage), mais sont cousus entre eux par un fil de liaison polyester. Par ailleurs, le marquage des fibres en surface d'une pièce peinte ou gel coatée est plus faible que dans le cas d'un tissu.

❑ **Stitched reinforcements (bi axial or quadri axial) :**

Multilayered stitched reinforcements may equally be used. In this case, the rovings are not interlaced (no crimp), but are stitched together by a joining polyester yarn. Consequently, the pattern of the fibres on the surface of a painted or gel coated part is weaker than in the case of a fabric.

Fig. 13 : Twintex® +/- 45° or +45/0/90/-45°.

Fig. 13 : Twintex® fabric +/- 45° or +45/0/90/-45°.



V- Le procédé de moulage.

V- Moulding process.

V.1. Préparation du moule.

V.1. Tool preparation.

- ❑ Il est recommandé de bien nettoyer le moule pour éviter des défauts d'aspect liés à la présence d'impuretés dans le moule. La première fois qu'un moule est utilisé, il faut le traiter avec un "surface cleaner" puis un "bouche pores" de façon

- ❑ *It is recommended that the mould surface is cleaned well in order to avoid appearance faults due to contamination of the mould. The first time a mould is used, it is necessary to treat it with a surface cleaner, then a sealer to maximise the efficiency of*

à avoir le maximum d'efficacité de l'agent démoulant déposé par la suite.

- Si la pièce présente des ouvertures, celles-ci seront bouchées à l'aide d'un ruban adhésif téfloné.

the release agent applied subsequently.

- *If the part contains openings, these must be sealed using Teflon adhesive tape.*

V.2. Drapage du Twintex®.

- Cette opération consiste à venir déposer le tissu Twintex® dans le moule traité avec un spray polyoléfinés bas poids moléculaire Fig.13. Le maintien et le positionnement des couches se fera au moyen de l'application du spray adhésif.

Fig. 14 : Drapage du Twintex®.



V.2. Draping the Twintex®.

- *This operation consists of laying up the Twintex fabrics in the treated mould with the aid of a low molecular weight polyolefin spray Fig.13. supplied by The positioning of the layers and keeping them in place is done by applying the spray contact adhesive.*

Fig. 14 : Draping the Twintex®.

3 M (Ref. 3M77, IA 34)
Aerovac (Ref. Sprayfix)
Airtech (Ref. Airtac 2, Econotac)
Everbuild Building Products Ltd
 (Ref. Everbuild stick 2)

- Dans les angles vifs, des découpes du tissu et un placement soigneux seront nécessaires (orientation à +/- 45° de la fibre) afin d'éviter l'essorage de la résine, créant la formation de ponts.

Fig. 15 : Angles vifs.



- *In sharp angles, pattern fabrics cutting and a careful placement (fiber orientation at +/- 45°) of it will be necessary to avoid resin squeeze out making bridging problems.*

Fig. 15: Sharp angles.



- L'épaisseur de la pièce moulée est déterminée par le grammage du tissu Twintex® et le nombre de couches empilées.
- Pour des pièces nécessitant l'empilement de plusieurs couches, il faut veiller à ne pas faire les raccords dans la même zone pour éviter une fragilisation mécanique de la pièce.

- *The thickness of the moulded part is determined by the area weight of the Twintex® fabric and the number of plies.*
- *For parts needing several plies, it is necessary to take care to avoid joins in the same region which would result in mechanical weakening of the part.*

V.3. Mise sous vide.

1 - Le **film séparateur** ou le **tissu d'arrachage** est déposé sur toute la surface du tissu Twintex®. Pour faciliter sa pose, le spray adhésif peut être employé à certains endroits de la pièce. Ces films sont utilisés quelque soit le procédé de moulage (sac, film, ou membrane).

Fig. 16 : Film séparateur.



2 - Dans le cas du moulage au film le **feutre de drainage** est posé uniquement sur le film séparateur.

Pour le principe du moulage au sac, le feutre de drainage recouvre tout le film séparateur et également la face non drapée du moule. Les arrêtes vives sont aussi recouvertes afin d'éviter la déchirure du sac à vide, et pour permettre une bonne mise sous pression en tout point de la pièce.

Fig. 17 : Feutre.



V.3. Vacuum application.

1 - The **release film** or **peel ply** is placed over the whole Twintex® fabric surface. To facilitate its positioning, the spray contact adhesive may be employed at certain points on the part. These films are used within the moulding process (bag, film or membrane).

Fig. 16 : Release film.

2 - In the case of vacuum film moulding, the **breather felt** only is placed on the release film.

For vacuum bag moulding, the breather felt covers all the release film and also the non draped face of the mould. Sharp edges are also covered in order to avoid tearing of the vacuum bag, as well as ensuring a good application of pressure at every point.

Fig. 17 : Breather film.

3 - Dans le cas du moulage au film, un **joint d'étanchéité** est fixé sur le bord plat en périphérie de l'empreinte du moule. L'étanchéité entre le moule et le film à vide est alors assurée.

3 - In the case of vacuum film moulding, a **sealing strip** is fixed onto the flat peripheral flange around the mould. Air-tightness between the mould and the vacuum film is thus assured.

Fig. 18 : Mastic d'étanchéité.

Fig. 18 : Air tight sealant.



Dans le cas du moulage au sac le joint d'étanchéité est utilisé pour fermer le sac.

In the case of vacuum bag moulding the sealing strip is used to close the bag.

4 - Pour le procédé de moulage au film, les dimensions du **film de vide** sont ajustées à celles de l'empreinte du moule avec sa plage périphérique. Ce film est collé en périphérie de la pièce à l'aide du mastic d'étanchéité.

4 - For vacuum film moulding, the dimensions of the **vacuum film** are adjusted to those of the mould cavity with its peripheral flange. The film is bonded around the edge of the part with the aid of a mastic sealant.

Dans le cas de l'utilisation d'une **membrane silicone**, celle-ci est simplement déposée sur le moule. L'étanchéité est alors assurée par un joint en périphérie du cadre supportant la membrane. Un système de fixation entre le moule et la membrane peut-être envisagé pour verrouiller la membrane sur le moule.

When a **silicon membrane** is used, this is simply laid onto the mould. Air-tightness is then assured by peripheral sealing of the frame supporting the membrane. A fixing system between the mould and the membrane may be imagined in order to bolt the membrane onto the mould.

Pour le moulage au sac, les dimensions du film de vide doivent prendre en compte la surface développée du moule afin de réaliser un sac.

For vacuum bag moulding, the vacuum film dimensions should take into account the developed area of the mould in order to make a bag.

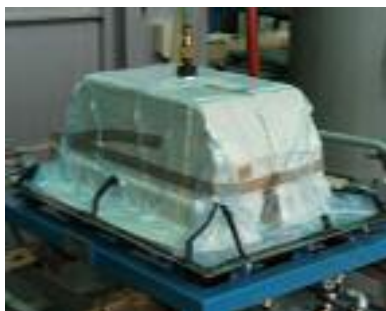


Fig. 18 : Moulage au film.



Fig. 19 : Moulage au sac.



Fig. 20: Moulage à la membrane.

***Fig. 18 : Vacuum film
Moulding.***

***Fig. 19 : Vacuum bag
moulding.***

***Fig. 20 : Silicone membrane
moulding.***

5 - La prise de vide se fixe sur une zone extérieure à la pièce de façon à éviter le marquage de celle-ci. Un morceau de feutre de drainage est intercalé entre la prise de vide et le moule de façon à assurer la liaison entre le feutre de drainage recouvrant la pièce et permettant un bonne mise sous vide de l'ensemble.

5 - The vacuum plug is fitted outside the part area in such a way as to avoid marking it. A piece of breather felt is inserted between the vacuum plug and the mould to ensure a link with the breather covering the part, allowing a good vacuum over the whole assembly.

6 - Enfin la pompe est connectée via un flexible siliconé à la prise de vide. Il est important de vérifier qu'aucune fuite n'apparaît dès lors que le système de mise sous vide est plaqué sur la pièce.

6 - Finally, the pump is connected via a flexible hose to the vacuum plug. It is important to check that no leak is apparent when the vacuum is applied to the part.

De plus dans les zones complexes, le film de vide ou la membrane silicone est guidé à l'aide d'outils non tranchants de façon à ne pas déchirer le système de vide. Cette opération permet d'assurer une bonne consolidation de la pièce.

More so in complex areas, the vacuum film is guided into position with blunt tools in such a way as not to tear the vacuum system. This operation will ensure a good consolidation of the part.

Fig. 21 : Ensemble moule et pompe.

Fig. 21 : Tool and vacuum pump system.



7 - La température de chauffage sera de 190°C au cœur de la matière. Le temps de chauffage est déterminé par l'expérience du mouleur, l'épaisseur de la pièce, la forme, la nature et l'épaisseur du moule.

7 - The heating temperature will be 190°C at the centre of the material. Heating time is determined by the experience of the moulder, the thickness of the part, the shape, the type and thickness of the mould.

Lors du développement d'une pièce transformée par moulage sous vide, les premiers essais devront enregistrer les courbes de montée et descente en température afin de déterminer le temps de cycle optimal.

During the development of a vacuum moulded part, the first test should be to record the temperature increase and decrease curves in order to determine the optimum cycle time.

V.4. Démoulage.

V.4. Demoulding.

Le démoulage de la pièce se fera à une température inférieure à 70 °C de façon à ne pas déformer la pièce et éviter le risque de brûlures.

The part should be demoulded at a temperature below 70 °C so as not to distort the part and avoid the risk of burns.

La pompe à vide est alors stoppée, et

The vacuum pump is also stopped, and disconnected from the vacuum plug.

déconnectée de la prise de vide.

Dans le cas du moulage avec une membrane silicone, il faut prendre soin de ne pas déchirer celle-ci.

Le démoulage de la pièce peut se faire à l'aide d'air comprimé, d'outils en bois ou en Téflon. Les outils utilisés pour démouler la pièce doivent avoir une dureté plus faible que le moule de façon à ne pas le détériorer.

In the case of silicon membrane moulding, take care not to tear this.

Part demoulding may be assisted with compressed air, or tools made from wood or Teflon. Tools used for demoulding parts should have a lower hardness than the tool so as not to damage it.

VI - Finition pièces.

Les pièces sont ébavurées à l'aide de papier abrasifs humide. La découpe peut se faire par l'intermédiaire d'une scie à ruban ou circulaire.

Le masticage des pièces incomplètes notamment au niveau d'arrêtes vives se fait grâce à l'ajout d'un mastic de carrosserie. (cf photo). Un ponçage de la pièce est ensuite réalisé à l'aide papier abrasif humide.

Fig. 22 : Masticage.



VI – Part finishing.

Parts are de-burred with wet abrasive paper. Trimming may be carried out using a band or circular saw.

Filling of unfinished parts, notably sharp edges, may be accomplished by adding polyester putty for car body (cf photo). Rubbing down of the part afterwards is carried out with wet abrasive paper.

Fig. 22 : Filling.

VII - Aspect de surface.

La pièce obtenue par ce procédé de moulage n'aura qu'une seule face d'aspect qui sera le reflet de la surface du moule. Eventuellement, un revêtement supplémentaire tel qu'un voile de surface (Verre, PET) peut être rajouté pour réduire le marquage du Twintex®.

VII - Surface appearance.

A part obtained by this moulding process will only have one good surface reflecting the mould face. If necessary, a supplementary coating, such as a surface finish veils (Glass, PET) may be applied in order to reduce Twintex® print through.

VII.1. Voile de surface – Contacts / Surface finish veils - Contacts.

TFP : colored PET veils
OCV Reinforcements :
 Voile PET Acoloft 110 ou 100 g/m²
 Glass veils

VII.2. Gel coat.

VII.2. Gel coat.

Several types of gel coat may be used with



Plusieurs types de gel-coat peuvent être associés au matériau Twintex®, tels que les gel-coat Epoxy ou Polyester.

L'opération de gel-coatage a l'inconvénient d'augmenter la durée du cycle de moulage et donc la productivité. En effet, avant de draper le tissu Twintex® dans le moule, il faut que le gel-coat soit à un stade de polymérisation avancé afin d'éviter le marquage des fibres sur la face d'aspect.

Il est très important de bien traiter la surface du moule avec un démoulant approprié à la fois au procédé de moulage, à la nature du moule et du gel-coat employé.

L'adhésion du Twintex® avec le gel-coat se fera par l'ajout d'un film d'interface thermofusible.

Ces gel-coats doivent résister à des températures de 200°C imposées par le procédé de moulage.

Twintex® material, such as either epoxy or polyester gel coats.





The gel coating operation has the disadvantage of increasing the moulding cycle time and hence the productivity. In effect, before draping the Twintex® fabric within the mould, the gel coat must have reached an advanced state of cure to prevent the fibres from marking the good surface.

It is very important to well treat the mould surface with a release agent appropriate to both the nature of the mould and to the gel coat employed.

Adhesion of the Twintex® to the gel coat is made by adding a thermoplastic interfacial film.

These gel coats must be resistant to temperatures of 200°C imposed by the moulding process.

Tableau 9 : Caractéristiques des gel-coats.
Table 9 : Gel coat features.

High Temperature Gel coat	Liquid Polyester	Powder polyester	Acrylic powder TP Powder	Epoxy
				
Application	<i>Spray equipment Brush grade</i>	<i>Spray equipment</i>	<i>Spray equipment</i>	<i>Brush grade</i>
Thickness	500 à (to) 700 µm	100 à (to) 150 µm	500 à (to) 800 µm	500 à (to) 700 µm
Polymérisation Curing	3 à (to) 5 mn à (at) 80 °C	15 sec à (at) 150 °C	3 mn à (at) 185°C et (and) 1 mn à (at) 120°C	3 à (to) 5 mn à (at) 80 °C
Demolding temperature	50°C	70-80°C	< 80 °C	50°C
Advantages	<i>Good UV ageing</i>	No styrene emission	<i>No styrene emission Good adhesion with Twintex®</i>	<i>No styrene emission</i>
Drawbacks	Styrene emission 20% loss during spraying	Less efficient UV ageing	20% loss during spraying	<i>Bad UV ageing</i>
Contacts	Ferro Sogel	Ferro	Teknos Plascoat	Vantico Adhesives & Tooling

VII.3. Peinture.

Il est important de bien respecter les conditions d'application de ces matières. Plusieurs pré traitements sont souvent nécessaires afin de favoriser l'adhérence des peintures sur une pièce Twintex®.

Il existe plusieurs types de peintures en plus des formulations à base de solvants organiques. Les peintures à hauts extraits secs, hydrosolubles et formulations poudre ont pour objectif d'être plus conviviales pour l'environnement en limitant l'émission de VOC.

VII.3.1. Préparation de surface.

Dans le cas où les surfaces présentent des traces d'agents de démoulage, il est important de bien nettoyer ou dégraisser les surfaces.

L'adhésion de la peinture sur la pièce peut être obtenue par un accrochage mécanique (ponçage) ou chimique (flamage, primaire d'adhérence).

❑ **Ponçage :**

Cette une opération délicate qui risque d'entraîner des micro porosités à la surface de la pièce.

❑ **Flamage :**

Cette opération consiste à venir modifier chimiquement la surface de la pièce à l'aide d'une flamme.

Les liaisons oxydées et hydroxyles à l'interface Twintex®/peinture vont réagir et créer une adhésion chimique.

Il existe d'autres méthodes telles que le traitement Plasma, UV et Corona pour activer la surface d'une pièce Twintex. Cependant ces techniques sont onéreuses.

❑ **Les primaires d'adhérence :**

L'application d'un primaire d'adhérence a pour objectif de créer des liaisons chimiques de type polyoléfin chlorés entre le substrat Twintex® et la finition suivante.

Il existe aussi des primaires UV poudre qui polymérisent sous rayonnement UV. Ils ont la particularité de jouer le rôle de

VII.3. Paint.

The application of paint to a Twintex® part is very tricky. It is important to follow the application conditions of the materials very closely. Several pre-treatments are often necessary to improve the prospects of adhesion to a Twintex® part.

Several types of paint exist in more formulations based on organic solvents. Paints of high solids contents, water solubles and powder formulations are more environmentally friendly in limiting emissions of VOCs.

VII.3.1. Surface treatment.

Where surfaces contain traces of release agents, it is important to well clean or de-grease the surfaces.

Adhesion of paint to the part may be obtained by a mechanical keying (rubbing down) or chemically (flaming, adhesion primer).

❑ **Rubbing down :**

This is a delicate operation which risks bringing with it some micro-porosity to the part surface.

❑ **Flaming :**

This operation chemically modifies the surface with the aid of a flame.

The oxidised and hydroxyl bonds at the Twintex®/paint interface will react and create a chemical adhesion.

Other methods also exist, such as Plasma treatment, UV and Corona to activate the surface of a Twintex® part. However, these techniques are expensive.

❑ **Adhesion primers :**

The application of an adhesion primer is intended to create chemical bonds of the chlorinated polyolefin type between the Twintex® substrate and the subsequent finish.

There are also powder UV primers, which polymerise under UV radiatio. They are used mainly to fill pores.

bouches pores.

Les primaires sont employés dans le cas où la couche d'apprêt et la finition ne permettent pas d'avoir une bonne adhérence sur le Twintex®.

L'épaisseur de l'apprêt doit être de 5 à 10 μm .

VII.3.2. Apprêt et Finition.

Une pièce peinte est recouverte d'une couche d'apprêt et d'une couche de finition apportant chacune des propriétés d'aspect et de protection climatique à la pièce finale.

□ L'apprêt :

Les apprêts sont constitués d'un liant (Polyester, Epoxy ou Acrylique), de pigments, de charges et d'additifs notamment pour la tenue aux UV.

Appliqué en épaisseur de 30 à 40 μm , ils permettent de régulariser l'état de surface.

Les liants Polyester apportent une bonne mouillabilité de la peinture sur le substrat.

Les liants Epoxy ont de très bonnes caractéristiques mécaniques, et tenue chimique.

Les liants Acrylique sont un compromis entre les liants Polyester et Epoxy.

Les apprêts polymérisent souvent sous air chaud (four à convection) vers 50°C – 60°C pendant 20 à 30 mn.

□ La finition :

Ce sont des bi-composants polyuréthanes (isocyanates et polyols acrylique ou polyester). Selon la formulation, les pièces seront d'aspect brillant ou mat, la couleur étant apportée par des pigments.

L'épaisseur de la finition est de 40 μm . Le cycle de polymérisation est de 20 à 30 mn à 60-70°C.

Primers are employed when the under and top coats do not permit a good adhesion to Twintex®.

The primer thickness should be from 5 to 10 μm .

VII.3.2. Priming and finishing.

A painted part is covered by a primer coat and a top coat which bring both the appearance and weathering properties to the final part.

□ The primer :

Primers consist of a binder (Polyester, Epoxy or Acrylic), pigments, fillers and additives, notably for UV stability.

Applied in a thickness from 30 to 40 μm , they provide a regular surface condition.

Polyester binders provide a good wettability of the paint to the surface.

Epoxy binders have very good mechanical characteristics, and chemical resistance.

Acrylic binders are a compromise between Polyester and Epoxy binders.

Primers are often cured under hot air (convection oven) at 50°C – 60°C for 20 to 30 mins.

□ Top coat :

These are two component polyurethanes (isocyanates and acrylic or polyester polyols). Depending on the formulation, parts will be gloss or mat, the colour being due to the pigments.

The top coat thickness is 40 μm . The curing cycle is from 20 to 30 mins. at 60-70°C.

VII.3.3. Contacts.

CAB :

Adhesion primer : 4616KK & 4617KX
Polyurethane paint bases (building primer, top coat).

Dupont Performances coating :

Adhesion primer : D901 or D975, 901 R primer 2K.
Polyurethane paint bases (building primer, top coat).

Strathmore Products :

Dirck Clear polyethylene primer

Fig. 23 : Aile avant de l'Opel Corsa sport fabriquée par la Société EPM Technology.



Fig. 23 : Front wing Opel Corsa Race Car manufactured by EPM Technology Ltd.



EPM Technology



VII.4 Aspect par sublimation

Le principe de la sublimation est de réaliser un transfert d'une encre sur le matériau où doit être reproduit le motif ou bien d'avoir une pigmentation du Twintex[®] en masse.

Le transfert s'effectue à partir de 160°C avec pression de 1 bars.

Les meilleures conditions sont pour une Température de 180°C-190°C pendant 90 min en étuve.

Avec cette technologie de moulage, il existe 2 solutions pour une pièce Twintex[®] sublimée.

La première consiste à réaliser une pièce sans avoir le support sublimé dans la pièce finale.

Nous pouvons alors teinter des

VII.4 Surface finish thanks sublimation

The aim of this solution is to have a ink transfer on the final part to reproduce a logo or to achieve Twintex in mass pigmentation.

To achieve the transfer we need to have a processing temperature over 160°C and a pressure applied of 1 bar.

The best processing solutions are with a temperature of 180-190°C during a residence time in an hot air oven of 90 min.

With this moulding technology, it does exist 2 solutions to make a sublimated Twintex[®] part.

The first one is to remove the sublimated carrier after moulding the part.

We can then achieve maximum 2

épaisseurs de pièces en Twintex ® de 2 mm au maximum.

Exemple de moulage :

- a- Drapage du Twintex ®
- b- 1 couche de support sublimé
- c- film séparateur
- d- Remplacement du feutre de drainage par un tissu de verre (500 g/m²)
- e- Film de vide ou membrane silicone
- f- Moulage pendant 90 min (à partir du chargement du moule jusqu' à sa sortie) dans une étuve à 210°C.
- g- Le moule est en composite résine époxy de 10 mm d'épais.

La seconde solution consiste à laisser le sublimé dans la pièce Twintex.

Nous pouvons alors teinter des épaisseur de pièce en Twintex ® jusqu'à 5 mm.

Exemple de moulage

- a- Drapage de Twintex ® : 2 mm
- b- 1 couche de support sublimé
- c- Drapage de Twintex ® : 2 m
- d- Film séparateur
- e- Feutre de drainage
- f- Film de vide ou membrane silicone
- g- Moulage pendant 90 min (à partir du chargement du moule jusqu' à sa sortie) dans une étuve à 210°C.
- h- Le moule est en composite résine époxy de 10 mm d'épais.

Contacts :

Europe

Pacific Colour :

Jean François CHALUMEAU

jf.chalumeau@pacific-colour.com

+33 6 07 45 84 70

mm thick Twintex part with in mass pigmentation.

Moulding example

- a- Twintex ® hand laying on the tool
- b- Sublimated support hand laying 1 layer
- c- Release film
- d- Replacement of the breather felt by a reusable glass fabrics (500g/m²)
- e- Vacuum film or bag or silicone membrane
- f- Curing Time :90 min (from the entrance to the exit of the tool) in a hot air oven set à 210°C,
- g- Using a composite epoxy tool 10 mm thick

The second one is to have the sublimated carrier embedded in the Twintex® part

We can then pigment Twintex part with a thickness of 5 mm.

Moulding example

- a- Twintex ® hand laying : 2mm
- b- 1 layer of Sublimated support
- c- Twintex ® hand laying : 2 mm
- d- Release film
- e- Breather felt
- f- Vacuum film or bag or silicone membrane
- g- Curing Time :90 min (from the entrance to the exit of the tool) in hot air oven set à 210°C,
- h- Using a composite epoxy tool 10 mm thick

North America

Kolorfusion International

Steve NAGEL

www.kolorfusion.com

+1 303 690 290



VIII - Collage du Twintex avec d'autres matériaux.

Le matériau Twintex® peut être associé à d'autres types de matériaux pour apporter des propriétés spécifiques à la pièce moulée.

VIII.1. Films thermoplastiques d'interface.

- L'adhésion entre le Twintex® et ces différentes familles de matériaux peut être mécanique à condition de préparer la surface du matériau qui va être en contact avec le Twintex®.
- Autrement l'emploi d'un film d'interface thermofusible permettra d'avoir une adhésion chimique entre les deux matériaux.
Contrairement à l'usage de colles ces films possèdent divers avantages :
 - Convivialité pour l'environnement (pas de solvants et de composés organiques volatiles).
 - Longévité en stock, et stabilité aux températures normales.
 - Application uniforme et rapide de la substance adhésive.

L'usage de ces films permet ainsi d'obtenir une adhésion entre le Twintex® et les

VIII - Twintex® bonding with other materials.

Twintex® may be combined with other types of material in order to bring specific properties to a moulded part.

VIII.1. Interfacial thermoplastic films.

- *The adhesion between Twintex® and these different families of material may be mechanical depending on the surface preparation of the material which will be in contact with the Twintex®.*
- *Otherwise the use of an interfacial thermoplastic film will provide a chemical adhesion between the two materials. Using bonding films can also have other advantages:*
 - *They are environmentally friendly (no solvents or volatile organics).*
 - *Long shelf-life and stable at normal temperatures.*
 - *Uniform and rapid application of the adhesive substance.*

The use of bonding films also gives adhesion between Twintex® and other

matériaux tels que l'aluminium, l'époxy, le cuir, l'acier, le bois, les mousses polyuréthane, ...

materials such as aluminium, epoxy, leather, steel, wood, polyurethane foams,...

□ **Contacts :**

Bemis Associates
Gluco
Sarna Xiro Ag

VIII.2. Colles.

Le PP étant un polymère de faible tension superficielle (#30 dyne/cm). Il est difficile à coller et demande un traitement chimique ou mécanique préalable :

- Dégraissage à l'alcool (éthanol, alcool isopropylique), ponçage.
- Flammage.
- Primaire d'adhérence.
- Le Twintex® peut par exemple être associé à un film d'aluminium positionné localement. L'aluminium pourra servir de zone de collage avec d'autres pièces à l'aide d'une colle époxy.

Il existe plusieurs familles de colles :

□ **Les colles structurales :**

- Epoxy mono ou bi-composants.
- Acryliques bi-composants.
- Polyuréthanes bi-composants ou hot melt.

□ **Les colles souples base solvants ou aqueuses :**

- Colles contacts néoprènes (aqueuses ou solvants) qui nécessitent un encollage deux faces.
- Elastomères synthétiques « solvants » (SBR, ...).
- Acryliques (aqueuses).

L'application de ces colles peut se faire par différents procédés dont certains sont automatisables.

- Pompes, doseurs pour mono-composants ou bi-composant.
- Pistolets pour PP ou PU hot-melt.
- Pulvérisation mono ou bi-composants aqueuses ou solvants.
- ...

VIII.2. Glues.

The polypropylene PP has low superficial tension (#30 dyne/cm). It is difficult to make the bonding and a chemical or physical pre treatment is asking :

- *Alcohol degreasing (ethanol, isopropylique), rubbing-down.*
- *Flaming.*
- *Adhesion primers.*
- *Twintex® may, for example, be combined with a piece of locally positioned aluminium foil. The aluminium will be able to serve as a bonding zone to another piece with the aid of an epoxy adhesive.*

Many glues family exist :

□ **Structural glues :**

- *Epoxy mono or bi components.*
- *Acrylic bi components.*
- *Polyurethane bi components or hot melt.*

□ **Soft solvent or aqueous glues :**

- *Neoprene contact glues (aqueous or solvent) needing the gluing of the both surfaces.*
- *Synthetic solvent elastomers (SBR,...).*
- *Acrylic (aqueous).*

The gluing operations can be done by many different process which may be automatized.

- *Dosing pump, mono or bi components.*
- *Heat gun for hot melt PP or PU.*
- *Spraying for mono or bi components solvent and aqueous glues.*
- ...

□ **Contacts :**

3M
 Ashland Chemical
 Bostick Findley
 Henkel
 Sika
 Keliberit Chimie
 HB Fuller
 Kommerling
 Vantico

□ **Exemples de colles / Examples :**

- **3M DP-8005** or **3M DP-8010** (without surface treatment).
- **3M DP-125** (with surface treatment)
- **3M DP-190** (with surface treatment).
- **Ashland Pliogrip 7779** (with surface treatment).
- **Vantico 2015,2021,2027** (with surface treatment).

VIII.3. Soudage avec système resistifs.

L'assemblage de deux pièces Twintex® moulées peut être réalisé au moyen d'un élément résistif (fils de carbone, métallique) connecté a une source de courant.

Une alimentation électrique AC ou DC est connectée, pour qu'un courant passe à travers le système de soudage durant un temps précis afin d'avoir un chauffage et un soudage homogène des pièces composites entre elles.

Powercore



VIII.3. Welding with electro fusion device.

The assembly of two Twintex® moulded parts can be done thanks to Electro-fusion System (carbone, metallic strands) connected to a electrical power supply.

A variable AC or DC power supply is connected, and a current flows through the Welding device for a pre-determined length of time causing the entire device to heat up and thermally fuse the parts together

Powercore



IX - Structure sandwichs.

Une structure sandwich permettra de concevoir une pièce avec une augmentation significative de la rigidité de celle-ci sans pour autant augmenter sa masse.

L'âme sandwich est souvent un matériau de faible densité tel que des nids d'abeilles ou bien des mousses, voire même du balsa ou des complexes bois. Ces âmes doivent avoir une température de fusion supérieure à 180-200°C afin de ne pas se détériorer et s'affaisser pendant le procédé de moulage.

Afin d'éviter des retassures sur la face d'aspect il est conseillé de faire une coupe en forme de trapèze de l'âme sandwich.

Cela permet également d'avoir une meilleure adhérence.

Il est également important d'avoir une épaisseur plus importante de Twintex® côté face d'aspect (cf photo ci-dessous)

Fig. 23 : Construction sandwich.

IX - Sandwich structures.

A sandwich structure allows a part to be designed with a significantly increased stiffness without having an increase in mass.

The sandwich core is often of a weak material such as a honeycombs or foams, indeed even of balsa or wood complexes. These cores must have a melting temperature higher than 180-200°C so they do not deteriorate and collapse during the moulding process.

To avoid any track of sink marks on the surface finish side, it is advised to cut the core material with edge draft angle.

This let us achieved to a better material adhesion.

It is also important to have a thicker thickness of Twintex® on the surface finish side (refer to the photo below)

Fig. 23 : Sandwich construction.

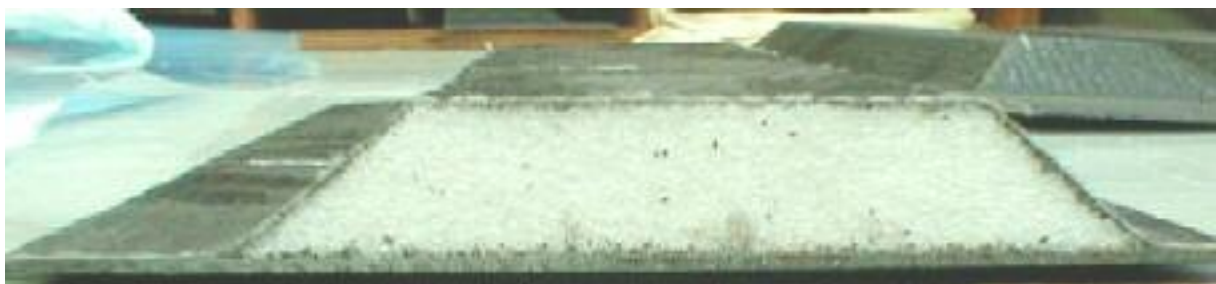
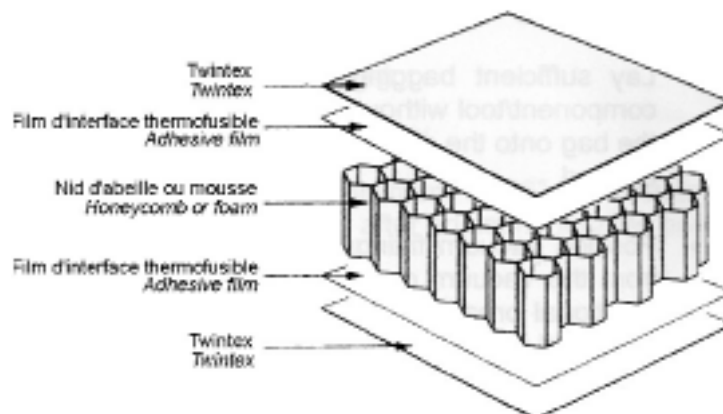


Tableau 24 : Moulage du Twintex® avec d'autres matériaux.

Table 24 : Moulding of Twintex® with other materials.

Twintex® - Balsa wood



Twintex® - Kapex®C51 (Airex) or Twintex® - SAITPUR Free 150Kg/m³ (Saitec)



Twintex® – Aluminium Film



Twintex® – Aluminium honeycomb (Alcore Brigantine)



□ **Contacts :**

Airex

Degussa (Röhm) :

Rohacell 51 WF-200WF

Rohacell XT

Hiform

Hicore PET 80, 100 ou 150 Kg/m²

Alcore Brigantine

Aluminium Honeycomb

Baltek

Balsa wood

Saitec

Saitpur free 150 Kg/m³

X – Insert métallique

Il est possible d'insérer lors de la préparation de la pièce des inserts métallique entre les différentes couches de Twintex®.
Ces inserts seront très maintenus ensuite dans la pièce après moulage.



X– Metallic insert

**It possible to have metallic inserts embedded in the Part while draping the part.
These metallic insert will be then very well fixed in the structure of the part after moulding it**

XI – Applications.



**Bumper Beam
Under Body Protection**

**Bumper Beam
Under Protection**

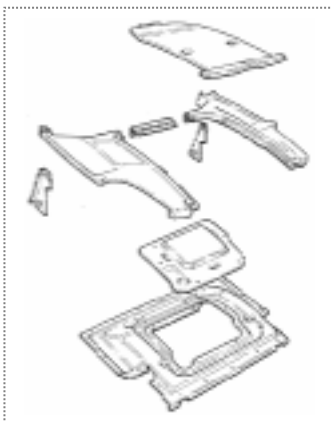


Wing



Instrument Panel

Door module



Engine Cover



**Bumper Beam
Bus Floor**





Rigid Inflatable Boat

XI – Remerciements.

Le service R&D Twintex® de Saint-Gobain Vetrotex 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.

XI – Acknowledgements.

The Twintex® R&D Department of Saint-Gobain Vetrotex Company want to thank each company included in this manual for their testimony and their helps.

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

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

Annexes / Appendices

Références produits / Products reference

3M

www.3m.com

Préparation du moule / Tool preparation (Ref. 3M77, IA 34)
Colles / Glues



Advanced Composites Group

France

Tel : +33 (0)5 34 26 13 57

Fax : +33 (0)6 22 94 45 41

E-mail : dgalacg@aol.com

Composite House, Sinclair Close
Heanor Gate Industrial Estate
Heanor, Derbyshire, DE75 7SP
UK

Tel : +44 (0) 1773 534599 / 76344

+44 (0)1773 763441 / 530245

E-mail : info@acg.co.uk

5350 S 129 th E Avenue
TULSA, OK 74134
USA

Tel : +1 918 252 39 22

E-mail : sales@acg-us.com

www.advanced-composites.com

Moules composites Epoxy / *Epoxy composite mould*
Fabricant , formation, fournisseur de prepegs



Parc D'activities De La Sausse
Secteur Autoroute
31240 Saint Jean
FRANCE

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

Fax : +33 (0)5 61 37 89 88

E-mail : aerovac@aerovac.fr

500 Bradford Road
Sandbeds, Keighley
West Yorkshire, BD20 5NG
UK

Tel : +44 (0) 1274 550500

Fax : +44 (0) 1274 550501

www.aerovac.com

Moules composites Epoxy / *Epoxy composite mould*
Systèmes de vide / *Vacuum system*
Films / *Films*

Préparation du moule / Tool preparation (Ref. Sprayfix)

Airetec
France
Tel : +33 (0)3 22 89 77 97

Démoulants / *Release agents*



Structures sandwichs / *Sandwich structures* (Ref. Airex R 82- 60)

www.alusuisse-airex.com



AIRTECH

Airtech Europe S.A.
ZI Haneboesch
L-4562 Differdange
Luxembourg
Tel : +352 58 22 82
Fax : +352 58 49 35
E-mail : sales@airtech.lu
www.airtech.lu

Airtech International Inc.
5700 Skylab Road
Huntington Beach, CA 92647
USA
Tel : (714) 899-8100
Fax : (714) 899-8179
E-mail : airtech@airtechintl.com
www.airtechonline.com

1. Tooling Materials
 - a. Wet lay up Epoxy Resin, Toolmaster® TMR2001 A&B
 - b. Resin Infusion Resin, Toolfusion®1 & Toolfusion®2
 - c. Graphite Toolmaster® LTC G1400 & G1600 Pre-preg Tooling for 202°C
 - d. Fibreglass Toolmaster® LTC F5500 & F5600 Pre-preg Tooling for 202°C
 - e. Graphite Toolmaster® CEP-G3 & CEP-G12 Pre-preg Tooling for 232°C
 - f. Fibreglass Toolmaster® CEP-F7500 & CEP-F7549 Pre-preg Tooling for 232°C
2. Mould Release
 - a. Tooltec A005, Teflon coated fibreglass with adhesive
 - b. Tooltec CS5, Teflon film with adhesive
 - c. Release All Safelease®30, water based PTFE
 - d. Release All®50
3. Vacuum Bagging Nylon Films for 232°C
 - a. Securelon® L2000 multilayer film
 - b. Wrightlon®8400
 - c. Ipplon®WN1500
4. Release Films for 232°C
 - a. A7300
 - b. Wrightlon®5200
 - c. MR1 and MR2
5. Sealant Tapes
 - a. GS213 – Medium Tack
 - b. AT200Y – High Tack
 - c. GS43MR – High Tack
 - d. GS213-3 – Low Tack
6. Silicone Rubbers
 - a. Airtech1050 Cured Sheet
 - b. Airtech 4140 Uncures Sheet
7. Breather Fabrics
 - a. Ultraweave®406 135g/m²
 - b. Ultraweave®606 204g/m²
 - c. Ultraweave®1032 339g/m²
 - d. Ultraweave®1332 441g/m²
8. Peel Plies 100 g/m² or less
 - a. Release Ply A - Nylon
 - b. Stitch Ply A – Nylon with Red Tracers
 - c. Release Ply B – Tight weave Nylon
 - d. Release Ply F – Polyester
 - e. Release Ply G – tight Weave Polyester

- f. Ultraply 22T – 2X2 Twill Polyester
 - g. Bleederlease A, Release Agent coated version of Release Ply A
 - h. Bleederlease B, Release Agent coated version of Release Ply B
 - i. Bleederlease G, Release Agent coated version of Release Ply G
9. Tackifier
- a. Airtac 2 – Rubber Spray Adhesive
 - b. Econotac – Economical Rubber Spray Adhesive.
10. Miscellaneous
- a. Vacuum valves, Quick Disconnects, Vacuum Hoses, Leak Detectors, Cutting Surfaces, High performance cutting shears.
-



Structures sandwichs / *Sandwich structures*
Aluminium Honeycomb

Route de l'aviation
7, allée Etchecopar
64600 Anglet
France
Tel : +33 (0)5 59 41 22 25
E-mail : sales@alcorebrigantine.fr
www.alcorebrigantine.fr



Colles / *Glues*

Ashland Chemical
www.ashland.com



Structures sandwichs / *Sandwich structures*
Balsa wood

Baltek

61, Rue la Fontaine
75016 Paris
France
Tel : +33 (0)1 46 47 58 50

64 High Street
Croydon CR0 9XN
UK
Tel : +44 (0) 181 688 4398

PO Box 195
Northvale, NJ 07647
USA
Tel : 1 201 76 71 400

E-mail : sales@balek.com
www.balek.com



Films thermoplastiques d'interface / Interfacial
thermoplastic films

Bemis Associates UK

5 Turnpike Close
Grantham, Lincolnshire
United Kingdom NG31 7XU
Tel : +44 (0)1476 594000
Fax : +44 (0)1476 576922
E-mail : [bemismworldwide.com](mailto:bemisuk@bemismworldwide.com)
www.bemishheatseal.com



Colles / *Glues*

www.bostik.com

CAB

France
Tel : +33 (0)4 72 79 03 79

Peintures / *Paint*

Primaire d'adhérence : 4616KX & 4617 KX
Peinture polyuréthane (primaire garnissant et finition)



Moules composites Epoxy / *Epoxy composite mould*
Moules avec peau électroformé Nickel / *Nickel electroformed tools*
Fabricant

Corima Modelage

France
Tel : +33 (0)4 75 63 80 05
Fax : +33 (0)4 75 85 92 61
www.corima-mod.com

Degussa (Röhme)

France
Tel : +33 (0)1 43 34 72 21

Structures sandwichs / *Sandwich structures*
Rohacell 51 WF- 200WF
Rohacell XT



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

Systèmes de vide / *Vacuum system*
Démoulants / *Release agents*
Films / *Films*

Dupont Performances coating

France
Tel : +33 (0) 1 34 97 87 07
www.performance-coating.org

Peintures / *Paint*
Primaire d'adhérence / *Adhesion primer* : D901 ou D975,
901 R primer 2K
Système de peinture de base polyuréthane / *Polyurethane paint bases (building primer, top coat)*

Everbuild Building Products Ltd

Pudsey
LS28 9LD
West Yorkshire
UK
Tel : +44 (0) 113 255 0033
Fax : +44 (0) 113 255 1222
E-mail : chris@everbuild.co.uk
www.everbuild.co.uk

Préparation du moule / *Tool preparation* (Ref. Everbuild stick 2)

Ex-Press Plastic Limited

UK
Tel : +44 1508 52 80 00

Fabricant / *Manufacturer* : Moules avec peau électroformé Nickel / *Nickel electroformed tool*
(proposition d'un système autonome / *supplier of self heating system*)



France
Tel : +33 (0)3 25 07 33 33
www.ferro.com

Gel coat



Films thermoplastiques d'interface / Interfacial thermoplastic films

UK
Tel : +44 (0) 113 343 39 13



Colles / Glues

www.hbfuller.com



Colles / Glues

www.henkel.com



Structures sandwichs / Sandwich structures (PET Foam)
(Hicore PET 80, 100 ou 150 Kg/m²)

E-mail : paal@hiform-as.com
www.hiform-as.com



Colles / Glues

Kleiberit Chimie
www.kleiberit.de



KÖMMERLING®

Colles / Glues

www.kommerling.com

Kolorfusion International
Steve NAGEL

Décor sublimé
Sublimated decor

www.kolorfusion.com
+1 303 690 290

Magnum industries

Moules aluminium coulé ou usiné / Cast or machined aluminium tool (Ref. MPP23)

UK
Tel : +44 1 38 48 98 589
E-mail : magnum.europe@btinternet.com



Gel coat

France
Tel : +33 (0)4 74 59 69 07
www.plascoat.com

Pacific Colour :
Jean François CHALUMEAU
jf.chalumeau@pacific-colour.com
+33 6 07 45 84 70

Décor sublimé
Sublimated decor



Soudage avec système résistifs / *Welding with electro fusion device*

www.powercore.com



Moules avec peau électroformé Nickel / *Nickel electroformed tool (Self heating mould manufacturer)*
Moules aluminium coulé ou usiné / *Cast or machined aluminium tool*

PPA Limited (IR)
Ireland
Tel : +353 (0)91 595 535
www.ppateo.com

Pyromeral SAS
France
Tel : +33 (0) 3 44 72 34 77
Fax : +33 (0) 3 44 72 07 57

Moules à matrice céramique / *Ceramic matrix tool*
Producer



Etuves / *Oven*

RDM Industriala Services Ltd
Engineering Division
Kemp Steet, Middleton
Manchester, M24 4AA
London N° 020 7320 9933
UK
Tel : +44 (0) 161 643 9333
Fax : +44 (0) 161 655 3467
www.rdmengineering.co.uk



130, avenue des Follaz
BP 928
73009 Chambéry
E-mail : laurent.appere@saint-gobain.com
www.vetrotexeurope.com

Voile de surface / *Surface finish veils* (Voile PET Acoloft
110 ou 100 g/m²)



Zone Industriel
5, boulevard Pascal
BP 339
85303 Challans
France
Tel : +33 (0)2 51 49 64 00
Fax : +33 (0)2 51 35 53 23
E-mail : info@saitec.fr
www.saitec.fr

Structures sandwichs / *Sandwich structures* (Saitpur free
150 Kg/m³)



Sarna Xiro Ag
Switzerland
Tel : +41 26 497 81 11
www.sarna.com

Films thermoplastiques d'interface / Interfacial
thermoplastic films



Scott Bader Company Limited
Wollaston
Wellingborough
Northamptonshire
NN29 7RL
Tel : +44 (0) 1933 663100
Fax : +44 (0) 1933 664592
www.scottbader.com

Démoulants / *Release agents*



Colles / Glues

www.sika.com

Sogel

Canada

Tel : +1 450 928 38 83

E-mail : c.pilon.sogel@qc.aira.com

Gel coat

Strathmore Products Inc.

1970 W Fayette Street

PO Box 151

Syracuse NY 1320160151

www.strathmore.com/Peintures / *Paint* (Dirck clear polyethylene primer)

Industrivej 19

DK-6580 VAMDRUP

Danemark

Tel : +45 76 93 94 55

www.teknos.dk

Gel coat

**TFP**

Burneside Mills,

Kendal, Cumbria LA9 6PZ

UK

Tel : +44 (0) 1539 818264

Fax : +44 (0) 1539 733850

E-mail : marketing@techfibres.comwww.techfibres.comVoile de surface / *Surface finish veils* (Colored PET veils)

TYGAVAC
ADVANCED MATERIALS LTD



Films / Films

Tygavac Advanced Materials Ltd

Kingsway West Business Park,
Moss Bridge Road, Rochdale,
Lancashire, OL16 5LX
UK

Tel : (01706) 649222

Fax : (01706) 649611

E-mail : sales@tygavac.co.uk

www.tygavac.co.uk

Vacform Composites

UK

Tel : +44 (0)1535 690041

Systèmes de vide / *Vacuum system*

Films / Films



Vantico Adhesives & Tooling

France

Tel : +33 (0)1 30 67 76 30

Fax : +33 (0)4 76 32 34 96

www.vantico.com

Moules composites Epoxy / *Epoxy composite mould*
Fabricant de Résines (S 47-DTX) et de gel-coats (G 47-DTX)

Colles / *Glues*

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. 10010910 Owens Corning reserves the right to modify this document without prior notice. ©2009 Owens Corning

Twintex_Vacuum Moulding Manual_ww_02-2005_Rev1