



(11) **EP 2 316 291 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
19.09.2012 Bulletin 2012/38

(51) Int Cl.:
A42C 2/00 ^(2006.01) **A42B 3/06** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **10189124.0**

(22) Date de dépôt: **27.10.2010**

(54) **Coque de casque en materiau composite**

Schutzhelmschale aus Verbundmaterial

Helmet shell made from composite material

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **03.11.2009 FR 0905261**

(43) Date de publication de la demande:
04.05.2011 Bulletin 2011/18

(73) Titulaire: **Thales**
92200 Neuilly Sur Seine (FR)

(72) Inventeurs:
• **Perbet, Jean-Noël**
33320 Eysines (FR)
• **Coupeaud, Christophe**
33160 St. Medard en Jalles (FR)
• **Laluque, Laurent**
33000 Bordeaux (FR)
• **Baudou, Jean-Noël**
33160 St. Medard en Jalles (FR)

- **Viot, Philippe**
33170 Gradignan (FR)
- **Denneulin, Sébastien**
33700 Merignac (FR)
- **Rejsek, Virginie**
33000 Bordeaux (FR)
- **Gervais, Matthieu**
75020 Paris (FR)
- **Soum, Alain**
33170 Gradignan (FR)

(74) Mandataire: **Bréda, Jean-Marc et al**
Marks & Clerk France
Conseils en Propriété Industrielle
Immeuble " Visium "
22, avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)

(56) Documents cités:
EP-A1- 1 300 089 WO-A1-2008/101138
US-A- 3 956 447

EP 2 316 291 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] Le domaine de l'invention est celui des matériaux composites de structure ayant pour fonction la résistance aux chocs et la protection à la perforation. Le domaine d'application privilégié est celui des casques de protection pour pilotes d'aéronefs. Les structures selon l'invention peuvent cependant s'appliquer à tous domaines nécessitant des structures de protections très résistantes et légères.

[0002] Dans le domaine des casques de pilote d'avion d'arme ou d'hélicoptère, on cherche à réaliser des coques ayant la masse la plus faible possible, afin de minimiser les efforts sur les vertèbres cervicales du pilote, lors des accélérations de l'aéronef. Cependant, le casque doit apporter une protection suffisante, décrite par exemple dans des normes militaires comme la norme intitulée « Military Aircrew Helmet Impact Standard », issue du « UK Ministry of Defence ».

[0003] Les solutions technologiques mises en oeuvre pour réaliser les coques de casque doivent rester simples industriellement. Les solutions classiques pour résoudre ce problème sont :

- L'emploi de matériaux thermoplastiques seuls, injectés selon la forme voulue ;
- La superposition d'une coque composite et d'une mousse absorbant l'énergie des chocs ;
- l'emploi de matériaux composites classiques. Ces derniers sont composés d'au moins deux matériaux différents : une matrice qui est une résine et un tissu tissé selon une « armure » judicieusement choisie selon l'application visée. La figure 1 représente un exemple de matériau composite comprenant trois couches de tissus T avant enrobage par la résine R. Le procédé de fabrication est représenté en figure 2. Il comprend trois étapes principales qui sont la préparation de la base en résine, l'imprégnation de l'armure par la base et la polymérisation de la structure imprégnée. On sait que ce type de matériau a des propriétés mécaniques bien supérieures aux éléments de base pris indépendamment. La matrice peut être thermoplastique ou thermodure. Le cas le plus classique de composite est le composite carbone epoxy ;

[0004] Ces solutions offrent des résistances satisfaisantes aux chocs et à la pénétration pour des épaisseurs de quelques millimètres. Toutefois, si on veut alléger ces matériaux, les leviers techniques classiques ont tous déjà été explorés. On citera la diminution du taux de résine, le choix judicieux de l'armure des fibres et de l'orientation des plis successifs du tissu, l'optimisation de la post-cuisson du monolithique ou encore l'utilisation de mousses à épaisseurs variables.

[0005] EP 1 300 089 décrit un procédé pour décorer et renforcer un casque de protection à haute résistance et un casque obtenu ainsi.

[0006] La structure selon l'invention permet soit d'améliorer la résistance au choc et à la pénétration pour une épaisseur donnée de composite, soit de diminuer l'épaisseur de composite pour une résistance au choc et à la pénétration donnée. La solution technique consiste à ajouter des polymères particuliers dans la résine du composite afin d'augmenter la résistance au choc et à la pénétration, à masse équivalente. Cet ajout est très simple industriellement, puisqu'on disperse des particules dans la base d'une résine, puis on prépare la résine, drape et enduit le composite selon le même procédé qu'une préparation classique. Afin de simplifier la réalisation du composite, l'utilisation de cette solution se limite aux zones les plus sensibles de la tête. Il a en effet été montré que les régions du haut de la tête et des oreilles supportent des énergies plus faibles que le reste du crâne avant blessure. On se reportera à l'étude de J. McEntire, in Helmet Mounted Displays :Design Issues for Rotary-Wing Aircrafts, édité par C. E. Rash pour toutes précisions sur ce sujet.

[0007] Plus précisément, l'invention a pour premier objet une coque de casque en matériau composite comprenant au moins une « armure » en tissus imprégnée d'une matrice en résine, caractérisé en ce que certaines parties de l' « armure » sont imprégnées d'une matrice en résine comportant un adjuvant apte à renforcer la résistance mécanique de la coque, lesdites parties correspondant aux zones les plus fragiles d'une tête humaine, le reste de l' « armure » étant imprégné d'une matrice en résine ne comportant pas ledit adjuvant.

[0008] Avantageusement, la résine est une résine de type époxy et l'adjuvant est à base de copolymères à blocs acryliques et plus précisément, les copolymères à blocs acryliques sont de marque « Nanostrength® » et commercialisés par la société Arkéma.

[0009] Avantageusement, les parties de l' « armure » comportant l'adjuvant sont la partie supérieure de la coque correspondant au sommet du crâne et les parties latérales gauche et droite correspondant aux oreilles.

[0010] L'invention a également pour second objet un casque de pilote comportant au moins une coque de casque selon l'une des caractéristiques précédentes.

[0011] Elle a enfin pour troisième objet un procédé de réalisation d'une coque de casque en matériau composite comprenant au moins une « armure » en tissus imprégnée d'une matrice en résine, ledit procédé comportant les étapes suivantes :

- Préparation d'une première base comportant uniquement de la résine époxy ;
- Préparation d'une seconde base comportant de la résine époxy et un adjuvant apte à renforcer la résistance mécanique ;
- Imprégnation des tissus au moyen de la seconde base dans les parties correspondant aux zones les plus fragiles d'une tête humaine ;
- Imprégnation des tissus au moyen de la première base en dehors desdites parties ;

- Polymérisation des tissus imprégnés.

[0012] L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre donnée à titre non limitatif et grâce aux figures annexées parmi lesquelles :

La figure 1 représente un matériau composite avant imprégnation ;

La figure 2 représente les principales étapes de fabrication d'un matériau composite selon l'art antérieur ;

La figure 3 représente une coque de casque selon l'invention ;

La figure 4 représente les principales étapes de fabrication d'un matériau composite selon l'invention.

[0013] Comme il a été dit, une coque de casque en matériau composite selon l'invention comprend au moins une « armure » en tissus dont certaines parties sont imprégnées d'une matrice en résine comportant un adjuvant apte à renforcer la résistance mécanique de la coque, lesdites parties correspondant aux zones les plus fragiles d'une tête humaine. On conserve une résine classique pour les autres zones de la coque. Une telle coque est représentée en figure 3. Les parties Z_N de la coque C comportant l'adjuvant comporte un motif en pointillés, les parties Z ne comprenant pas l'adjuvant sont en blanc sur cette figure. La tête H est représentée en pointillés. Ces parties de l'« armure » comportant l'adjuvant sont essentiellement la partie supérieure de la coque correspondant au sommet du crâne et les parties latérales gauche et droite correspondant aux oreilles.

[0014] On utilise plus particulièrement une résine de type époxy et l'adjuvant choisi est à base de copolymères à blocs acryliques.

[0015] Les polymères ajoutés ont une structure dite « tribloc », qui une fois formulé avec une résine époxy permet d'obtenir une structuration de la matrice à l'échelle nanométrique. Cette structuration permet de modifier de façon significative les propriétés mécaniques du composite.

[0016] Plus précisément, les copolymères à blocs acryliques sont de marque « Nanostrength® » et commercialisés par la société Arkéma. Les composés Nanostrength® se déclinent en deux familles qui sont :

- les « SBM » : acronyme de polyStyrène-block-poly (1,4-Butadiène)-block poly(Méthylméthacrylate) ;
- les « MAM » : poly(MéthylméthAcrylate)-block poly (butylacrylate)-block-poly(Méthylméthacrylate).

[0017] On peut, bien entendu, pour simplifier la réalisation de la coque, utiliser une seule résine comportant l'adjuvant pour réaliser la totalité de la coque. Cependant, la réalisation d'une telle coque présente certains inconvénients. En effet, l'ajout de polymères de type « Nanostrength® » dans les résines époxy augmente la

viscosité de la substance. Les conséquences sont une plus grande difficulté de mise en oeuvre et un taux de résine plus élevé du composite, qui le rend plus lourd et plus cassant.

[0018] A titre d'exemple de mise en oeuvre, on peut utiliser comme composite une « armure » constituée de trois plis de poly-para-phénylène téréphtalamide, plus connu sous la marque « Kevlar ». Plus précisément, on peut choisir du « Kevlar » 129 de marque Saatiara style 802 tissé Taffetas, de densité 190 g/m² et d'épaisseur 260 µm, enrobés d'une résine de référence « Epolam 2020 » commercialisée par la société Axson et représentant 40% de la masse du composite. Les parties renforcées étant constituées du même nombre de plis, du même tissu de renfort mais avec une matrice époxy chargée de « Nanostrength M22N ». Le pourcentage de « Nanostrength M22N » peut être compris entre 5% et 15%. Des essais de tenue aux chocs mécaniques sur des plaques témoin montrent que la déformation des parties renforcées au « Nanostrength® » est environ dix fois inférieure à celle des parties non renforcées.

[0019] Le procédé de réalisation de la coque est représenté schématiquement en figure 4 et comporte les étapes suivantes :

- Préparation d'une première base comportant uniquement de la résine époxy ;
- Préparation d'une seconde base comportant de la résine époxy et un adjuvant apte à renforcer la résistance mécanique ;
- Imprégnation des tissus au moyen de la seconde base dans les parties correspondant aux zones les plus fragiles d'une tête humaine ;
- Imprégnation des tissus au moyen de la première base en dehors desdites parties ;
- Polymérisation des tissus imprégnés.

[0020] Plus précisément, le mode de préparation de la seconde base avec dispersion de polymères « Nanostrength® » est le suivant :

- Mise en température de la base époxy à une température comprise entre 80 °C et 130 °C ;
- Ajout à la base époxy de 10% en masse de « Nanostrength® » ;
- Mélange avec un agitateur magnétique pendant une durée comprise entre 1 heure à 4 heures à une vitesse de 300 tours par minute ;
- Refroidissement de la formulation jusqu'à la température ambiante ;
- Ajout du durcisseur et mélange à la main jusqu'à obtenir une préparation homogène.

[0021] Le mode de préparation du composite sans polymère « Nanostrength® » est identique à la réserve près que l'on n'ajoute pas d'adjuvant dans la base époxy. Les paramètres de presse comme la pression ou la durée et de polymérisation comme la température, la pression ou

la durée sont les mêmes que ceux cités plus haut pour la résine non chargée.

[0022] On peut ensuite procéder aux imprégnations avec et sans « Nanostrength® » séquentiellement, puis presser et polymériser simultanément toutes les régions de la coque. L'imprégnation et la polymérisation des tissus comportent les étapes suivantes :

- imprégner au pinceau les plis du renfort ;
- Eliminer l'excédent de résine dans une presse à 1,5 bars à température ambiante pendant une durée de 5 minutes ;
- Polymériser l'ensemble dans une presse chauffante à 1,5 bars à 90°C pendant une durée de 90 minutes ;
- Laisser refroidir à température ambiante ;
- Post cuisson pendant 2 heures à une température de 80°C.

[0023] Lors de l'étape d'imprégnation, on applique la résine époxy avec ou sans « Nanostrength® » au pinceau pour imprégner les plis de renfort. On peut utiliser un gabarit pour délimiter les zones d'applications. Un premier gabarit masque le haut de la tête et les oreilles et permet d'appliquer la résine non chargée. Un second gabarit masque l'avant, l'arrière et les côtés de la coque et permet d'appliquer la résine chargée de « Nanostrength® ».

Revendications

1. Coque de casque (C) en matériau composite comprenant au moins une « armure » en tissus imprégnée d'une matrice en résine, **caractérisé en ce que** certaines parties (Z_N) dédiées de l'« armure » sont imprégnées d'une matrice en résine comportant un adjuvant apte à renforcer la résistance mécanique de la coque, lesdites parties correspondant aux zones les plus fragiles d'une tête humaine, le reste (Z) de l'« armure » étant imprégné d'une matrice en résine ne comportant pas ledit adjuvant.
2. Coque de casque selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la résine est une résine de type époxy et l'adjuvant est à base de copolymères à blocs acryliques.
3. Coque de casque selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** les copolymères à blocs acryliques sont de marque « Nanostrength® » et commercialisés par la société Arkéma.
4. Coque de casque selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les parties de l'« armure » comportant l'adjuvant sont la partie supérieure de la coque correspondant au sommet du crâne et les parties latérales gauche et droite correspondant aux oreilles.

5. Casque de pilote comportant au moins une coque de casque selon l'une des revendications précédentes.

6. Procédé de réalisation d'une coque de casque en matériau composite comprenant au moins une « armure » en tissus imprégnée d'une matrice en résine, ledit procédé comportant les étapes suivantes :
 - Préparation d'une première base comportant uniquement de la résine époxy ;
 - Préparation d'une seconde base comportant de la résine époxy et un adjuvant apte à renforcer la résistance mécanique ;
 - Imprégnation des tissus au moyen de la seconde base dans les parties correspondant aux zones les plus fragiles d'une tête humaine ;
 - Imprégnation des tissus au moyen de la première base en dehors desdites parties ;
 - Polymérisation des tissus imprégnés.

Claims

1. A helmet shell (C) made from composite material, comprising at least one "armure" made from fabric impregnated with a resin matrix, **characterised in that** certain dedicated parts (Z_N) of the "armure" are impregnated with a resin matrix comprising an additive that is designed to reinforce the mechanical strength of the shell, said parts corresponding to the weakest areas of a human head, the remainder (Z) of the "armure" being impregnated with a resin matrix that does not comprise said additive.
2. The helmet shell according to claim 1, **characterised in that** the resin is an epoxy type resin and the additive is based on acrylic block copolymers.
3. The helmet shell according to claim 2, **characterised in that** the acrylic block copolymers are of the "Nanostrength®" brand and are marketed by the company bearing the name Arkéma.
4. The helmet shell according to claim 1, **characterised in that** the parts of the "armure" that comprise the additive are the upper part of the shell that corresponds to the top of the skull and the left and right lateral parts that correspond to the ears.
5. A pilot helmet comprising at least one helmet shell according to any one of the preceding claims.
6. A method for manufacturing a helmet shell made from composite material, comprising at least one "armure" made from fabric impregnated with a resin matrix, said method comprising the following steps of:

- preparing a first base comprising the epoxy resin only;
- preparing a second base comprising the epoxy resin and an additive designed to reinforce the mechanical strength; 5
- impregnating the fabrics by means of the second base in the part that corresponds to the weakest areas of a human head;
- impregnating the fabrics by means of the first base outside of said parts; 10
- polymerising the impregnated fabrics.

- chanischen Festigkeit enthält;
- Imprägnieren der Gewebe mit der zweiten Basis in den Teilen, die den empfindlichsten Regionen eines menschlichen Kopfes entsprechen;
 - Imprägnieren der Gewebe mit der ersten Basis außerhalb dieser Teile;
 - Polymerisieren der imprägnierten Gewebe.

Patentansprüche

1. Schutzhelmschale (C) aus einem Verbundmaterial, das wenigstens eine "Armierung" aus Gewebe umfasst, die mit einer Harzmatrix imprägniert ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** bestimmte dedizierte Teile (Z_N) der "Armierung" mit einer Harzmatrix imprägniert sind, die einen Zusatzstoff zum Verstärken der mechanischen Festigkeit der Schale enthält, wobei die Teile den empfindlichsten Regionen eines menschlichen Kopfes entsprechen, wobei der Rest (Z) der "Armierung" mit einer Harzmatrix imprägniert ist, die den Zusatzstoff nicht enthält. 15 20 25
2. Schutzhelmschale nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Harz ein Harz des Epoxidtyps ist und der Zusatzstoff auf Acryl-Blockcopolymeren basiert. 30
3. Schutzhelmschale nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Acryl-Blockcopolymere von der von der Gesellschaft Arkéma vermarkteten Marke "Nanostrength®" sind. 35
4. Schutzhelmschale nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die den Zusatzstoff enthaltenden Teile der "Armierung" der obere Teil der Schale, der dem Scheitel des Schädels entspricht, und der linke und rechte Seitenteil sind, die den Ohren entsprechen. 40
5. Pilotschutzhelm, der wenigstens eine Schutzhelmschale nach einem der vorherigen Ansprüche umfasst. 45
6. Verfahren zur Herstellung einer Schutzhelmschale aus einem Verbundmaterial, das wenigstens eine "Armierung" aus Gewebe umfasst, die mit einer Harzmatrix imprägniert ist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte beinhaltet: 50
 - Herstellen einer ersten Basis, die nur Epoxidharz beinhaltet; 55
 - Herstellen einer zweiten Basis, die Epoxidharz und einen Zusatzstoff zum Verstärken der me-

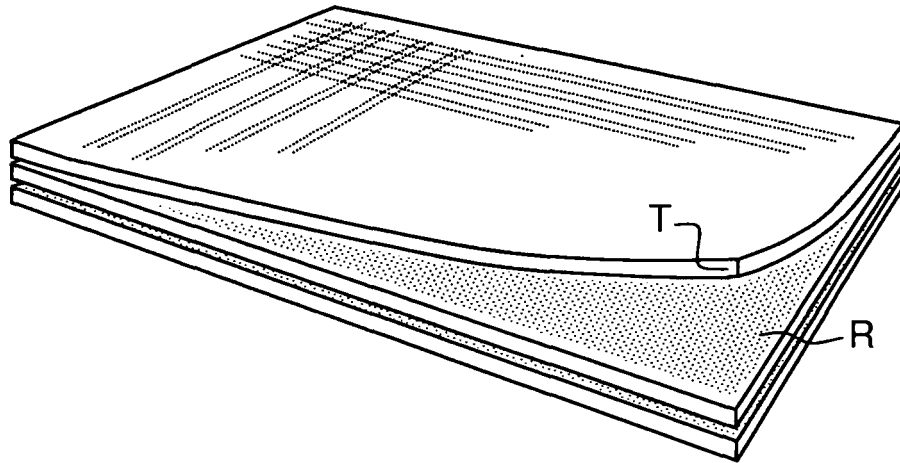


FIG. 1

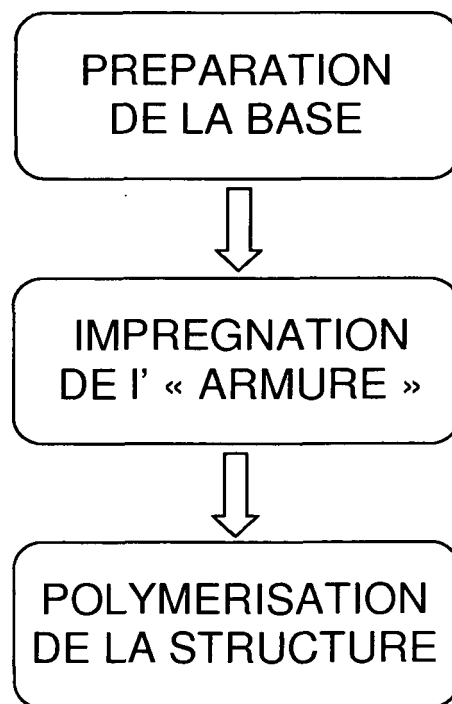


FIG. 2

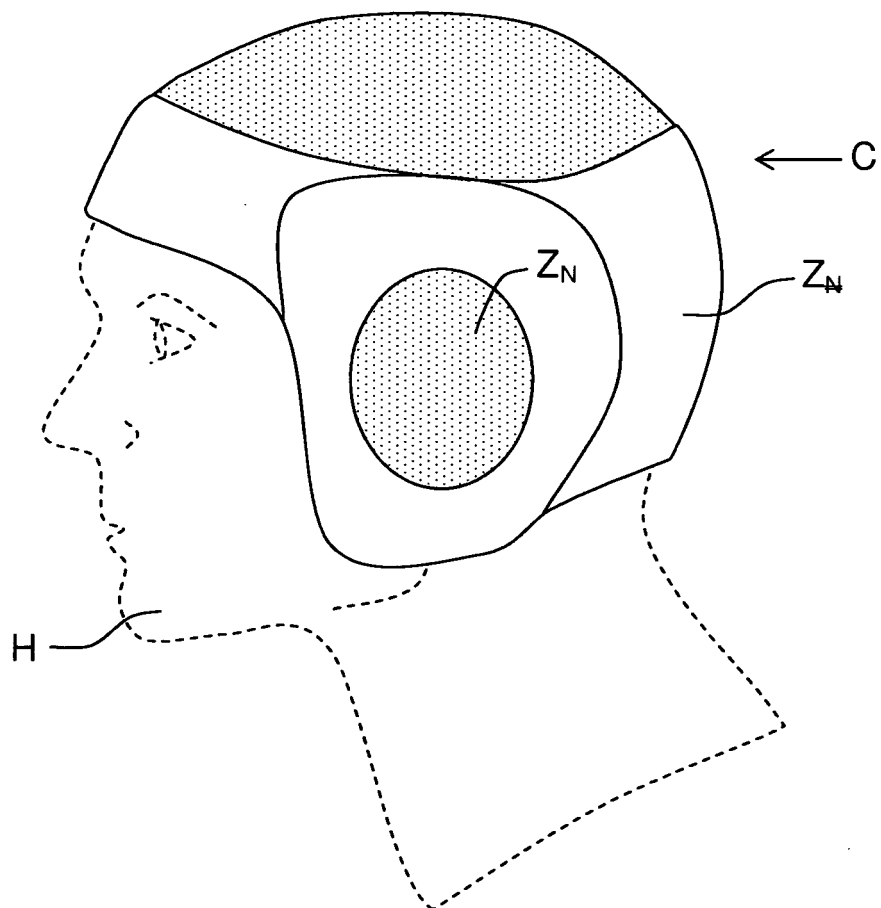


FIG. 3

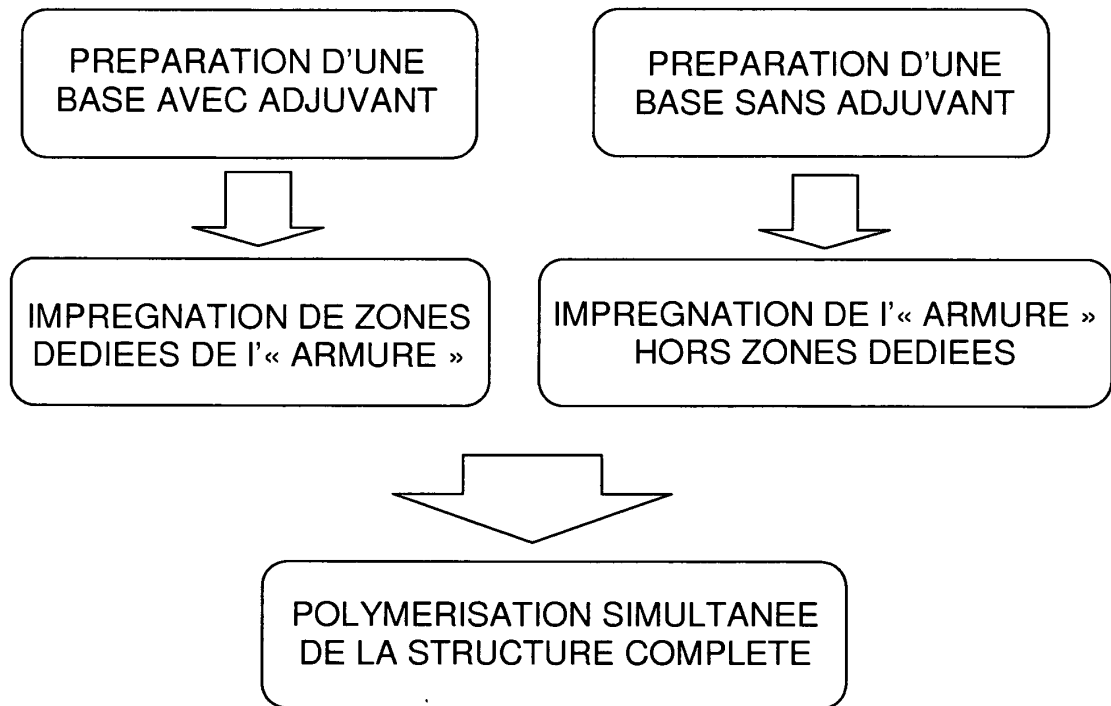


FIG. 4

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 1300089 A [0005]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **J. MCENTIRE.** Helmet Mounted Displays :Design Issues for Rotary-Wing Aircrafts [0006]