



(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2013/10/08
(87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2014/04/17
(85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2015/03/20
(86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** FR 2013/052389
(87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2014/057206
(30) **Priorité/Priority:** 2012/10/08 (FR1259552)

(51) **Cl.Int./Int.Cl. B29C 70/38** (2006.01),
B29B 15/10 (2006.01), **B29C 35/02** (2006.01),
B29C 35/16 (2006.01), **B29C 70/30** (2006.01),
C08J 5/24 (2006.01)
(71) **Demandeur/Applicant:**
AIRBUS GROUP SAS, FR
(72) **Inventeurs/Inventors:**
CAVALIERE, FREDERICK, FR;
RENONCOURT, ALAIN, FR;
LEFEBURE, PATRICE, FR
(74) **Agent:** BCF LLP

(54) **Titre : PROCÉDE DE REALISATION DE PIECES COMPOSITES THERMODUCISSABLES PAR DRAPAGE DE MATERIAU PREIMPREGNE**
(54) **Title: METHOD FOR PRODUCING THERMOSETTING COMPOSITE PARTS BY DRAPE-FORMING OF PREIMPREGNATED MATERIAL**

(57) **Abrégé/Abstract:**

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un matériau pré-imprégné partiellement polymérisé, ledit procédé comportant : - une étape d'imprégnation de fibres avec de la résine thermodurcissable, - une étape de polymérisation partielle de la résine à un taux compris entre 10% et 60%. L'invention concerne également la réalisation de pièces composites thermodurcissables par drapage du matériau pré-imprégné selon les étapes suivantes : - dépose du matériau sous forme de rubans, - chauffage du matériau déposé, à une température supérieure de la température de transition vitreuse de l'état pré-imprégné, - pressage du matériau déposé, - refroidissement du matériau déposé, permettant de revenir à une température inférieure à la température de transition vitreuse de l'état pré-imprégné considéré.



(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

**(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle**
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
17 avril 2014 (17.04.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2014/057206 A3

(51) Classification internationale des brevets :

B29C 70/38 (2006.01) **C08J 5/24** (2006.01)
B29C 35/02 (2006.01) **B23K 101/10** (2006.01)
B29C 35/16 (2006.01) **B29K 105/08** (2006.01)
B29B 15/10 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2013/052389

(22) Date de dépôt international :

8 octobre 2013 (08.10.2013)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1259552 8 octobre 2012 (08.10.2012) FR

**(71) Déposant : EUROPEAN AERONAUTIC DEFENCE
AND SPACE COMPANY EADS FRANCE [FR/FR];**
37, Boulevard de Montmorency, F-75016 Paris (FR).

(72) Inventeurs : CAVALIERE, Frédéric; 9, Quai Fernand
Pouillon, F-78180 Montigny Le Bretonneux (FR). **RE-**
NONCOURT, Alain; 55, rue Guy Moquet, F-92240 Mala-
koff (FR). **LEFEBURE, Patrice;** 13 rue de la Vallée, F-
44700 Orvault (FR).

(74) Mandataire : CHAUVEAU, Ariane; Schmit Chretien, 8,
place du Ponceau, F-95000 Cergy (FR).

**(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) :** AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

**(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) :** ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

**(88) Date de publication du rapport de recherche internatio-
nale :**

26 juin 2014

(54) Title : METHOD FOR PRODUCING THERMOSETTING COMPOSITE PARTS BY DRAPE-FORMING OF PREIMPREGNATED MATERIAL

(54) Titre : PROCÉDÉ DE RÉALISATION DE PIÈCES COMPOSITES THERMODUCISSABLES PAR DRAPAGE DE MATÉRIAU PRÉIMPRÉGNÉ

(57) Abstract : The present invention relates to a method for manufacturing a partially polymerized, preimpregnated material, said method comprising: - a step of impregnation of fibres with thermosetting resin, and - a step of partial polymerization of the resin to a degree of between 10% and 60%. The invention also relates to the production of thermosetting composite parts by drape-forming of the preimpregnated material according to the following steps: - depositing the material in the form of strips, - heating the deposited material, to a temperature above the glass transition temperature of the preimpregnated state, - pressing the deposited material, and - cooling the deposited material, making it possible to return to a temperature below the glass transition temperature of the preimpregnated state under consideration.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un matériau pré-imprégné partiellement polymérisé, ledit procédé comportant : - une étape d'imprégnation de fibres avec de la résine thermodurcissable, - une étape de polymérisation partielle de la résine à un taux compris entre 10% et 60%. L'invention concerne également la réalisation de pièces composites thermodurcissables par drapage du matériau pré-imprégné selon les étapes suivantes : - dépose du matériau sous forme de rubans, - chauffage du matériau déposé, à une température supérieure de la température de transition vitreuse de l'état pré-imprégné, - pressage du matériau déposé, - refroidissement du matériau déposé, permettant de revenir à une température inférieure à la température de transition vitreuse de l'état pré-imprégné considéré.



WO 2014/057206 A3

PROCEDE DE REALISATION DE PIECES COMPOSITES
THERMODURCISSABLES PAR DRAPAGE DE MATERIAU
PREIMPREGNE

5 La présente invention concerne le domaine des pièces composites therm durcissables, et plus particulièrement un procédé de fabrication de telles pièces par drapage de matériau pré-imprégné partiellement polymérisé.

10 La présente invention concerne notamment les pièces composites aéronautiques, et notamment toute pièce de structure d'aéronef ou hélicoptère: fuselage, voilure, pointe avant, radôme, dérive, plans horizontaux, cellule hélico, pales, fenestron ..., mais peut également être étendue à toutes pièces composites therm durcissables hors domaine aéronautique.

15 Actuellement, les pièces composites therm durcissables sont réalisées à partir de matériau pré-imprégné de résine sous forme de bandes ou rubans (plis) à l'état non polymérisé. Ces matériaux sont généralement stockés à -18°C afin de maintenir la résine à un taux de polymérisation inférieur à 20%. Le drapage des plis peut être réalisé manuellement ou de
20 manière automatique (et notamment selon la technique ATL pour « Automated Tape Laying » selon la terminologie anglaise ou AFP pour « Automated Fiber Placement » selon la terminologie anglaise). Ce drapage est réalisé via une tête mécanique équipée de moyens d'alimentation des plis et de moyens de pression, et éventuellement de découpe des plis et de
25 chauffe. Le matériau est chauffé juste avant la dépose afin d'augmenter la pégoité de la résine lors du drapage des différents plis les uns sur les autres. L'application de la pression sur les plis est réalisée via un rouleau presseur.

30 L'inconvénient de ces types de techniques est qu'elles nécessitent la réalisation de compactages intermédiaires sous vide dès que quelques couches sont drapées, par exemple toutes les 5 ou 6 couches, et variable

d'une pièce à l'autre. Ce compactage intermédiaire permet d'évacuer en partie de l'air emprisonné aux interplis lors du drapage et d'assurer un maintien correct des différentes couches du stratifié entre elles, par action de la pégosité.

5 Afin de pallier ce type d'inconvénient, certains procédés utilisent un galet presseur équipé d'une sonotrode (technique UTL pour « Ultrasonic Tape Laying » selon la terminologie anglaise) afin de diminuer la quantité d'air emprisonné aux interplis grâce aux ultrasons émis. Cependant, l'utilisation d'un tel procédé diminue la vitesse de dépose et donc baisse la
10 productivité, et n'empêche pas totalement la nécessité de compactages intermédiaires.

Les compactages intermédiaires sont très coûteux en temps, compliquent le procédé et le dispositif utilisé, et ne suppriment pas la nécessité de polymériser la pièce sous pression en autoclave afin d'assurer
15 une bonne tenue de la matière de la pièce finale.

La présente invention a donc pour objet de pallier un ou plusieurs des inconvénients de l'art antérieur en proposant un procédé de réalisation de pièces composites thermodurcissables par drapage de plis de matériau pré-imprégné qui permet de supprimer les compactages intermédiaires sans
20 dégrader la vitesse de dépose, et permet dans certains cas de réaliser l'étape de polymérisation finale hors autoclave.

Pour cela la présente invention propose un procédé de fabrication d'un matériau pré-imprégné partiellement polymérisé, ledit procédé comportant une étape d'imprégnation de fibres avec de la résine
25 thermodurcissable et une étape de polymérisation partielle de la résine à un taux compris entre 10% et 60%. Préférentiellement, la polymérisation partielle de la résine est réalisée à un taux compris entre 20% et 50%.

Selon différents modes de réalisation de l'invention, l'étape d'imprégnation des fibres est réalisée avant ou après l'étape de
30 polymérisation partielle de la résine.

L'invention se rapporte également à un matériau pré-imprégné partiellement polymérisé, susceptible d'être obtenu par le procédé tel que décrit ci-dessus. Un tel matériau peut être stocké à la température ambiante, de l'ordre de 20°C, pendant une longue période de l'ordre de plusieurs mois.

5 Selon un mode de réalisation de l'invention, le matériau est constitué d'une multicouche de résines partiellement polymérisées.

L'invention se rapporte également à un procédé de réalisation de pièces composites thermodurcissables par drapage du matériau pré-imprégné partiellement polymérisé décrit ci-dessus, ledit procédé
10 comportant :

- une étape de dépose du matériau sous forme de rubans,
- une étape de chauffage du matériau déposé, à une température supérieure à la température de transition vitreuse de l'état pré-imprégné considéré,
- 15 - une étape de pressage du matériau déposé,
- une étape de refroidissement du matériau déposé, permettant de revenir à une température inférieure à la température de transition vitreuse de l'état pré-imprégné considéré,

les températures des étapes de chauffage et refroidissement et la
20 pression de l'étape de pressage étant déterminées de façon à ce que la pièce obtenue comporte des porosités ouvertes.

Selon différents modes de réalisation de l'invention, l'étape de chauffage est réalisée immédiatement avant l'étape de pressage ou simultanément à l'étape de pressage.

25 Selon différents modes de réalisation de l'invention, l'étape de refroidissement est réalisée immédiatement après l'étape de pressage ou simultanément à l'étape de pressage.

Selon un mode de réalisation de l'invention, une étape de polymérisation finale est réalisée en étuve.

Selon un mode de réalisation de l'invention, le procédé comprend une première étape de stockage du matériau pré-imprégné à température ambiante.

L'invention se rapporte également à une pièce composite thermosable susceptible d'être obtenue par un procédé tel que décrit ci-dessus.

Description détaillée

10 La présente invention concerne un procédé de réalisation de pièces composites thermosables par drapage de fibres d'un nouveau matériau pré-imprégné ayant préalablement subi un cycle de polymérisation partielle, également appelé matériau pré-imprégné mi-cuit.

L'étape de drapage réalisée dans le procédé selon l'invention, est de 15 façon préférentielle manuelle, semi-automatique ou automatique.

Le drapage manuel est entièrement réalisé à la main.

Le drapage semi-automatique consiste à réduire l'intervention manuelle à la manipulation des plis. La découpe des plis, la bonne disposition des plis sur le moule au fur et à mesure de leur mise en place, le 20 passage d'un poste de travail à un autre sont réalisées de façon automatique.

Le drapage automatique consiste à utiliser une machine qui dépose elle-même les plis découpés, un par un.

Lors de l'étape de drapage, le matériau est chauffé ponctuellement de 25 façon à permettre l'accroche des plis entre eux, et pressé par un rouleau.

Plus précisément, le chauffage est réalisé à certains endroits de l'interface du pli déjà déposé et du pli déposé au moment du drapage. Le chauffage est réalisé par toutes méthodes connues de l'homme du métier et par exemple par torche, radiant, laser, infrarouge.... Lors du chauffage l'état 30 de viscosité du matériau pré-imprégné est très proche de celui d'un matériau non-polymérisé. Cet état permet l'accroche des plis entre eux.

Le matériau est refroidi immédiatement après le passage du rouleau de compression. Les couples chauffage/pression et pression/refroidissement du matériau pré-imprégné sont définis de façon à ce que les plis présentent l'accroche nécessaire les uns par rapport aux autres après passage du
5 rouleau.

Lorsque l'étape de drapage est terminée, la polymérisation finale du matériau formant la pièce obtenue peut être réalisée en étuve si la mise sous vide pendant l'étape de polymérisation finale permet de drainer tout l'air contenu dans le stratifié, et en autoclave dans le cas contraire.

10 Les différents paramètres du procédé et plus précisément :

- le taux de pré-polymérisation du matériau mi-cuit considéré,
- la température de chauffage du matériau au moment du drapage qui doit être supérieure à la température de transition vitreuse du matériau mi cuit considéré, la température de transition vitreuse
15 étant définie comme représentant l'intervalle de température à travers lequel la matière passe d'un état caoutchouteux à un état vitreux, solide, rigide, cette température de transition vitreuse du matériau mi-cuit est préférentiellement comprise entre 20°C et 150°C. Cette température dépend du taux de pré-polymérisation,
- 20 - la pression du rouleau,
- la température à la sortie du rouleau, qui doit être très rapidement inférieure à la température de transition vitreuse du matériau mi cuit,
- 25 - le type de chauffage qui peut être laser, par infra-rouge, par air chaud ou autre,

sont déterminés de façon à ce que le stratifié obtenu comporte des cavités ouvertes ou porosités non fermées. La porosité ouverte associée à un très bon vide et à une bonne fluidité à chaud de la résine du stratifié mi-cuit lors de la polymérisation finale, autorise dans certains cas une polymérisation
30 finale en étuve, au lieu de réaliser une polymérisation en autoclave comme cela est le cas pour les techniques de l'art antérieur. Un très bon vide doit

être atteint avant que la température ne dépasse la température de transition vitreuse du matériau mi-cuit considéré.

Plus précisément, la température de chauffage pendant le drapage est supérieure à la température de transition vitreuse du matériau mi cuit et inférieure ou égale à 250 °C.

La température de transition vitreuse est mesurée par analyse calorimétrique différentielle (DSC) selon la norme ISO 11357-2, suivant la méthode du point d'inflexion. Cette mesure de Tg est réalisée sur le matériau pré-imprégné partiellement polymérisé avant drapage.

La température de refroidissement est inférieure à la température de transition vitreuse du matériau mi cuit et supérieure ou égale à 20 °C.

La maîtrise de l'accroche ponctuelle est rendue possible par le fait que le matériau utilisé dans le cadre du procédé selon l'invention est mi-cuit.

Dans le cadre de l'invention, on entend par matériau partiellement polymérisé ou mi-cuit, un matériau ayant subi un cycle de polymérisation partielle et dont le taux de polymérisation est compris entre 10 et 60%, et de préférence entre 20 et 50%. De manière préférentielle, le taux de polymérisation doit rester en dessous du point de gel de la résine utilisée pour l'imprégnation. Le taux de polymérisation est choisi également pour permettre le stockage du matériau à la température ambiante, de l'ordre de 20 °C, pendant une longue période de l'ordre de plusieurs mois, voire années.

Le taux de polymérisation est mesuré par analyse calorimétrique différentielle (DSC) selon la norme ISO 11357-5. Le taux de polymérisation est calculé avant drapage à partir de l'enthalpie de réaction du matériau testé partiellement polymérisé et de l'enthalpie de réaction du même matériau non polymérisé et servant de référence.

Le nouveau matériau pré-imprégné partiellement polymérisé utilisé dans le procédé de la présente invention peut être obtenu par différentes méthodes de fabrication du matériau.

Une première méthode de fabrication du matériau consiste à réaliser dans un premier temps une pré-imprégnation classique des fibres de type carbone, verre ou toutes autres fibres pouvant être utilisées pour la réalisation de structures. Les résines d'imprégnation peuvent être de type, 5 époxyde, polyimide, cyanate, benzoxazine ou toutes autres natures de résine thermodurcissable pouvant être utilisées pour la réalisation de pré-imprégné pour la fabrication de structures, Ces fibres imprégnées sont ensuite mises sous séparateurs et enroulées autour d'un mandrin. Les bobines formées par les fibres pré-imprégnées et enroulées sont ensuite mi-cuites c'est-à-dire 10 polymérisées partiellement, avec des températures qui dépendent de la réactivité de la résine considérée mais qui sont comprises entre 50°C et 180°C avec des temps pouvant être compris entre quelques minutes à quelques heures. Il est nécessaire pendant ce procédé de vérifier que les séparateurs sont compatibles avec les températures de mi-cuisson, qu'ils ne 15 polluent pas le pré-imprégné pendant la phase de mi-cuisson, que le taux de polymérisation est bien le même partout (+/- epsilon). Ce procédé présente l'avantage de peu modifier le mode de réalisation déjà connu des pré-imprégnés.

Une autre méthode de fabrication du matériau consiste à pré- 20 imprégner des fibres avec de la résine préalablement partiellement polymérisée et maintenue à une température supérieure à la température de transition vitreuse du matériau mi cuit, durant la phase d'imprégnation, de calandrage, et si nécessaire pendant la phase d'insertion de nodules thermoplastiques en surfaces du pré-imprégné si ce dernier le nécessite. Ce 25 procédé présente l'avantage d'une bonne maîtrise du taux de polymérisation partielle, permet de conserver un bon alignement des fibres, permet de moins introduire de contraintes dans le matériau mi-cuit ce qui peut faciliter sa manipulation, et surtout permet de supprimer les séparateurs.

Une autre méthode de fabrication du matériau, qui est un mélange 30 des deux précédentes, consiste à réaliser une pré-imprégnation de fibres dans un bain de résine éventuellement partiellement pré-polymérisée. Ces

fibres pré-imprégnées subissent ensuite un cycle de mi-cuisson afin d'amener le matériau pré-imprégné au taux de polymérisation requis, avant ou après le bobinage sur mandrin.

5 Dans toutes les méthodes de fabrication du matériau, la polymérisation partielle est réalisée à chaud ou de toute autre manière permettant la polymérisation, et par exemple sous l'action de micro-ondes, par polymérisation par bombardement d'électrons ...

10 Avec ces types de méthodes de fabrication du matériau, l'énergie dépensée pour la mi-cuisson du matériau (quelques heures à des températures de 50°C à 180°C) est bien plus faible que l'énergie dépensée pour le stocker à -18°C sur de longues durées pouvant atteindre plusieurs mois comme cela est le cas dans l'art antérieur.

15 Selon une variante le matériau pré-imprégné est constitué d'une multicouche de résines, c'est-à-dire plusieurs résines, choisies parmi les types de résines décrits précédemment. Les résines sont soit des résines de types différents compatibles entre elles avec un même taux de polymérisation, soit un même type de résine avec des taux de polymérisation différents, compris préférentiellement dans la fourchette 10% - 60%, soit un mélange de résines de types différents et avec des taux de
20 polymérisation différents.

25 Selon un mode de réalisation, un pré-imprégné multicouche est réalisé avec une première résine avec un taux de polymérisation suffisamment avancé pour assurer une bonne tenue de la matière à cœur du pli, taux de polymérisation pouvant dans ce cas être supérieur à 60%, et une deuxième résine en surfaces du pli pour améliorer la drapabilité. Une meilleure fluidité de la résine à la température de drapage favorisant un bon étalement de la résine et donc une diminution des porosités aux interplis dans les zones de chauffe. Un tel matériau est par exemple réalisé par imprégnations successives dans différents bains de résines.

Selon un mode de réalisation de l'invention, l'aspect de surface du matériau présente est granuleux, ce qui permet l'obtention de porosités ouvertes après drapage.

Le matériau partiellement polymérisé utilisé dans le cadre de l'invention est ainsi un matériau stable dans le temps, stockable à température ambiante et dont la polymérisation est réactivable simplement à tout moment par exemple par chauffage.

Ce matériau possède :

- 10 - un taux d'imprégnation compris entre 25% et 75% en volume de résine,
- un taux de polymérisation compris entre 10% et 60%, quelle que soit sa présentation,
- une présentation permettant sa manipulation, manuelle ou machine,
- 15 - un état de surface facilitant la création des porosités ouvertes et le drainage, et donc adapté au procédé de drapage selon l'invention.

Selon une variante, le procédé de réalisation de pièces composites thermoscurcissables selon l'invention comprend ainsi une étape de fabrication du matériau pré-imprégné et partiellement polymérisé telle que précédemment décrite.

Le procédé de réalisation de pièces composites thermoscurcissables selon l'invention présente ainsi les avantages suivants :

- 25 - la résine partiellement polymérisée des plis pré-imprégnés présente un aspect rigide et sec, sans pégoité. Le matériau pré-polymérisé est stable et se stocke à la température ambiante,
- les compactages intermédiaires à la température ambiante sont supprimés,
- le fait de polymériser partiellement le matériau permet d'évacuer les solvants pendant cette phase de polymérisation partielle, et
- 30 cela même avec des matériaux imprégnés par enduction, par extrusion (fusion) à chaud (ou « *hot melt* » selon la terminologie anglaise),

- le fait que le matériau soit déjà partiellement polymérisé permet d'adapter le cycle de polymérisation finale avec une possible réduction de la durée,

- lors du cycle de polymérisation finale, le fait d'avoir réalisé un stratifié mi-cuit avec des porosités ouvertes permet d'obtenir un bon drainage de l'air qui n'est pas emprisonné. Ce qui autorise dans certaines conditions le passage en étuve plutôt qu'en autoclave. Un très bon vide doit être atteint avant d'atteindre la température de transition vitreuse du matériau.

10 ***Exemple de réalisation de l'invention***

Un panneau plan est réalisé selon les étapes suivantes :

- Pré-polymérisation d'un matériau carbone/Epoxy classe 180 à un taux d'environ 40% ;
- 15 - Stockage du matériau à température ambiante d'environ 21 °C ;
- Drapage de 12 plis croisés de Carbone/Epoxy, grade 134g/m² ;
- Lors du drapage, chauffage du matériau par laser sur une ligne parallèle aux fibres déposées à une température de l'ordre de 150 °C ;
- La phase de chauffage est immédiatement suivie d'une phase de
- 20 pressage par un rouleau ;
- La pression du rouleau lors de la phase de pressage est voisine de 3 bars ;
- Le refroidissement a lieu pendant la phase de pressage ;
- Polymérisation finale à une température de 180 °C pendant 2h.

25

Les figures 1, 2 et 3 illustrent les évolutions des paramètres suivants en fonction du temps :

- Figure 1 : évolution du taux de pré-polymérisation avant et après drapage ;
- 30 - Figure 2 : Evolution des paramètres pression, température et viscosité au cours du drapage ;

- Figure 3 : évolution du taux de polymérisation au cours du cycle de polymérisation finale.

La figure 1 illustre la très faible augmentation du taux de pré-polymérisation du matériau au cours du drapage. Si le taux avant dépose
5 avait une valeur « alpha », la valeur après dépose sera « alpha + epsilon ». La phase de drapage est représentée par le pic de température.

La figure 2 illustre les phases suivantes :

- L'augmentation de température intervient immédiatement avant le passage du rouleau.

10 - Simultanément à la chauffe, la viscosité du matériau diminue. La résine redevient pégeuse, voire liquide.

- Une fois que le matériau a atteint une température supérieure à la température de transition vitreuse le rouleau vient presser le matériau (augmentation de la pression sur le matériau, la sortie du rouleau est
15 représentée par la chute de pression).

- Pendant la phase de pressage, on peut amorcer la phase de refroidissement.

- Simultanément au refroidissement, la viscosité du matériau augmente jusqu'à redevenir solide, rigide et sec.

20 La figure 3 illustre la phase de polymérisation finale. La pièce qui a été drapée présente un taux de polymérisation « alpha + epsilon » qui n'a pas évolué depuis le drapage. Le maintien de la pièce à la température de polymérisation pendant plusieurs heures permet de polymériser complètement la pièce.

25

REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un matériau pré-imprégné partiellement polymérisé, ledit procédé comportant :
- 5 - une étape d'imprégnation de fibres avec de la résine thermodurcissable,
- une étape de polymérisation partielle de la résine à un taux compris entre 10% et 60%.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la polymérisation partielle de la résine est réalisée à un taux compris entre 20% et 50%.
- 10 3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel l'étape d'imprégnation des fibres est réalisée avant l'étape de polymérisation partielle de la résine.
4. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel l'étape de polymérisation partielle de la résine est réalisée avant l'étape d'imprégnation des fibres.
- 15 5. Matériau pré-imprégné partiellement polymérisé, susceptible d'être obtenu par le procédé selon une des revendications 1 à 4.
6. Matériau selon la revendication 5, constitué d'une multicouche de résines partiellement polymérisées.
- 20 7. Procédé de réalisation de pièces composites thermodurcissables par drapage d'un matériau pré-imprégné partiellement polymérisé selon l'une des revendications 5 à 6, ledit procédé comportant :
- 25 - une étape de dépose du matériau sous forme de rubans,
- une étape de chauffage du matériau déposé, à une température supérieure à la température de transition vitreuse de l'état pré-imprégné considéré,
- une étape de pressage du matériau déposé,

- une étape de refroidissement du matériau déposé, permettant de revenir à une température inférieure à la température de transition vitreuse de l'état pré-imprégné considéré,

5 les températures des étapes de chauffage et refroidissement et la pression de l'étape de pressage étant déterminées de façon à ce que la pièce obtenue comporte des porosités ouvertes.

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel l'étape de chauffage est réalisée immédiatement avant l'étape de pressage.

10 9. Procédé selon la revendication 7, dans lequel l'étape de chauffage et l'étape de pressage sont réalisées simultanément.

10. Procédé selon l'une des revendications 7 à 9, dans lequel l'étape de refroidissement est réalisée immédiatement après l'étape de pressage.

15 11. Procédé selon l'une des revendications 7 à 9, dans lequel l'étape de pressage et l'étape de refroidissement sont réalisées simultanément.

12. Procédé selon l'une des revendications 7 à 11, dans lequel une étape de polymérisation finale est réalisée en étuve.

20 13. Procédé selon l'une des revendications 7 à 12, comprenant une première étape de stockage du matériau pré-imprégné à température ambiante.

14. Pièce composite thermodurcissable susceptible d'être obtenue par un procédé selon l'une des revendications 7 à 13.

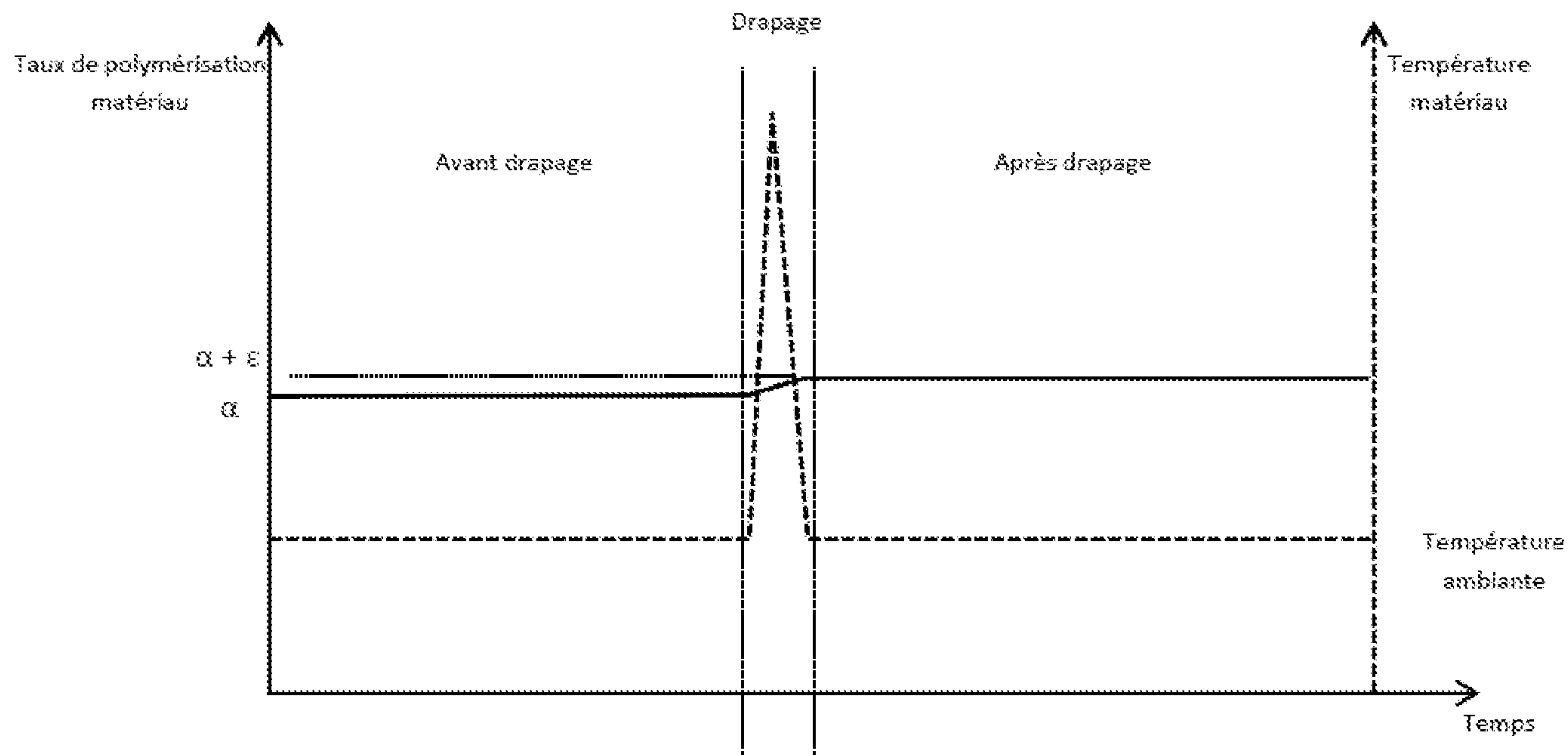


Fig. 1

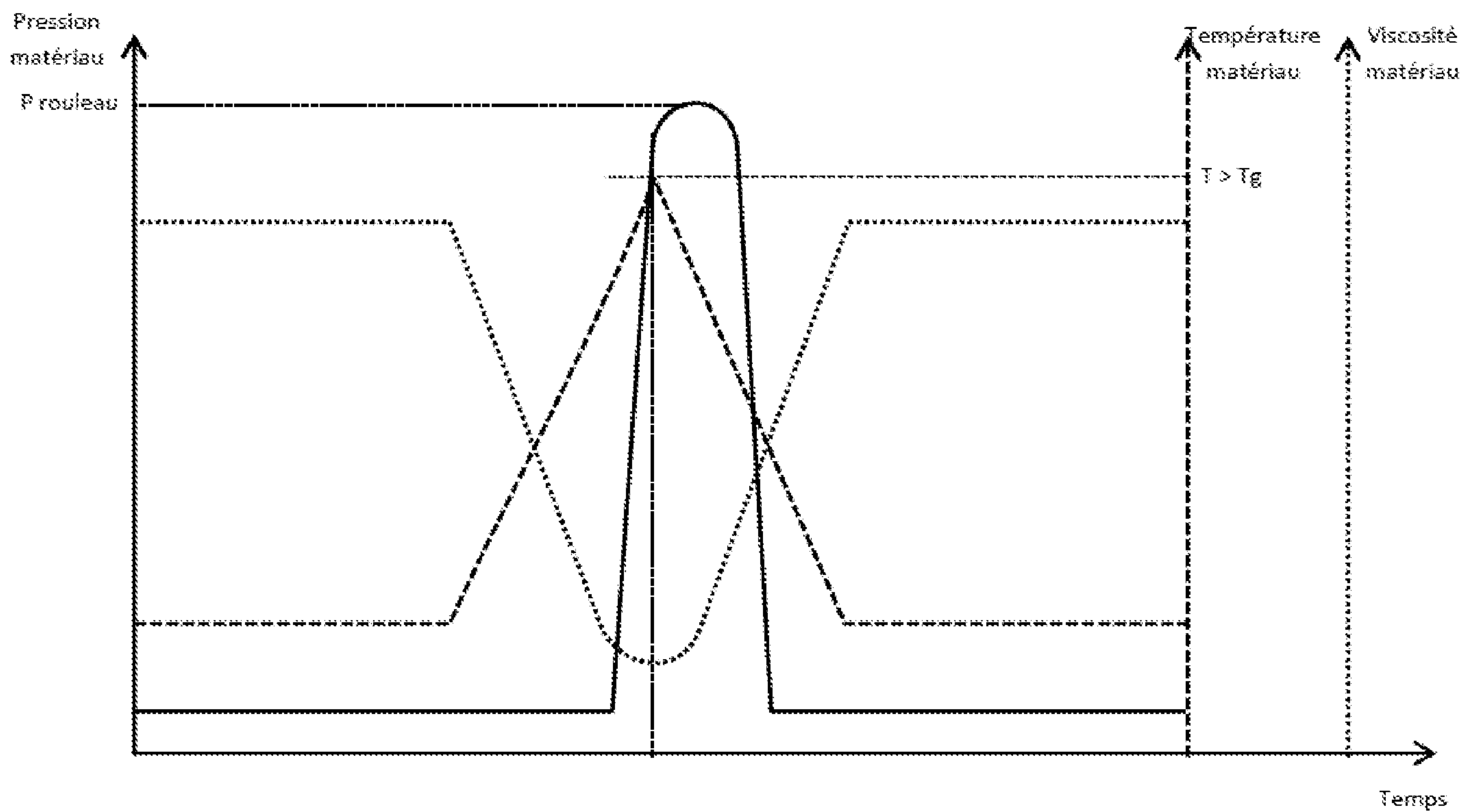


Fig. 2

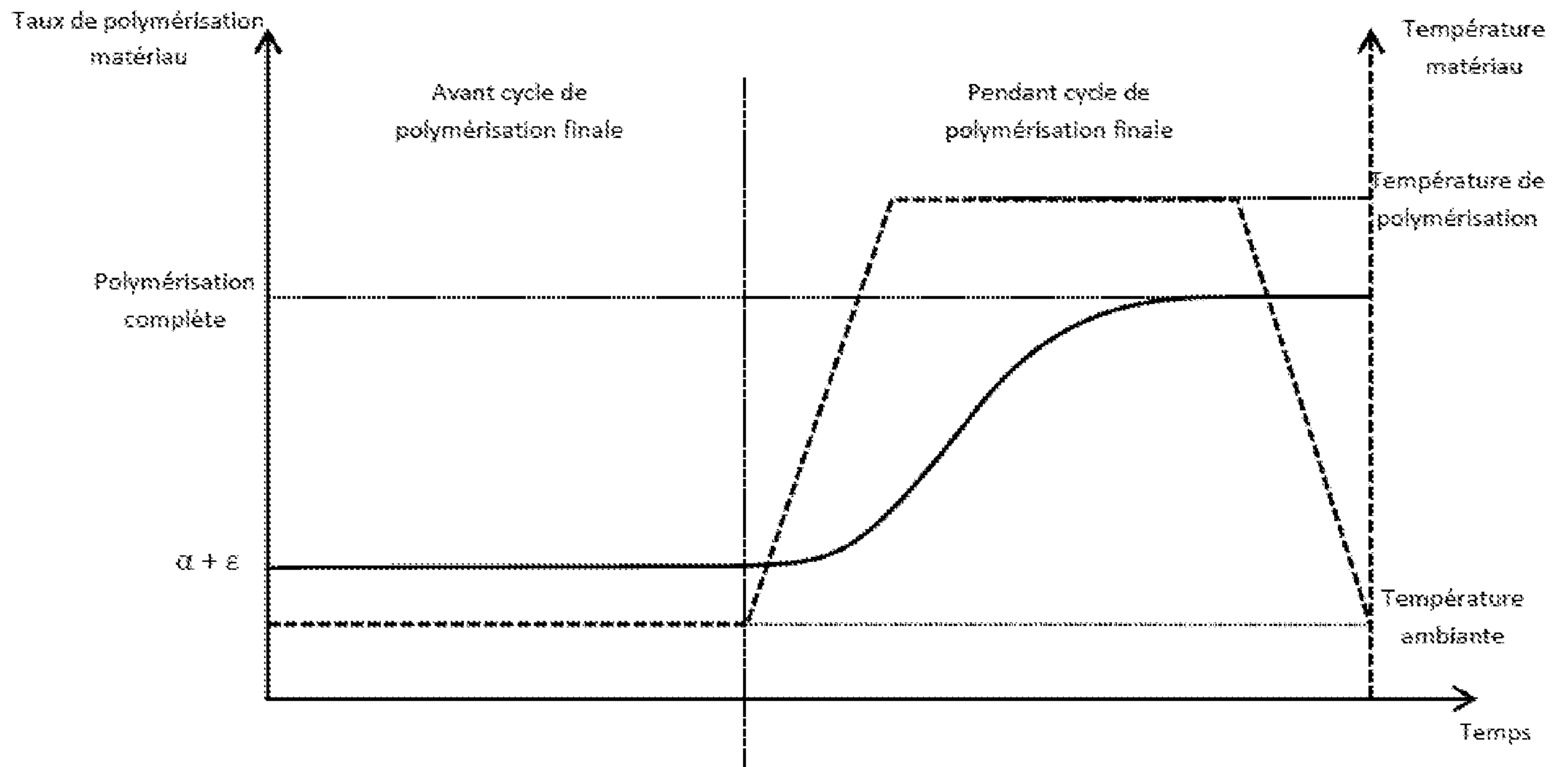


Fig. 3