



Livrable n°4.6.2

Prototype de pale éolienne en époxy renforcée par des préformes de lin FLOWER

Université de Cambridge



Interreg 
EUROPEAN UNION
France (Channel
Manche) England

European Regional Development Fund



Partenaires

PP Responsable : Université de Cambridge

Partenaires impliqués : Teillage Vandecandelaère, UBS

Soutenu par Ian Hanks (Cambtec Pattern & Model Making, UK)

Contenu

➤ Objectifs:

Les pales de rotor sont fabriquées à partir de composites non recyclables - 2,5 millions de tonnes par an - qui sont mis en décharge à grande échelle lorsqu'elles arrivent en fin de vie (15 à 25 ans). L'Europe à elle seule mettra hors service 25ktonnes de pales par an d'ici 2025, ce qui a poussé l'agence européenne de l'énergie éolienne, WindEurope, à demander l'interdiction de la mise en décharge des pales d'éoliennes mises hors service d'ici 2025 (WindEurope, 2020). Les entreprises d'énergie éolienne visent également la neutralité carbone d'ici à 2030 et des éoliennes sans aucun déchet d'ici à 2040. Les composites à base de fibres végétales peuvent avoir un rôle à jouer dans la durabilité du secteur de l'énergie éolienne - au minimum, ils permettent l'incinération pour la récupération d'énergie et séquestrent 1,5 kg de CO₂eq pour chaque kg de fibres végétales utilisé.

Cette étude vise à remplacer le verre/polyamide court (30 % de fibres) dans des lames de 1 m de long par un biocomposite de lin, produit avec un nouveau renfort biaxial sans sertissage développé par les partenaires industriels dans le cadre du projet FLOWER. Les fibres de lin ont une faible densité, des propriétés spécifiques impressionnantes et peuvent être produites dans une pléthore de formes de renforcement composite comme aucune autre fibre naturelle (Bourmaud et al., 2018 ; Pil et al., 2016). Les pales sont destinées à un système de micro-éolienne à axe horizontal de 1 kW (figure 1, à gauche).

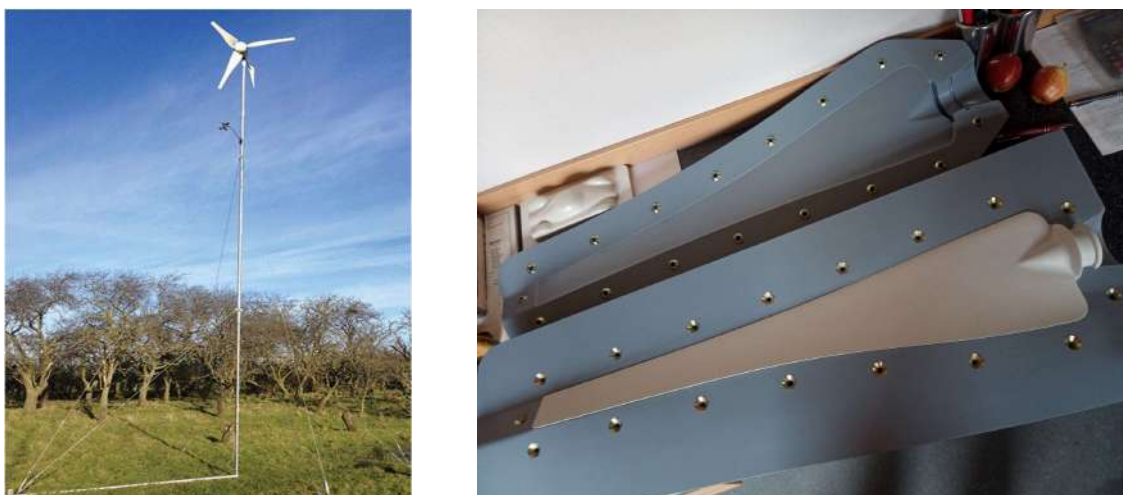


Figure 1. Le système d'éolienne Airforce1 (à gauche), avec un échantillon de pale et un outil de moulage composite fabriqué pour la pale (à droite).

➤ Matières:



Les NCF de lin sont fournis par Teillage Vandecandelaère ; il s'agit d'un tissu BX TV 312 à couture biaxiale non crêpé, d'une densité surfacique de 312 g/m².

La résine époxy Infugreen 810 avec le durcisseur standard SD 8824 (Sicomix Epoxy Systems, France) a été utilisée. La fabrication des lames a eu lieu dans les 30 minutes suivant le mélange de la résine et a été réalisée par stratification manuelle dans des conditions ambiantes (environ 15 °C), la viscosité de la résine étant estimée à environ 400 mPa.s.

Un gelcoat transparent polyester compatible époxy GC50, avec catalyseur MEKP, a été utilisé (Easycomposites, UK).

➤ Méthodes et Résultats:

Un outil de moulage en composite fibre de verre-vinylester a d'abord été fabriqué pour l'aube de la turbine en utilisant l'aube conventionnelle comme modèle (figure 1, à droite). L'outil permet de fabriquer des systèmes thermodurcissables dont l'exothermie peut atteindre 120 °C. Il s'agit d'un outil en deux parties qui permet de fabriquer la pale en deux parties distinctes, qui ont ensuite été collées ensemble avec la même résine que celle utilisée pour imprégner le renfort.

Des essais préliminaires de moulage ont été réalisés sur une surface d'outil de moulage similaire afin de tester la manière dont les matériaux lin-époxy fonctionnent ensemble, les dommages qu'ils pourraient causer au moule (en raison de la réaction exothermique lors de la réticulation de la résine) et la facilité de démoulage. Ces essais ont été couronnés de succès et ont permis d'obtenir des pièces de garde-boue de moto très bien imprégnées et présentant une surface brillante (figure 2).



Figure 2. Essai préliminaire réussi de pose à la main sur la surface de l'outil de moulage.

Pour la fabrication de la lame, le tissu BX TV 312 a été posé à $\pm 45^\circ$ par rapport à la longueur/l'axe de la lame (figure 3). Le détail de la jonction de la racine de la lame a nécessité le découpage de certaines fibres en fibres courtes et leur mélange avec la résine pour remplir le moule. Une couche de tissu BX TV 312 a été posée sur chaque moitié de l'outil de moulage, et deux couches supplémentaires ont été placées le long de l'épine dorsale centrale de la lame, près de la racine, sur une longueur d'environ 100 mm (figure 3).



Figure 3. Images de fabrication des pales

Les deux moitiés des lames, une fois entièrement imprégnées et saturées, ont été laissées à durcir dans des conditions ambiantes pendant 24 heures (figure 4).

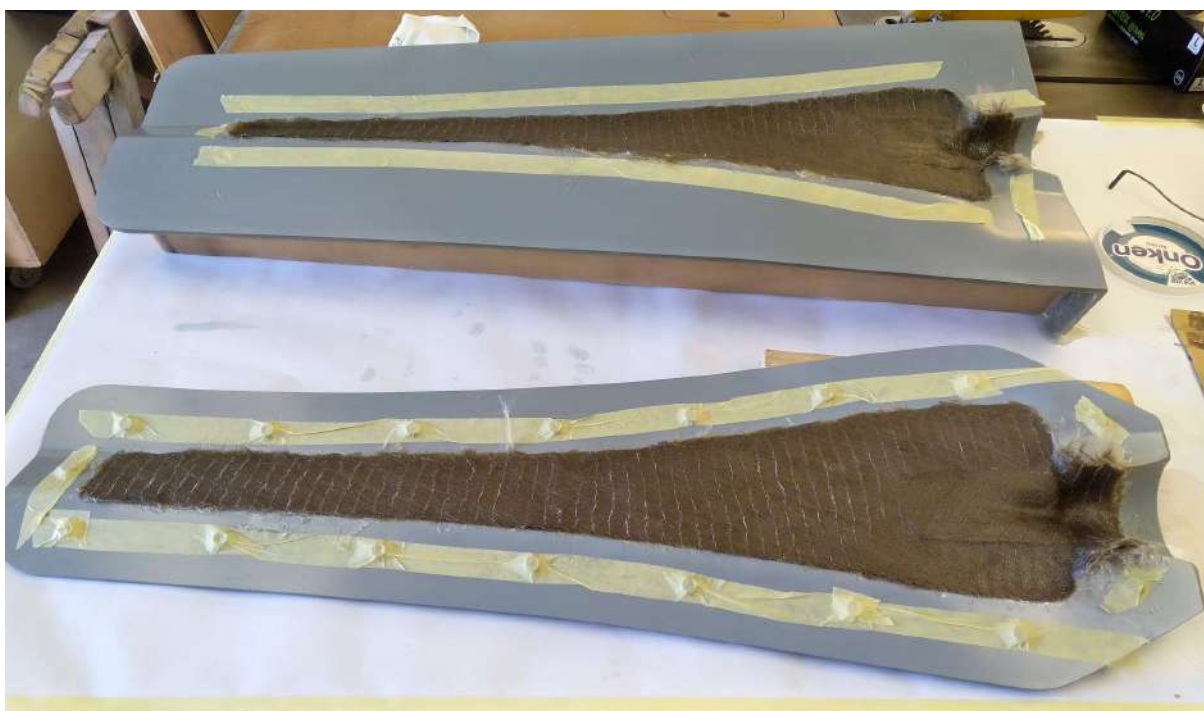


Figure 4. Images de fabrication des pales

Une fois que les deux moitiés ont complètement durci, la surface a été poncée pour s'assurer que les deux moitiés s'emboîtent presque parfaitement. Ensuite, les deux moitiés ont été consolidées à l'aide de la même résine époxy comme agent de liaison. Les bords de la lame ainsi obtenue ont été taillés selon les besoins pour produire le prototype final de la lame composite lin-époxy (figure 5), qui est nettement plus légère que la lame conventionnelle en verre court/nylon, solide et moulée par injection.



Figure 5. Lame prototype en composite lin-époxy, placée par rapport à la lame conventionnelle en verre/nylon.

Conclusion

Un prototype de lame de 1 m de long avec un biocomposite lin-époxy a été fabriqué, déployant un nouveau renforcement biaxial sans sertissage développé dans le cadre du projet FLOWER par des partenaires de l'industrie. Un jeu complet de 3 lames est en cours de production.



➤ Remerciements:

Nous remercions le programme INTERREG IV France Manche Angleterre pour le financement de ce travail dans le cadre du projet FLOWER (numéro de subvention 23).