



HexFlow® RTM6/RTM6-2

Recommandations de sécurité et de mise en œuvre pour l'injection et l'infusion

Le présent document a pour objet de fournir des recommandations de sécurité et de mise en œuvre pour les utilisateurs des résines **RTM6 and RTM6-2**. Il est rappelé que la Fiche de données de sécurité et la Fiche technique de ces produits vous ont été communiquées.

Tous les utilisateurs doivent avoir leur propre évaluation de ces recommandations et des produits en fonction de leurs équipements, processus et utilisations finales. Des essais complémentaires représentatifs de leur production doivent être réalisés avant d'utiliser les produits dans le cadre d'une production industrielle.

Les systèmes de résine époxy **HexFlow® et HiFlow®** conviennent au moulage de matériaux composites par voie liquides (appelé « LCM ») du fait de leur faible viscosité à la température du process. Cette faible viscosité permet de garantir l'imprégnation des renforts secs et des préformes. La chauffe de la résine présente des risques de stabilité thermique liés à sa réactivité, ce qui peut entraîner un événement exothermique non contrôlé si l'étape de chauffe n'est pas suivie rigoureusement. Néanmoins, la résine peut être utilisée en toute sécurité si l'on applique les recommandations de sécurité et d'utilisation présentées dans ce document.

Différents procédés LCM peuvent être utilisés pour la fabrication des pièces composites. Ce guide présente les techniques d'utilisation les plus courantes. Chaque procédé comporte des risques de sécurité inhérents qui donnent lieu à des recommandations différentes selon la technologie choisie.



HexFlow® RTM6/RTM6-2

Recommandations de sécurité et de mise en œuvre

Les RTM6 et RTM6-2 sont des résines époxy formulées qui peuvent présenter un risque exothermique lorsqu'elles sont chauffées pendant une période prolongée. La chauffe des RTM6 et RTM6-2 peut être réalisée en sécurité en contrôlant la température et la durée du chauffage, et en intégrant les recommandations suivantes pour l'évaluation interne des risques liés aux procédés de fabrication.

RTM6 et RTM6-2 - Recommandations générales de sécurité et de prévention pour des mesures d'urgence

Procédures :

- Une évaluation du risque formelle et écrite doit être spécifiquement réalisée pour tout équipement chauffé utilisant les RTM6 et RTM6-2 mélangées en masse. Pour que l'évaluation du procédé soit complète, elle doit aussi inclure les procédures de nettoyage.
- La documentation intégrale du procédé doit être disponible, incluant les instructions et les mesures d'urgence.
- Les opérateurs doivent avoir reçu une formation complète pour utiliser l'équipement, pour appliquer les procédures opérationnelles et les mesures d'urgence.
- L'équipement doit être surveillé en continu pendant toute l'opération, incluant le chargement de la résine, l'injection, la vérification des purges des résines, la décantation des excès de résine, et le nettoyage.
- Il est important d'effectuer périodiquement des procédures de maintenance préventives pour garantir le bon fonctionnement des contrôles thermiques, des alarmes, etc.

Procédures d'urgence :

Dans le cas d'un arrêt des agitateurs ou d'une surchauffe, des mesures d'urgence doivent être définies et mises en place pour retirer la résine en toute sécurité de la cuve de mélange ou de tout équipement. Normalement, les procédures d'urgence doivent inclure :

- Une alarme qui signale à l'opérateur que le système de mélange est arrêté ou que la température a dépassé le niveau maximal préétabli.
- En cas de surchauffe ou de panne de l'agitateur, des procédures doivent être mises en place pour que la résine puisse être rapidement retirée du mélangeur/ injecteur et placée dans des plateaux métalliques peu profonds pour favoriser leur refroidissement rapide. Pour accélérer ce processus, les plateaux métalliques peuvent être placés sur une unité mobile, telle qu'une palette, pour les mener à refroidir à l'extérieur.
- La décantation d'urgence présente un risque d'éclaboussement de la résine chaude qui a une très faible viscosité. Pour éviter ce risque, l'opérateur doit porter un équipement de protection individuelle (EPI) approprié, par exemple un masque facial intégral couvrant le cou et des gants à manchettes longues. Ceci pourrait être inclus dans l'évaluation de l'EPI du site et dans le programme associé.
- L'équipement de protection individuelle (EPI) et l'équipement d'urgence doivent être disponibles et facilement accessibles, à proximité et prêts à être utilisés en cas d'urgence.

Exposition de l'opérateur à des produits chimiques :

- RTM6/RTM6-2 contient des composants qui peuvent sensibiliser la peau par contact direct ou par des vapeurs de matériaux chauffés.

Équipement de protection individuel :

- Une évaluation des risques spécifiques liés aux EPI doit être effectuée afin de déterminer la tenue et les matériaux de protection nécessaires et appropriés. Une combinaison à manches longues, des gants en nitrile ou en caoutchouc naturel, des lunettes de sécurité ou un masque facial sont recommandés pour manipuler la résine ou pendant les procédures de nettoyage des équipements.

Contrôles d'ingénierie :

- Lorsque la température de la résine est supérieure à la température ambiante, pendant les procédures de fabrication et de nettoyage, une ventilation extractrice vers l'extérieur doit être active pour ne pas exposer l'opérateur aux vapeurs émises. Un ingénieur en ventilation doit être consulté pour déterminer les contrôles appropriés afin de minimiser ou d'éliminer l'exposition potentielle aux vapeurs ou gaz.
- Pendant les opérations de dégazage, des pompes à vide doivent extraire l'air de la zone de travail vers l'extérieur. Les opérations doivent être conformes aux exigences environnementales et aux conditions d'exploitations locales.
- Des mesures doivent être mises en place pour éviter tout contact avec les vapeurs et gaz émis lors de la fabrication.

Conception de l'équipement et du processus :

La fabrication de pièces LCM peut s'appuyer sur différents procédés. Les recommandations génériques décrites ici valent pour les technologies et étapes suivantes :

- Préchauffage au four de la résine en pots de 10 et 25 kg pour réduire la viscosité avant transfert dans l'équipement de moulage par injection (RTM) ou infusion (LRI).
- Processus RTM conventionnel avec transfert de la résine dans un pot d'injection pouvant supporter des pressions d'injection jusqu'à 7 bars, avec une taille de pot d'un maximum de 50 kg.
- Procédé conventionnel de résine RTM, comme ci-dessus, où des volumes de résine supérieurs à 50 kg sont utilisés présente des risques supplémentaires. Equipement d'injection à piston doté d'une capacité de cylindre inférieure ou égale à 25 kg et pouvant supporter des pressions d'injection jusqu'à 30 bars.
- Équipement de mélange bi-composants où la capacité de la cuve de mélange n'excède pas 50 kg.
- Equipement de mélange des résines bi-composant permettant un mélange en ligne de la résine par la voie statique (à basse pression) ou via un procédé de mélange à haute pression (HP-RTM).
- Dans tous ces cas, une alarme de température doit faire partie intégrante de l'équipement pour signaler et éviter qu'une température dangereuse ne soit atteinte.
- Les unités de mélange et pots d'injection doivent être agités sans cesse pour assurer un flux uniforme de la chaleur et éviter la formation de points chauds.
- En général, les pots de résine et équipements de type piston ne sont pas agités, d'où la nécessité de prendre en compte les risques supplémentaires associés dans l'évaluation des risques et les recommandations du processus.
- Un disque de rupture adapté à une évacuation en deux étapes doit être intégré à la conception de l'équipement. Il doit être également conforme aux recommandations des organismes reconnus comme celles du *Design Institute for Emergency Relief Systems (DIERS)*, qui définit des spécifications de méthodes de dimensionnement fondées sur les scénarios les plus catastrophiques et d'emballements exothermiques identifiés selon des analyses des dangers adéquate.



HexFlow® RTM6

Recommandations de sécurité et de mise en œuvre

RTM6

Étapes normales de la fabrication :

Étape 1 – Préconditionnement et préchauffage

RTM6 préalablement stockée à -18°C, nécessite un preconditionnement à température ambiante pendant 24 heures avant le préchauffage, comme indiqué ci-dessous.

RTM6 est fournie en pots de 10 et 25 kg. Elle nécessite un préchauffage au four pour réduire sa viscosité et permettre le transfert dans le pot d'injection. Les paramètres critiques à contrôler sont la température du four et la durée du chauffage dans le four. Une température de 50-70°C dans un four permet de réduire la viscosité pour le transfert dans le pot d'injection. La durée de chauffage dans le four doit être déterminée en fonction de la taille du seau et de la conception du four mais ne devrait jamais dépasser 12 heures.

Étape 2 – Transfert dans l'équipement et maintien en température avant injection/infusion

Pour réduire le risque exothermique, Hexcel conseille fortement de ne pas utiliser un pot d'injection de plus de 50 kg. S'il est nécessaire d'utiliser plus de 50 kg de résine, il faudra privilégier l'utilisation de plusieurs pots de 50 kg branchés en parallèle. Il est aussi possible de remplir un pot de résine de 50 kg en pompant de la résine d'autres pots de RTM6. Ceci permet de réduire les risques exothermiques posés par l'utilisation d'un grand volume de résines chauffé pendant de longues périodes. Le pot d'injection doit être doté d'un système d'agitation pour garantir un transfert uniforme de la chaleur et éviter la formation de points chauds.

S'il n'est pas possible d'utiliser plusieurs pots et qu'un pot contient plus de 50 kg de résine, il est nécessaire d'évaluer les risques supplémentaires pour en tenir compte.

S'il est envisagé de ne pas respecter les directives fournies dans ce document, il est fortement recommandé de faire appel à un consultant en sécurité avant d'utiliser RTM6. Les paramètres d'utilisation pourront ainsi être évalués et des recommandations émises pour assurer la sécurité des opérations.

En cas de manipulation de quantités supérieures à 50 kg de RTM6, il est fortement recommandé d'utiliser RTM6-2 avec un processus de mélange en ligne. La quantité de résine mélangée sera minimisée et le risque exothermique largement réduit.

Pour une assistance supplémentaire, contacter le support technique d'Hexcel. Rendez-vous sur hexcel.com/Contact/ pour plus d'informations.

Les conditions de transfert thermique diffèrent en fonction des techniques de traitement et des quantités de matériaux, ce qui implique des recommandations distinctes en termes de délais d'utilisation et de traitement sans risque.

Les recommandations de l'exposition à une température donnée sont indiquées dans le tableau 1. Ces températures permettent une viscosité suffisante pour assurer la sécurité de l'environnement d'utilisation pendant 12 heures maximum. Ce délai ne doit pas être dépassé. Pour les pots de résine RTM, en cas de défaillance de l'agitation, le délai d'utilisation est sensiblement réduit et des mesures d'urgence doivent être prises rapidement.

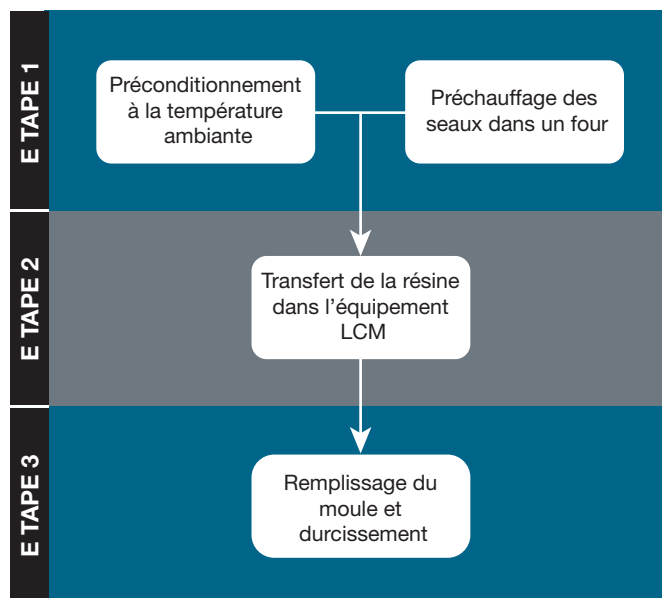


Figure 1 – Etapes clés du procédé de transformation de la résine RTM6

Procédé	Température de chauffe recommandée (°C) pour un maximum de 12 heures
Pot de 10 ou 25kg dans un four	50 - 70
Injecteur à piston (< 25 kg) jusqu'à 30 bars de pression	60 - 70
Pot de résine RTM classique (< 50 kg), avec agitateur, pouvant aller jusqu'à 7 bars de pression	70 - 80
Pot de résine RTM classique (> 50 kg), avec agitateur, pouvant aller jusqu'à 7 bars de pression	≤ 60

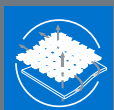
Tableau 1 – Temps de chauffage recommandé en fonction des différents procédés

La durée d'utilisation sans risque de 12 heures et les températures de chauffage recommandées ont été développées sur la base des données de stabilité thermique et de modélisation ainsi que des modèles de transfert thermique. Ces données sont disponibles sur demande pour appuyer une évaluation des risques conduite par l'utilisateur. Il est précisé que la durée d'utilisation sans risque couvre l'ensemble des étapes de chauffe de la RTM6, y compris le préchauffage avant transfert dans l'équipement d'injection et le temps de maintien nécessaire pour l'infiltration du renfort. Ces directives s'appuient sur l'utilisation de la RTM6 qui n'a jamais été chauffée et pendant sa durée de vie garantie. Étant donné que la résine a une mémoire thermique, des chauffages et refroidissements répétés accélèrent les risques exothermiques et réduisent la durée d'utilisation. **Par conséquent, lorsque la résine utilisée a déjà été chauffée et refroidie, la température et la durée des manipulations précédentes doivent être prises en compte afin que la durée totale des opérations chauffées ne dépasse pas la durée d'utilisation sans risque de 12 heures.**

Étape 3 - Remplissage du moule et cuisson

Dans le moule et lors de l'imprégnation des renforts, le risque de réaction d'emballement est réduit, mais pas éliminé. La résine est généralement répartie sur une grande zone de travail avec une meilleure conductivité thermique et des pertes thermiques garanties par l'outillage et le renfort. Pour les sections croisées plus épaisses et les renforts d'isolants, tels que ceux en fibre de verre, il existe toutefois un risque de réaction exothermique. Une attention particulière doit être portée à l'adaptation des cycles de cuisson à la géométrie de la pièce à fabriquer. Les zones à forte densité de résine, comme les canaux d'entrée et d'alimentation, doivent faire l'objet d'une évaluation et d'un dimensionnement attentifs. Le support technique d'Hexcel pourra vous fournir plus d'informations sur les cycles de cuisson adéquate en fonction de l'application envisagée.

Concernant les procédés isothermes, lorsque l'imprégnation et la cuisson sont à la même température, la conception des pièces doit être évaluée afin de déterminer s'il existe un risque d'emballement thermique au niveau de l'outillage ou du piège à résine. Le support technique d'Hexcel peut être contacté pour obtenir des informations complémentaires.



HexFlow® RTM6-2

Recommandations de sécurité et de mise en œuvre

RTM6-2

Étapes normales de la fabrication :

Étape 1 - Préconditionnement et préchauffage

RTM6-2 peut être fournie en pots, Part A (27kg) et Part B (19kg) ou en contenants de 210 L, Part A (223kg) et Partie B (155kg). Si la RTM6-2 est préalablement stockée à des températures $\leq +5^{\circ}\text{C}$, un preconditionnement à température ambiante pendant 48 heures avant la préchauffe pourrait être envisagée, comme décrit ci-dessous.

RTM6-2 Part A et Part B nécessitent un préchauffage au four pour permettre le transfert vers l'équipement de mélange et le dégazage. Pour la Part A, des températures de four $\leq 90^{\circ}\text{C}$ pendant 24 heures sont considérées suffisantes pour réduire la viscosité et permettre un transfert facile. La Part B étant solide, elle nécessite une température de $90-110^{\circ}\text{C}$ pendant 48 heures pour que la viscosité du mélange soit suffisante pour le transfert.

Étape 2 – Mélange et dégazage

Les parts A et B de RTM6-2 doivent être ensuite mélangées et dégazées.

Pour les réservoirs de maintien en température pour parts A et B séparées et dégazées, les températures doivent être $\leq 90^{\circ}\text{C}$ pour Part A et $90-110^{\circ}\text{C}$ pour la Part B.

Pour un mélange par lot, suivi d'un dégazage, une durée de mélange maximale de 20 minutes à 80°C devrait être suffisante pour obtenir un mélange homogène. Hexcel conseille vivement de ne pas utiliser un volume de mélange supérieur à 50 kg dans ce cas.

Pour les quantités supérieures à 50kg, un système de mélange en ligne est recommandé afin d'éviter une masse importante de la résine mélangée maintenue à température. Pour cela, il est possible d'utiliser un système de pompes et de mélangeur statique à basse pression ou d'un équipement à haute pression (HP-RTM).

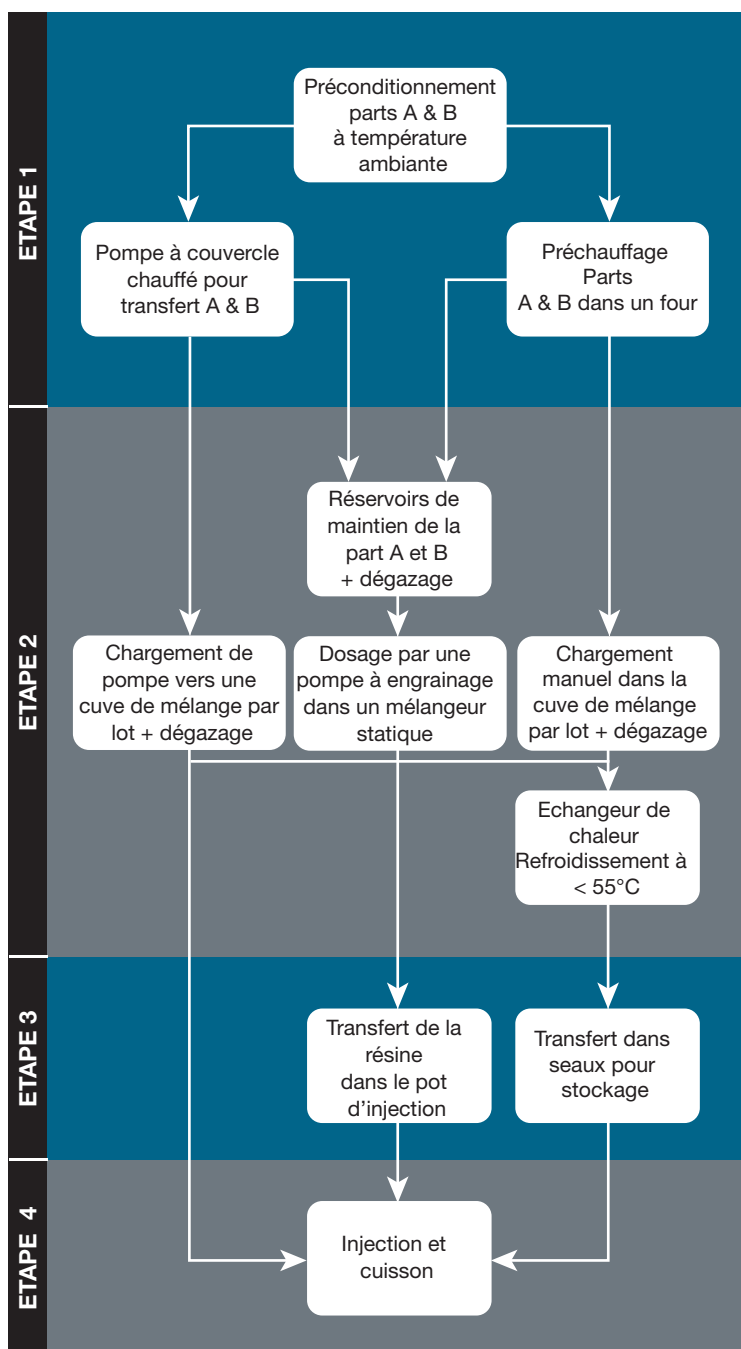


Figure 2 – Etapes clés du procédé de transformation de la résine RTM6-2

Étape 3 - Transfert et maintien en température de la RTM6-2 avant injection/infusion

Pour réduire le risque exothermique, Hexcel conseille fortement de ne pas utiliser de pot d'injection de plus de 50 kg. S'il est nécessaire d'utiliser plus de 50 kg de résine, il faudra privilégier l'utilisation de plusieurs pots de 50 kg branchés en parallèle. Il est aussi possible de remplir un pot de résine de 50 kg en pompant de la résine d'autres pots de RTM6-2. Ceci permet

de réduire les risques exothermiques posés par l'utilisation d'un grand volume de résines chauffées pendant de longues périodes. Le pot d'injection doit être doté d'un système de d'agitation pour garantir un transfert uniforme de la chaleur et éviter la formation de points chauds.

S'il est envisagé de ne pas respecter les directives fournies dans ce document, il est fortement recommandé de faire appel à un consultant en sécurité avant d'utiliser RTM6-2. Les paramètres d'utilisation pourront ainsi être évalués et des recommandations émises pour assurer la sécurité des opérations.

Pour une assistance supplémentaire, contacter le support technique d'Hexcel. Rendez-vous sur hexcel.com/Contact/ pour plus d'informations.

Les recommandations de l'exposition à une température donnée sont indiquées dans le tableau 2. Ces températures permettent une viscosité suffisante pour assurer la sécurité de l'environnement d'utilisation pendant 12 heures maximum. Ce délai ne doit pas être dépassé.

Procédé	Température de chauffage recommandée (°C) pendant un maximum de 12 heures
Boîte de 10 ou 25kg dans le four	50 - 70
Injecteur du piston (< 25kg) jusqu'à 30 bars de pression	60 - 70
Pot de résine RTM classique (< 50kg), avec agitateur, pouvant aller jusqu'à 7 bars de pression	70 - 80

Tableau 2 – Temps de chauffage recommandé en fonction des différents procédés

La durée d'utilisation sans risque de 12 heures et les températures de chauffage recommandées ont été développées sur la base des données de stabilité thermique et de modélisation ainsi que des modèles de transfert thermique. Ces données sont disponibles sur demande pour appuyer une évaluation des risques conduite par l'utilisateur. Il est précisé que la durée d'utilisation sans risque couvre l'ensemble des étapes de chauffage de RTM6-2, y compris le préchauffage avant transfert dans l'équipement d'injection, le temps de maintien nécessaire pour l'infiltration du renfort. Ces directives s'appuient sur l'utilisation de la RTM6-2 qui n'a jamais été chauffée et pendant sa durée de vie garantie. Étant donné que la résine a une mémoire thermique, des chauffages et refroidissements répétés accélèrent les risques exothermiques et réduisent la durée d'utilisation sans risques. **Par conséquent, lorsque la résine utilisée a déjà été chauffée et refroidie, la température et la durée des manipulations précédentes doivent être prises en compte afin que la durée totale des opérations chauffées ne dépasse pas la durée d'utilisation sans risque de 12 heures.**

En cas d'injection en continu, il n'y a pas de volume de résine mélangée ce qui permet une température d'utilisation de 80°C les mélangeurs statique ou les mélangeurs à haute pression (HP-RTM).

Étape 4 - Remplissage du moule et cuisson

Dans le moule et lors d'imprégnation des renforts, le risque de réaction d'emballlement est réduit, mais pas éliminé. La résine est généralement répartie sur une grande zone de travail avec une meilleure conductivité thermique et des pertes thermiques garanties par l'outillage et le renfort. Pour les sections croisées plus épaisses et les renforts isolants, tels que ceux en fibres de verre, il existe toutefois un risque de réaction exothermique. Une attention particulière doit être portée à l'adaptation des cycles de cuisson à la géométrie de la pièce à fabriquer. Les zones à forte densité de résine, comme les canaux d'entrée et d'alimentation, doivent faire l'objet d'une évaluation et d'un dimensionnement attentifs. Le support technique d'Hexcel pourra vous fournir de plus informations sur les cycles de cuisson adéquats en fonction de l'application envisagée.

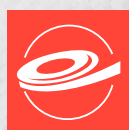
Concernant les procédés isothermes, lorsque l'imprégnation et la cuisson sont à la même à la température, la conception des pièces doit être évaluée afin de déterminer s'il existe un risque d'emballlement thermique au niveau de l'outillage ou du piège à résine. Le support technique d'Hexcel peut être contacté pour à des informations complémentaires.

Documents connexes

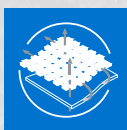
Il est fortement conseillé aux utilisateurs de respecter les instructions présentées dans les fiches de données de sécurité, les fiches techniques et le manuel de technologie des produits. Tous ces documents sont disponibles sur le site internet Hexcel. Le service technique Hexcel reste à votre disposition pour répondre à toutes questions.

Toutes les informations, présentées dans le présent guide de recommandations et disponibles à la date de sa rédaction, ont été préparées avec rigueur et précision, mais sans aucune responsabilité concernant leur utilisation ou leur application. Tous les utilisateurs doivent évaluer eux-mêmes la pertinence des produits à leurs équipements et procédés pour les objectifs envisagés.

Famille de produits Hexcel



**Fibre de carbone
HexTow®**



**Résines
HexFlow®**



**Composite de
moulage HexMC®-i**



**Renforts
HexForce®**



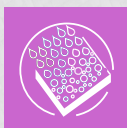
**Laminés et
profilés pultrudés
Polyspeed®**



**Nids d'abeille
HexWeb®**



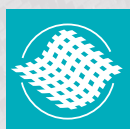
**Renforts
HiTape®**



**Polyuréthane
Modipur®**



**Engineered Core
HexWeb®**



**Préimprégnés
HexPly®**



**Adhésifs
HexBond®**



**HexTool®
composites pour
outillage**



**Renforts
multiaxiaux
HiMax®**



**Matériau de
fabrication additive
HexAM®**

Pour plus d'informations

Hexcel est un leader mondial de la fourniture de matériaux composites pour les marchés de l'aéronautique et de l'industrie. Notre gamme complète de produits comprend :

- Fibres de carbone HexTow®
- Résines RTM HexFlow®
- Engineered core
- Renforts HexForce®
- Adhésifs HexBond®
- Produits usinés
- Renforts multiaxiaux HiMax®
- HexTool® composites pour outillage
- Laminés et profilés pultrudés Polyspeed®
- Préimprégnés HexPly®
- Nids d'abeille HexWeb®
- Matériau de fabrication additive HexAM®
- Composés de moulage HexMC®-i
- Nids d'abeille à réduction des émissions acoustiques Acousti-Cap®

Pour les devis, les commandes et les informations sur les produits aux États-Unis : appel gratuit au 1-866-601-5430. Pour d'autres numéros de téléphone internationaux et une liste d'adresses complète, rendez-vous sur :

<https://www.hexcel.com/contact>

©2024 Hexcel Corporation – Tous droits réservés. Hexcel Corporation et ses filiales (« Hexcel ») estiment que les données techniques et autres informations fournies dans le présent document sont exactes à la date de publication du présent document. Hexcel se réserve le droit de mettre à jour, réviser ou modifier ces données et informations techniques à tout moment. Les valeurs de performance fournies sont considérées comme représentatives, mais ne doivent pas se substituer à vos propres tests d'adéquation de nos produits à la spécificité de vos besoins. **Hexcel ne donne aucune garantie ni ne fait aucune déclaration, explicite ou implicite, y compris, sans s'y limiter, les garanties implicites de qualité marchande et d'adéquation à une finalité particulière, et rejette toute responsabilité découlant de, ou liée à, l'utilisation ou en relation avec l'une des données ou informations techniques contenues dans le présent document.**

