ArcelorMittal Fibres

ArcelorMittal

Solutions durables pour tunnels en béton renforcé de fibres en acier



Solutions durables pour tunnels en béton renforcé de fibres en acier



Sommaire

Solutions optimisées de tunnels pour chaque projet 04

ArcelorMittal Fibres – Le fournisseur de premier choix pour des solutions en béton renforcé de fibres en acier 06

Nous vous accompagnons du début à la fin 07

Gains de temps et réduction des coûts 08

Qualité et durabilité 10

Construire pour demain 14

XCarb® : de sources recyclées et renouvelables 16

Solutions d'ArcelorMittal pour le renforcement du béton des tunnels. 18

Voussoirs préfabriqués 20

Elément de tunnels en béton coulé en place 24

Béton projeté 28

ArcelorMittal Fibres en un coup d'oeil 32

Pourquoi choisir ArcelorMittal Fibres ? 35

Solutions optimisées de tunnels pour chaque projet

ArcelorMittal Fibres travaille avec des ingénieurs, des entreprises de construction, des fournisseurs de béton préfabriqué et de béton prêt à l'emploi sur la plupart des projets de tunnels les plus complexes au monde.

Notre étroite collaboration avec les acteurs majeurs de la construction rend possible la transformation et l'amélioration du procédé de renforcement du béton, pour un monde mieux construit. Des structures en béton réalisées plus rapidement, plus sûrement, plus efficacement et de manière plus durable.

ArcelorMittal Fibres, qui fait partie du groupe ArcelorMittal, le leader mondial de l'industrie métallurgique et minière, est un fournisseur de solutions en béton renforcé de fibres en acier dans le monde entier.

Depuis plus de quatre décennies, ArcelorMittal Fibres travaille avec des spécialistes des tunnels afin de développer et d'améliorer les performances des éléments en béton des tunnels.

Depuis nos sites de production au Luxembourg et en Pologne, nous développons, fabriquons et livrons des fibres en acier de haute qualité aux marchés de la construction du monde entier.

SOLUTIONS POUR LE RENFORCEMENT DU BÉTON DES TUNNELS.

Notre expérience acquise durant de longues années, associée à notre engagement continu dans le développement des meilleures fibres en acier, nous permet de proposer aujourd'hui une gamme complète et innovante de fibres pour le béton projeté et les voussoirs préfabriqués.

OPTIMISATION DES CRITERES DE PERFORMANCE

ArcelorMittal Fibres a mis au point des solutions de béton renforcé de fibres en acier destinées à la construction dans le cadre de projets de tunnels et d'exploitation minière à travers le monde. Nous nous engageons à optimiser les normes de performance pour :

- **Voussoirs de tunnels préfabriqués en béton**
- **Eléments de tunnels en béton coulés en place**
- **Béton projeté**

NOS SOLUTIONS EN BÉTON RENFORCÉ DE FIBRES EN ACIER SONT LARGEMENT UTILISÉES DANS LES DOMAINES SUIVANTS :

- **Tunnels pour trains à grande vitesse**
- **Tunnels et stations de métro**
- **Rénovation de tunnels ferroviaires**
- **Tunnels routiers et autoroutiers**
- **Passages transversaux**
- **Tunnels d'adduction d'eau potable**
- **Tunnels d'évacuation des eaux usées**
- **Tunnels de déversement des égouts**
- **Tunnels d'évacuation des eaux pluviales**
- **Tunnels pour services techniques**
- **Exploitation minière**
- **Stabilisation des pentes**

ArcelorMittal Fibres

Le fournisseur de premier choix pour des solutions en béton renforcé de fibres en acier.

ACCES A UN RESEAU GLOBAL DE RECHERCHE & DÉVELOPPEMENT

Les unités d'ArcelorMittal Fibres, opérant pour le groupe ArcelorMittal, bénéficient du soutien de la R&D à l'échelle mondiale. Cette pierre angulaire de l'innovation assure le renouvellement permanent de l'offre produit d'ArcelorMittal.

NOTRE EXPERTISE

NOTRE APPROCHE PRATIQUE nous permet de soutenir nos partenaires et d'assurer la réussite de chaque projet de construction de tunnel.

NOS SOLUTIONS apportent une valeur ajoutée exceptionnelle à la conception des tunnels en béton renforcé de fibres en acier.

NOTRE EXPERTISE ne cesse de s'enrichir, grâce à plus de 45 ans de collaboration avec nos partenaires pour la construction de tunnels en béton de meilleure qualité.



Pour discuter de la solution la mieux adaptée à votre prochain projet, vous pouvez contacter notre équipe à l'adresse suivante : fibresupport@arcelormittal.com

Nous vous accompagnons du début à la fin

Le juste conseil. Le bon choix de fibres. Les meilleures solutions.

ArcelorMittal Fibres va bien au-delà de la fabrication et de la fourniture d'une gamme complète de fibres en acier performantes.

Nous vous assistons pour garantir la réussite de votre projet du début jusqu'à la fin.

NOUS FOUNISSONS UNE EXPERTISE SUR :

- **La conception et le calcul des tunnels en béton renforcés de fibres en acier**
- **L'élaboration des spécifications de vos projets**
- **le type de fibre le plus approprié pour satisfaire les données du projet**
- **les dosages optimaux pour garantir les performances**
- **l'optimisation de la conception de la recette de béton**
- **la surveillance des essais de performance**
- **l'assistance sur place et les conseils de dosage des fibres et du mélange béton**

Notre équipe d'ingénieurs et de commerciaux expérimentés vous apportera tout le soutien dont votre projet a besoin, de sa conception à sa réalisation.

Nous sommes présents pour vous soutenir et vous assister à chaque étape.

Etapes d'élaboration de notre solution en béton fibré



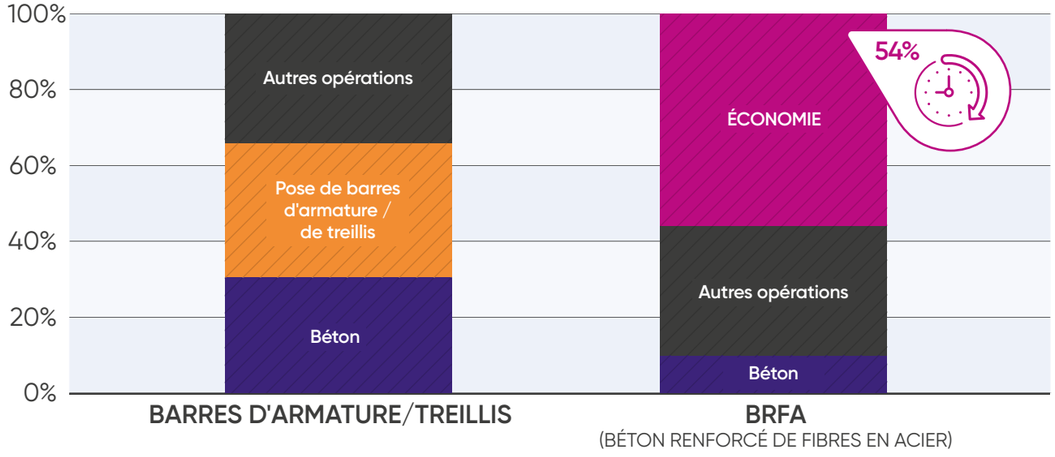
Gains de temps et réduction des coûts

L'utilisation de béton renforcé de fibres en acier pour vos projets permet un gain en temps et une réduction des coûts de façon significative.

Pour les applications de béton projeté et de béton coulé en place, l'utilisation de béton renforcé de fibres en acier permet de gagner jusqu'à **54 %** de temps de mise en œuvre par rapport à une solution avec des armatures traditionnelles.

Les économies réalisées dans le cadre des projets de tunnels en béton renforcé de fibres en acier sont considérables et peuvent aller de **23 %** pour les applications béton projeté et béton coulé sur place, à **39 %** pour les voussoirs.

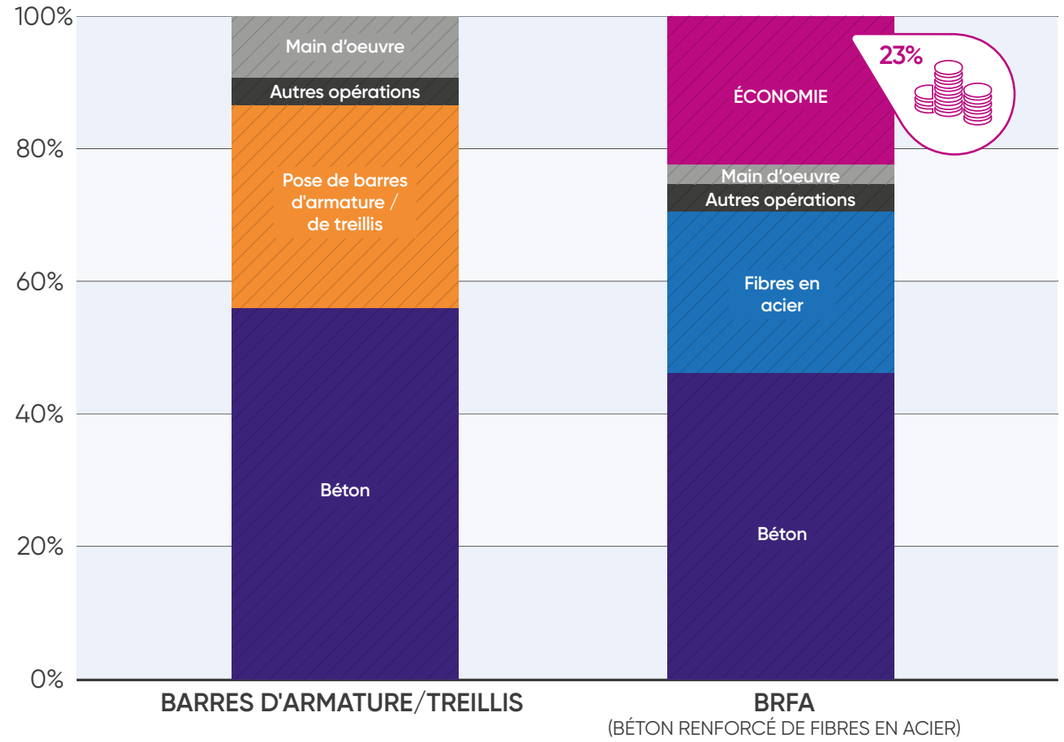
TUNNEL - GAIN DE TEMPS



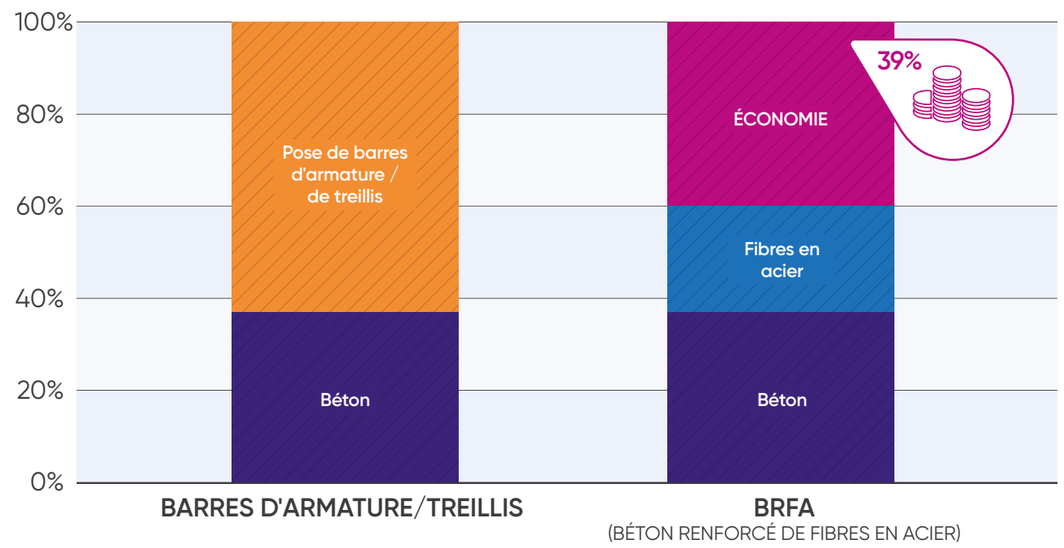
Bénéfices et avantages :

- Optimisation de l'épaisseur du béton
- Les armatures traditionnelles peuvent être remplacées totalement ou partiellement par les fibres en acier
- Le renforcement est idéalement mis en place, aucune restriction concernant le recouvrement
- Meilleure résistance aux chocs lors de la manipulation et de la pose
- Réduction des dommages et du remplacement des éléments en béton
- Bétonnage plus facile
- Réduction du rebond
- Sécurité accrue sur chantier

BÉTON PROJETÉ ET COULÉ EN PLACE – RÉDUCTION DES COÛTS



VOUSSOIRS PRÉFABRIQUÉS – RÉDUCTION DES COÛTS



Qualité et durabilité

La section d'un tunnel est généralement conçue pour une durée de vie d'au moins 100 ans, ce qui signifie que la durabilité revêt une importance capitale pour garantir le bon fonctionnement et la conformité aux exigences de sécurité.

Le béton renforcé de fibres en acier est un matériau composite constitué de béton dans lequel des fibres en acier sont incorporées et réparties de manière homogène. L'ajout de fibres en acier dans le béton permet de limiter la formation de fissures dues au retrait plastique et au retrait hydrique, et améliore considérablement le comportement du béton après fissuration.

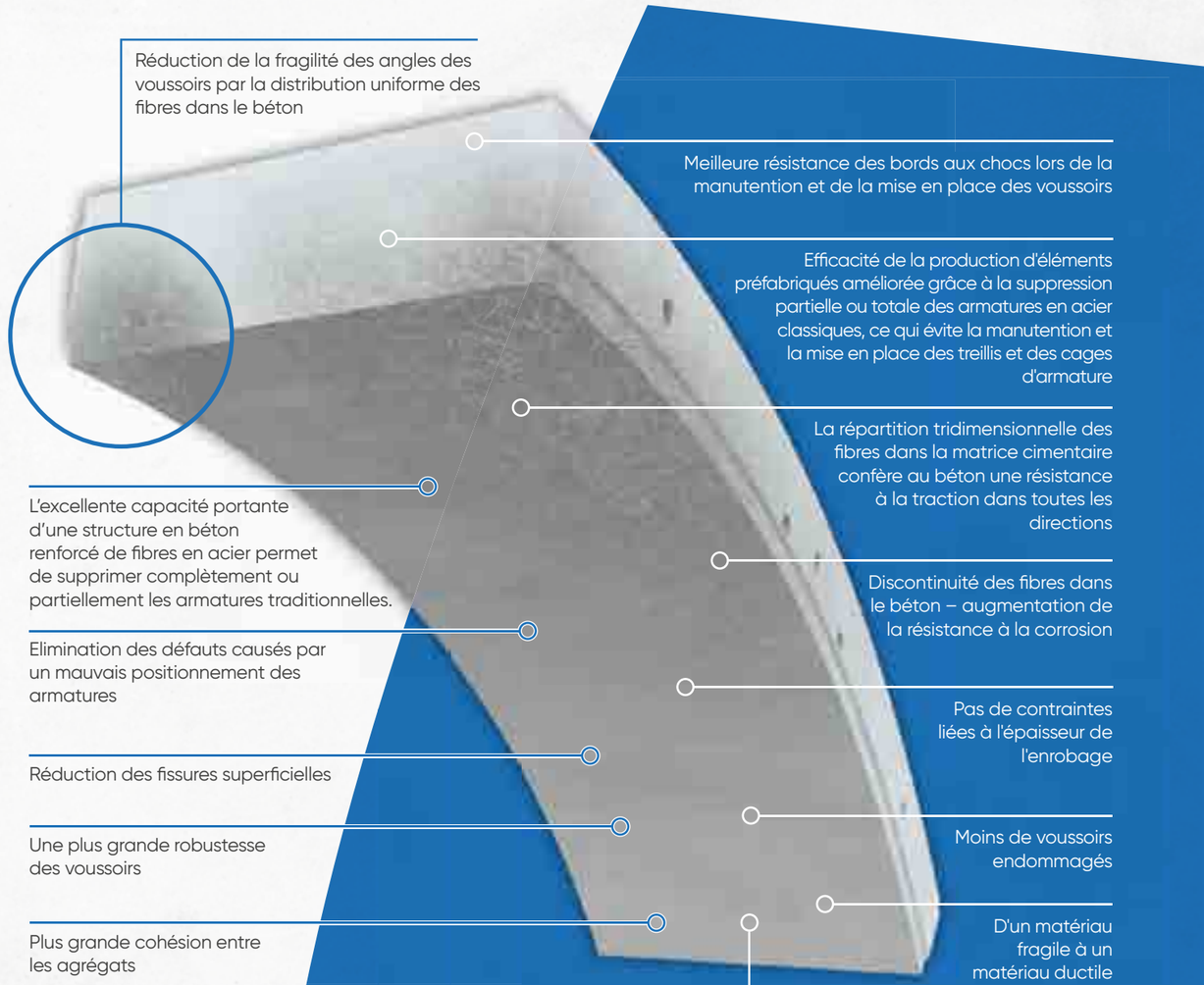
Le béton renforcé de fibres en acier garantit un renforcement idéalement mis en place sans contrainte au niveau de l'enrobage, améliore la résistance à la corrosion et assure une protection uniforme du renforcement dans l'ensemble du béton, y compris au niveau des bords.

.



Voussoirs préfabriqués et éléments de tunnels coulés en place

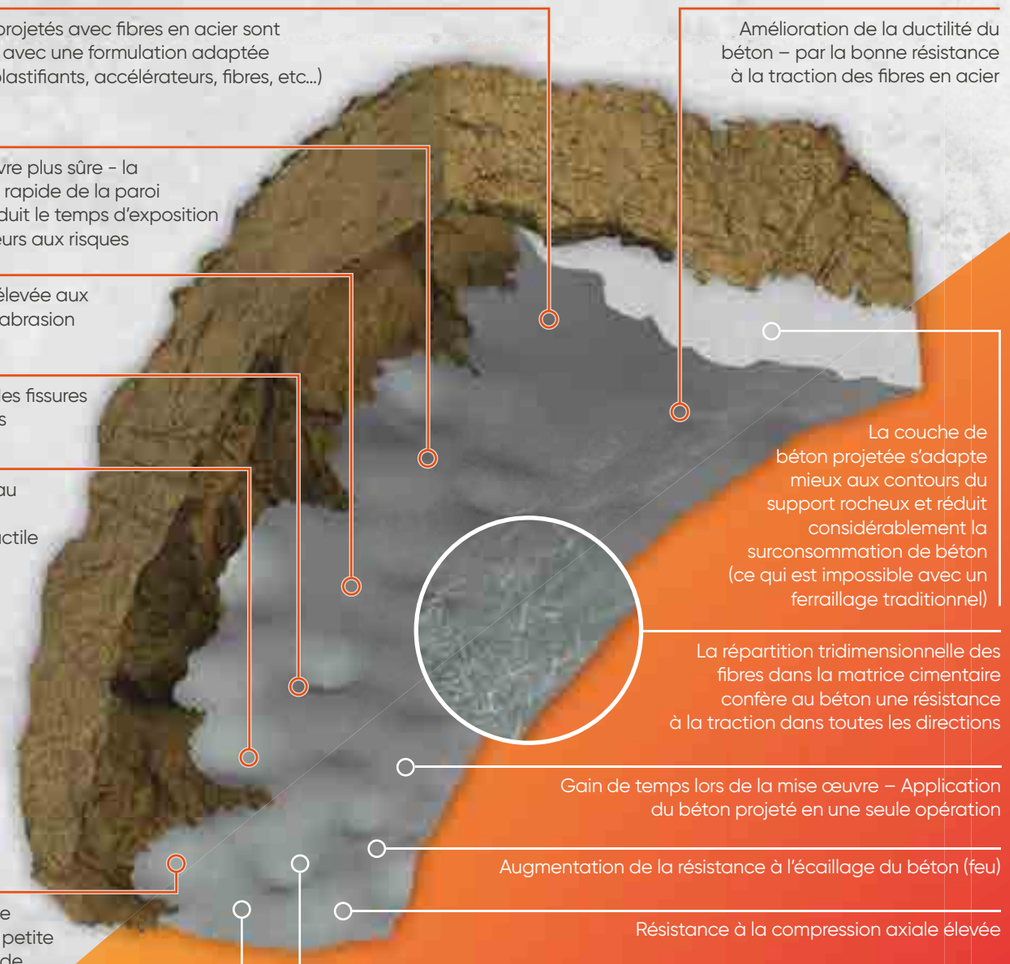
L'excellente capacité portante d'une structure en béton renforcé de fibres en acier permet de supprimer complètement ou partiellement les armatures traditionnelles.



Qualité et durabilité

Solutions en béton projeté

Solutions en béton projeté pour des applications temporaires et permanentes



Les bétons projetés avec fibres en acier sont développés avec une formulation adaptée (agrégats, plastifiants, accélérateurs, fibres, etc...)

Mise en œuvre plus sûre - la stabilisation rapide de la paroi rocheuse réduit le temps d'exposition des opérateurs aux risques

Résistance élevée aux chocs et à l'abrasion

Réduction des fissures superficielles

D'un matériau fragile à un matériau ductile

Ouverture de fissures plus petite et longueur de fissure plus courte

Amélioration de la ductilité du béton – par la bonne résistance à la traction des fibres en acier

La couche de béton projetée s'adapte mieux aux contours du support rocheux et réduit considérablement la surconsommation de béton (ce qui est impossible avec un ferraillage traditionnel)

La répartition tridimensionnelle des fibres dans la matrice cimentaire confère au béton une résistance à la traction dans toutes les directions

Gain de temps lors de la mise œuvre – Application du béton projeté en une seule opération

Augmentation de la résistance à l'écaillage du béton (feu)

Résistance à la compression axiale élevée

Pas de contraintes liées à l'épaisseur de l'enrobage

Une meilleure durabilité : la résistance à la corrosion induite par les chlorures et la carbonatation du béton est supérieure à celle du béton armé



Le juste conseil.
Le bon choix de fibres.
Les meilleures solutions.

Notre équipe d'ingénieurs et de commerciaux s'engage à assurer la réussite de votre projet.

Contactez-nous dès aujourd'hui.
Parlons tunnels.
fibresupport@arcelormittal.com

Construire pour demain

Conception et construction de tunnels en béton à faible empreinte carbone.

Chez ArcelorMittal, nous nous efforçons de contribuer à un monde plus durable grâce une production plus intelligente en acier à faible teneur en carbone. Nos progrès constants dans le développement de solutions performantes en béton renforcé de fibres en acier permettent aux promoteurs, aux ingénieurs et aux entrepreneurs de concevoir et de construire plus rapidement, de manière plus sûre, plus efficace et plus durable.

Notre engagement en faveur de la neutralité carbone, associé à notre expérience dans la mise en œuvre de solutions optimisées pour les tunnels, nous permet d'aider nos clients à répondre aux exigences en constante évolution du secteur de la construction à l'échelle mondiale, ainsi qu'à la nécessité de bâtir un avenir plus durable.

Nos solutions performantes en béton renforcé de fibres en acier permettent d'optimiser la conception des éléments de tunnels en béton, et ainsi de réaliser des économies de matériaux par rapport aux ouvrages traditionnels en béton armé. Cela se traduit par des réductions importantes de l'empreinte carbone des projets de construction.

Nous travaillons ainsi en étroite collaboration avec les concepteurs des projets, les maîtres d'ouvrage, les ingénieurs et les entrepreneurs pour soutenir leur volonté de réduire l'empreinte carbone de leurs projets.

Nos ingénieurs et nos commerciaux, par leur soutien et leur expertise, fournissent des conseils adaptés et des solutions adéquates afin de permettre la réduction de l'empreinte carbone de chaque projet.

L'utilisation de la solution optimale pour votre tunnel en béton aura un impact majeur sur le potentiel de réchauffement global (PRG) de votre projet.

XCarb®
De sources recyclées et renouvelables

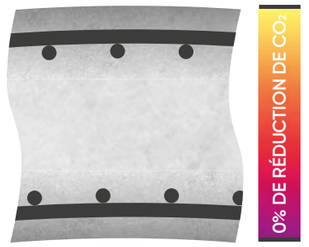
Les fibres XCarb® de sources recyclées et renouvelables sont produites à partir d'acier recyclé et d'électricité 100 % renouvelable. Elles offrent une empreinte carbone exceptionnellement faible.

Réduction des émissions de CO_2 grâce à ArcelorMittal Fibres

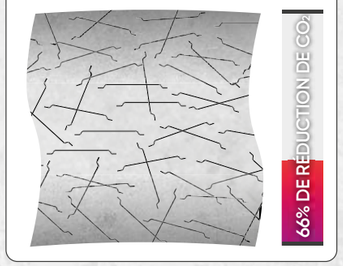
Comparaison entre l'armature traditionnelle à barres/treillis et le béton fibré dans les voussoirs préfabriqués.

En remplaçant les armatures traditionnelles en barres/treillis (d'une densité de 120 kg/m³) par des fibres en acier à très haute résistance (40 kg/m³), l'empreinte carbone des voussoirs peut être réduite de plus de 66 %. Le choix des fibres en acier XCarb®, de sources recyclées et renouvelables, permet de réduire encore les émissions de CO_2 jusqu'à 89 % par rapport aux armatures traditionnelles.

Voussoirs préfabriqués de tunnel en béton armé



Voussoirs préfabriqués de tunnel en béton renforcé de fibre en acier



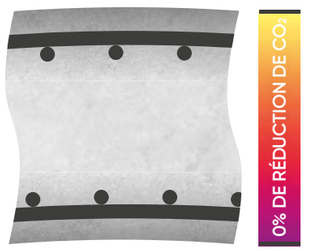
Voussoirs préfabriqués de tunnel en béton renforcé de fibres en acier XCarb® de sources recyclées et renouvelables



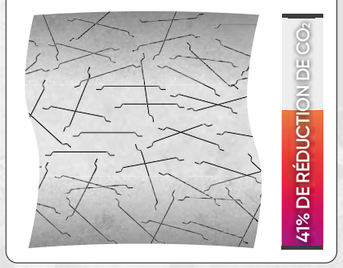
Comparaison entre le béton armé et le béton fibré à haute résistance dans les bétons projetés et coulés en place.

Le remplacement des armatures traditionnelles (barres d'armature et treillis) par des fibres en acier permet de réduire les émissions de CO_2 intrinsèques de plus de 41 %. En utilisant les fibres en acier XCarb® de sources recyclées et renouvelables, les économies de CO_2 peuvent atteindre 82 % par rapport aux armatures traditionnelles (barres d'armature et treillis).

Section de tunnel en béton projeté et coulé en place avec treillis/barres



Section de tunnel en béton projeté et coulé en place renforcé de fibres en acier



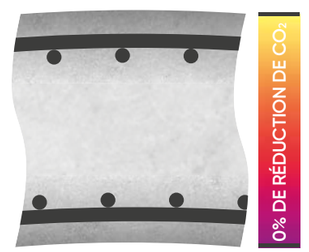
Section de tunnel en béton projeté et coulé en place renforcé de fibres en acier XCarb® de sources recyclées et renouvelables



Réductions supplémentaires des émissions de CO_2

En fonction des conditions du projet, l'utilisation de béton fibré à haute résistance dans les solutions de béton projeté peut permettre de réduire l'épaisseur de béton requise jusqu'à 20 %, car il n'y a pas de contraintes liées à l'épaisseur de l'enrobage et le rebond est moindre. Cette réduction d'épaisseur se traduit par des économies de CO_2 encore plus importantes par rapport à l'armature traditionnelle.

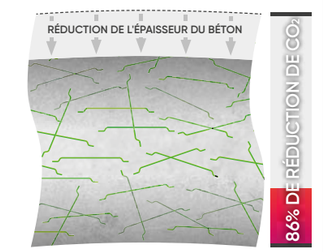
Béton projeté sur treillis d'armature



Béton projeté renforcé de fibres en acier



Béton projeté renforcé de fibres en acier XCarb® de sources recyclées et renouvelables



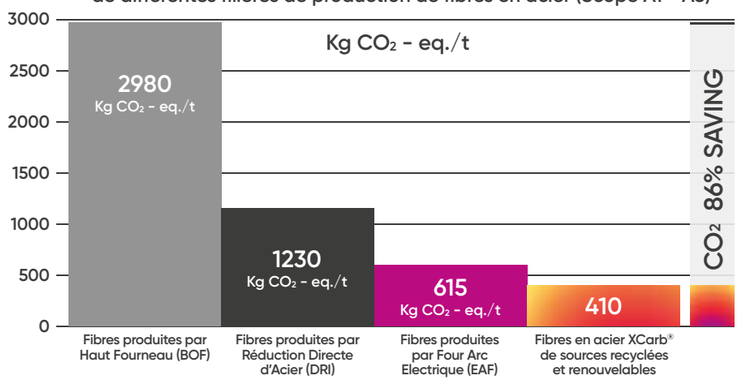
XCarb®

De sources recyclées
et renouvelables

ArcelorMittal Fibres a développé une nouvelle génération de fibres en acier. Les fibres XCarb® de sources recyclées et renouvelables sont fabriquées avec de l'acier recyclé et de l'électricité 100 % renouvelable. Les fibres XCarb® de sources recyclées et renouvelables réduisent encore davantage l'empreinte carbone des projets de construction, ouvrant ainsi la voie à la neutralité carbone.

Les fibres en acier XCarb® de sources recyclées et renouvelables peuvent réduire les émissions de carbone jusqu'à 86 % par rapport aux fibres en acier produites de manière traditionnelle par haut fourneau ouvrant ainsi la voie à la neutralité carbone.

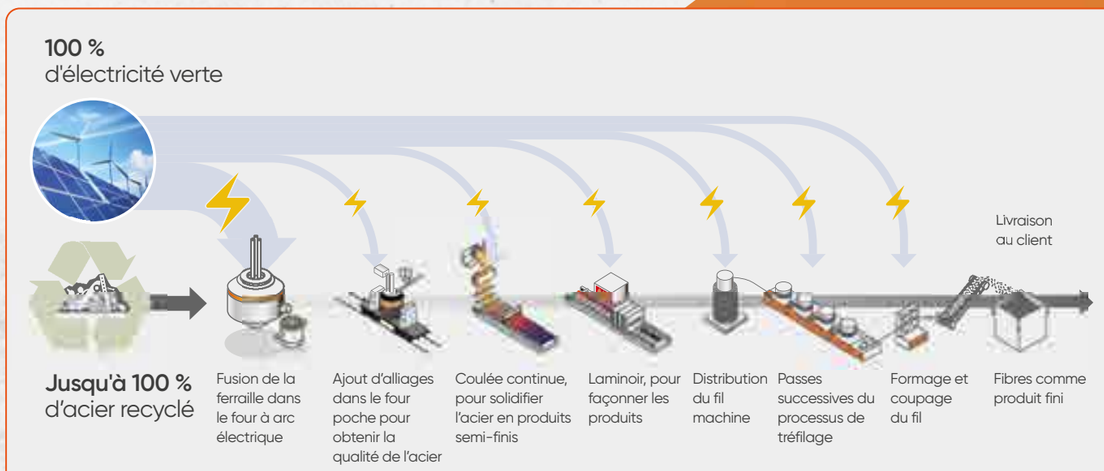
Comparaison du potentiel de réchauffement global (PRG) de différentes filières de production de fibres en acier (Scope A1 - A3)



Kg CO_2 - valeurs eq./t de l'EPD S-P-11903, de l'EPD S-P-11871 et des fibres en acier XCarb® de sources recyclées et renouvelables Auto-déclaration de l'EPD SA-11/23



Procédé de production des fibres en acier XCarb® de sources recyclées et renouvelables



ÉNERGIE RENOUVELABLE

Toute l'électricité nécessaire pour transformer la ferraille en acier XCarb® de sources recyclées et renouvelables provient de sources renouvelables telles que l'énergie solaire et l'énergie éolienne.

GARANTIE D'ORIGINE

L'origine de l'électricité utilisée dans le processus de fabrication de l'acier XCarb® de sources recyclées et renouvelables est garantie par le système européen « Garantie d'origine ».

La traçabilité des fibres en acier XCarb® de sources recyclées et renouvelables est auditée par un organisme tiers.

CERTIFICAT DE PRODUCTION SPECIFIQUE

Chaque tonne de fibres en acier produite sous le label XCarb® de sources recyclées et renouvelables bénéficie d'un certificat de production spécifique indiquant la quantité de CO_2/tonne (Scope A1 - A3) émise ainsi que la proportion d'acier recyclé.



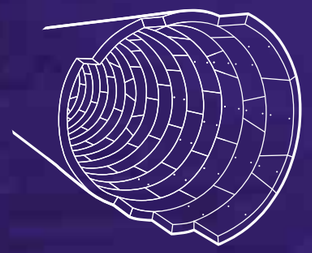
Solutions d'ArcelorMittal pour le renforcement du béton des tunnels.

ArcelorMittal Fibres propose des solutions en béton renforcé de fibres en acier pour trois techniques de construction de tunnel. Grâce à l'expertise et à l'assistance de notre équipe d'ingénieurs, nous garantissons la mise en œuvre de la solution optimale pour la méthode de construction de tunnel choisie pour votre projet.

VOUSSOIRS PRÉFABRIQUÉS

Voussoirs préfabriqués en béton renforcés de fibres en acier destinés aux tunnels creusés au tunnelier.

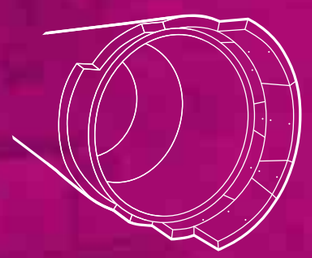
Les voussoirs préfabriqués en béton forment des anneaux destinés à revêtir la paroi du tunnel. Les voussoirs sont coulés dans des moules de forme rectangulaire, trapézoïdale, hexagonale ou rhomboïdale, et conviennent aussi bien aux applications temporaires qu'aux applications permanentes.



ELÉMENT DE TUNNELS EN BÉTON COULÉ EN PLACE

Béton coulé en place avec fibres en acier pour les revêtements secondaires et définitifs des tunnels.

Le béton renforcé de fibres en acier coulé en place convient aux méthodes d'excavation de tunnels NATM et TBM et peut être utilisé comme revêtement permanent de tunnel, tant pour les méthodes de construction à base de béton projeté que pour celles utilisant des voussoirs préfabriqués.



BÉTON PROJETÉ

Béton projeté avec fibres en acier destiné au revêtement temporaire ou permanent des tunnels.

Le béton projeté renforcé de fibres en acier est une méthode de renforcement polyvalente pour les tunnels creusés selon la méthode NATM ; elle peut être utilisée seule ou en combinaison avec des solutions de béton coulé en place.



LES FIBRES EN ACTION

Tunnels à double tube de 16 km pour le projet HS2, réalisé avec du béton renforcé de fibres en acier

Le HS2 est la nouvelle ligne ferroviaire à grande vitesse britannique qui reliera Londres aux Midlands ; il s'agit du plus grand projet d'infrastructure jamais réalisé au Royaume-Uni. Cette ligne à grande vitesse empruntera 105 km de tunnels et franchira plus de 15 km de viaducs, permettant ainsi des trajets plus rapides grâce à un nombre accru de trains transportant plus de passagers.

Les tunnels jumeaux, d'une longueur de 16 km et circulant dans les deux sens, creusés à 90 mètres sous les collines de Chiltern, à travers un mélange de craie et de silex, sont constitués de voussoirs préfabriqués en béton renforcé de fibres en acier.

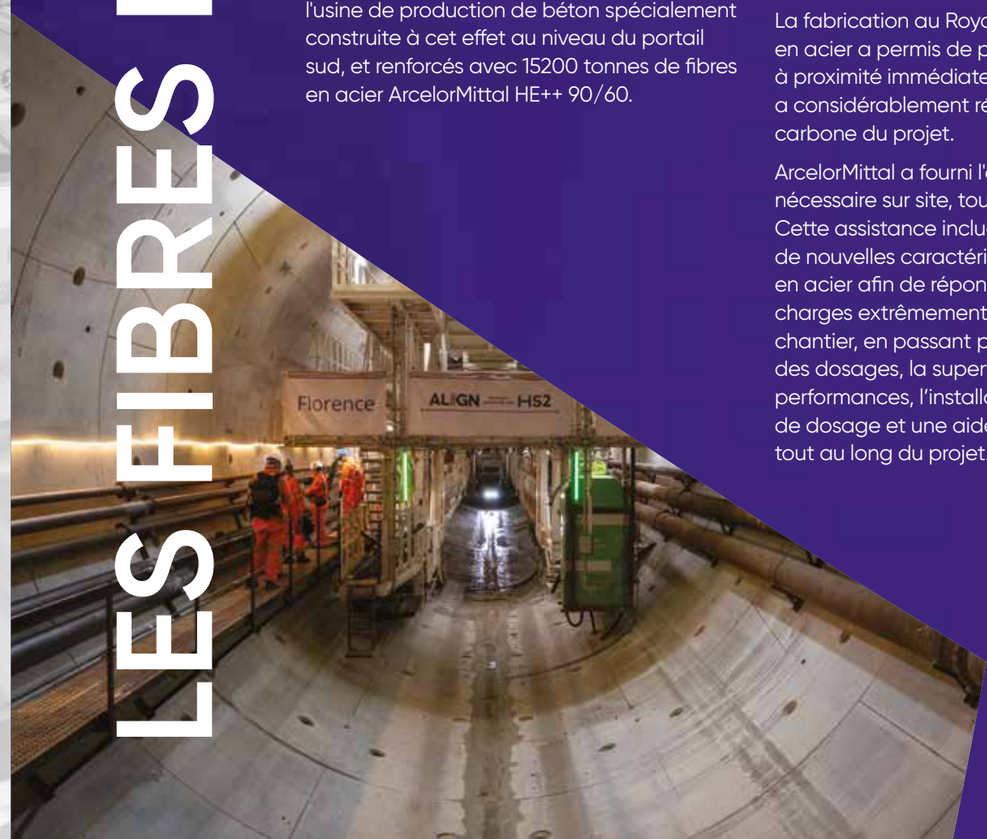
112 000 voussoirs ont été fabriqués dans l'usine de production de béton spécialement construite à cet effet au niveau du portail sud, et renforcés avec 15200 tonnes de fibres en acier ArcelorMittal HE++ 90/60.

Les fibres en acier haute performance HE++ 90/60 offrent des niveaux optimaux de résistance à la traction par flexion résiduelle pour le renforcement des voussoirs.

Chaque anneau est composé de 7 voussoirs et mesure 9,1 m de diamètre, 2 m de largeur et 400 mm d'épaisseur, pour un volume de béton de 382 000 m^3.

La fabrication au Royaume-Uni des fibres en acier a permis de produire des voussoirs à proximité immédiate des tunnels, ce qui a considérablement réduit l'empreinte carbone du projet.

ArcelorMittal a fourni l'expertise technique nécessaire sur site, tout au long de ce projet. Cette assistance incluait le développement de nouvelles caractéristiques pour les fibres en acier afin de répondre à un cahier des charges extrêmement exigeant pour ce chantier, en passant par l'optimisation des dosages, la supervision des essais de performances, l'installation d'équipements de dosage et une aide continue sur place tout au long du projet.



Voussoirs préfabriqués

Tunnels pour trains à grande vitesse | Tunnels et stations de métro | Tunnels routiers et autoroutiers | Passages transversaux | Tunnels d'adduction d'eau potab | Tunnels d'évacuation des eaux usées | Tunnels de déversement des égouts | Tunnels d'évacuation des eaux pluviales | Canalisation, Egouts, Tunnel d'évacuation

Description

Les voussoirs en béton renforcé de fibres en acier sont utilisés dans les tunnels (TBM) et conviennent principalement aux applications de tunnel permanent.

Les tunneliers sont des machines spécialisées qui creusent le tunnel à l'aide d'une tête de coupe rotative permettant de percer la terre, la roche et d'autres types de sols. Une fois que le tunnelier a franchi un anneau, des voussoirs sont mis en place afin d'assurer la stabilité structurelle du tunnel. Les voussoirs sont coulés dans des moules aux formes rectangulaires, trapézoïdales, hexagonales ou rhomboïdales définies, et forment des anneaux qui tapissent les parois du tunnel.

L'utilisation de fibres en acier comme méthode de renforcement dans la matrice cimentaire permet d'obtenir une répartition tridimensionnelle de celles-ci. Cette répartition offre de nombreux avantages en termes de robustesse et de durabilité du revêtement du tunnel. Le béton bénéficie alors d'une résistance à la traction dans toutes les directions.

Notre gamme bien établie de fibres en acier HE++ à très haute résistance à la traction, mélangées à un béton à haute résistance (C45/55 minimum), permet d'atteindre des niveaux exceptionnels de résistance résiduelle à la traction par flexion pour le renforcement des voussoirs. Ces performances de haute résistance permettent de concevoir des tunnels d'un diamètre intérieur allant jusqu'à 12 m en utilisant les fibres en acier comme seule méthode de renforcement.

Le lancement de notre nouvelle génération de fibres en acier ultra-résistantes HE3+, dont la résistance à la traction dépasse 2 400 MPa, repousse encore plus loin les limites de ce qu'il est possible de réaliser avec le béton fibré.

Les voussoirs renforcés par des fibres en acier améliorent considérablement les mesures de santé et de sécurité sur le chantier, car les risques liés à la fabrication et à la mise en place des cages d'armature au cours du processus de production des voussoirs sont totalement éliminés.

Bénéfices et avantages

- Le renforcement est idéalement mis en place, aucune restriction concernant le recouvrement
- Efficacité de la production d'éléments préfabriqués améliorée grâce à la suppression partielle ou totale des armatures en acier classiques, ce qui évite la manutention et la mise en place des treillis et des cages d'armature
- Meilleure résistance des bords aux chocs lors de la manutention et de la mise en place des voussoirs
- Ouverture de fissures plus petite et longueur de fissure plus courte
- Meilleure durabilité : la résistance à la corrosion due aux chlorures et à la carbonatation du béton à haute résistance (SFRC) est supérieure à celle des armatures traditionnelles
- Gain de temps et réduction des coûts.



Une sélection des principaux projets de tunnels réalisés avec des voussoirs

LIEU		PROJET	FIBRE	TONNES	ENTREPRENEURS / SOUS-TRAITANTS
	UK	**HS2 Chiltern Tunnels, Central Section C1**	HE++ 90/60	15281	Align JV, Tarmac
	UK	**HS2 Long Itchington Wood Tunnels, Northern Section N1**	HE++ 90/60	1200	BBV JV, Pacadar
	UK	**Thames Tideway Central Tunnels**	HE++ 90/60	3600	Ferrovial Agroman Laing O'Rourke JV, Pacadar
	UK	**Crossrail London – Crossrail Running Tunnels – East**	HE++ 90/60	4900	Dragados Sisk JV
	UK	**Crossrail London – Crossrail Thames Tunnel**	HE++ 90/60	1100	Hochtief Murphy JV
	France	**Grand Paris Express Line 16 Lot 2**	HE++ 90/60	5600	Webuild & NGE JV, GIE Alliance
	France	**Grand Paris Express Line 18 Lot 1**	HE++ 90/60	4600	VINCI and SPIE JV, Stradal
	France	**Grand Paris Express Line 16 Lot 3**	HE++ 90/60	2500	Razel-Bec, SEFI Intrafor, Fayat Metal JV, GIE Alliance
	Qatar	**Qatar Rail, Doha Metro Red Line South**	HE++ 90/60	7520	QDVC JV
	Poland	**Świnoujście Road Tunnel**	HE++ 90/60	1266	Gulermak, PORR, Cemex
	République tchèque	**Ejpovice Railway Tunnel**	HE+ 1/60	3600	Metrostav
	Nouvelle-Zélande	**City Rail Link – Auckland**	HE++ 90/60	735	Link Alliance JV, Wilson Group
	Espagne	**Mularroya Water Tunnel**	HE++ 90/60	1000	Acciona – Sacyr JV, Acciona

LES FIBRES EN ACTION

12 700 tonnes de fibres en acier pour le Grand Paris Express

12 700 tonnes de fibres Premium ArcelorMittal HE++ 90/60 ont été utilisées pour la production des 28 km de voussoirs de tunnels sous Paris.

TITRE DU PROJET
Grand Paris Express

CLIENT:
Société du Grand Paris

ENTREPRENEUR
Line 16 Lot 2: Webuild & NGE JV, GIE Alliance
Line 16 Lot 3: Razel-Bec, SEFI Intrafor, Fayat Metal JV, GIE Alliance
Line 18 Lot 1: VINCI and SPIE JV,Stradal

PRODUCTEUR DE VOUSSOIRS
Line 16 Lot 2: GIE Alliance
Line 16 Lot 3: GIE Alliance
Line 18 Lot 1: Stradal

LIEU
Paris, France

ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL
Métro

DISTANCE:
Line 16 Lot 2 – 10.7km
Line 16 Lot 3 – 5.5km
Line 18 Lot 1 – 11.8km

DIAMÈTRE INTÉRIEUR DES TUNNELS
8.70m

DURÉE
2021 - 2023

FIBRES ARCELORMITTAL UTILISÉES
12 700T de HE++ 90/60 pour voussoirs de tunnels comprenant :
5600 tonnes of HE++ 90/60. Line 16 Lot 2
2500 tonnes of HE++ 90/60. Line 16 Lot 3
4600 tonnes of HE++ 90/60. Line 18 Lot 1



"La fibre ArcelorMittal HE++ 90/60 nous a permis d'atteindre le haut niveau de performance du béton demandé par notre client, répondant pleinement à nos attentes en termes de contrôle qualité et de traçabilité. ArcelorMittal nous a fourni un service irréprochable sur le Grand Paris Express, garantissant à tout moment un approvisionnement régulier, ce qui est primordial sur ces projets ambitieux."

Jean Luc Valin, Stradal Precast Plant Manager



LE DÉFI

Le Grand Paris Express est le nouveau réseau de métro situé autour et sous la région Parisienne. Sous contrat pour fournir une assistance technique sur le renforcement par fibres en acier des voussoirs de tunnel préfabriqués, ArcelorMittal devait livrer 12 700 tonnes de fibres en acier HE++ 90/60 et superviser les procédures de dosage, de mélange et de test de qualité à chaque étape du processus de production des voussoirs de tunnel en béton renforcé de fibres en acier.



HE++ 90/60

LA SOLUTION

Les ingénieurs spécialisés d'ArcelorMittal ont fourni des conseils détaillés tout au long du projet, dès les premières spécifications du projet, l'optimisation des taux de dosage, la supervision des tests de performance, l'installation des équipements de dosage et un support technique continu. Au total, ArcelorMittal a produit et livré 12 700 tonnes de fibres en acier HE++ 90/60.

LE RÉSULTAT

Le chantier du Grand Paris Express aura un impact positif sur l'environnement urbain, en prolongeant le réseau de métro de la capitale Française de 200 kilomètres, avec 68 stations. En améliorant les connexions entre le centre de Paris et la banlieue environnante, le Grand Paris Express vise à améliorer l'économie locale et la mobilité des passagers, tout en réduisant le trafic automobile et la pollution de l'air.

ArcelorMittal Fibres est un contributeur majeur au développement de projets d'infrastructures de mobilité urbaine, en soutenant les initiatives mondiales visant à réduire le trafic et la pollution avec la fourniture de solutions en béton renforcé de fibres en acier.

Elément de tunnels en béton coulé en place

Tunnels pour trains à grande vitesse | Tunnels et stations de métro | Tunnels routiers et autoroutiers | Passages transversaux | Tunnels d'adduction d'eau potable | Tunnels d'évacuation des eaux usées | Tunnels de déversement des égouts | Tunnels d'évacuation des eaux pluviales | Canalisation, Egouts, Tunnel d'évacuation

Description

Béton coulé en place avec fibres en acier pour les revêtements secondaires et définitifs des tunnels

Cette méthode de renforcement convient aux tunnels creusés aussi bien selon la méthode NATM que par tunnelier, et peut servir de revêtement permanent aussi bien pour les tunnels en béton projeté que pour ceux construits à partir de voussoirs préfabriqués.

Le béton coulé en place est mis en œuvre une fois que l'excavation et la mise en place des soutènements du tunnel sont terminés, et il est réalisé à l'intérieur du revêtement primaire du tunnel.

Le renforcement par fibres en acier améliore à la fois l'efficacité et la sécurité de la technique du béton coulé en place, car il permet d'éviter l'installation de cages et de treillis dans des espaces souvent restreints.

Le béton coulé en place est couramment utilisé comme revêtement permanent avec du béton projeté dans les tunnels routiers, et comme revêtement secondaire dans les tunnels hydrauliques ou d'assainissement afin de réduire le risque d'infiltration et d'améliorer les performances d'écoulement lorsque des voussoirs préfabriqués ont été utilisés pour le revêtement primaire.

Notre gamme bien établie de fibres en acier HE++ Haute Résistance à Très Haute Résistance à la traction offre des niveaux exceptionnels de résistance résiduelle à la traction par flexion pour le renforcement des bétons coulés en place.

Le lancement de notre nouvelle génération de fibres en acier Ultra-Hautes-Résistantes HE3+, dont la résistance à la traction dépasse 2 400 MPa, repousse encore plus loin les limites de ce qu'il est possible de réaliser avec le béton fibré.

Bénéfices et avantages

- Durabilité améliorée et meilleur contrôle de la fissuration
- Un processus de construction plus rapide, plus simple et plus sûr
- Le béton peut être pompé même sur de longues distances
- Réduction du nombre d'ouvriers sur chantier.
- Système de dosage automatique intégré.





Une sélection des principaux projets de béton coulé en place réalisés

LIEU	PROJET	FIBRE	TONNES	ENTREPRENEURS / SOUS-TRAITANTS
UK	**Thames Tideway Eastern Tunnels - Secondary Linings**	HE++ 90/60	1500	Costain, VINCI, and Bachy Soletanche JV, Heidelberg Materials
UK	**Thames Tideway Central Tunnels - Secondary Linings**	HE++ 90/60	1800	Ferrovial Agroman and Laing O'Rourke JV, Heidelberg Materials
Singapore	**Deep Tunnel Sewerage System 2, Lot T-08**	HE+ 1/60	1350	Penta-Ocean and Koh Brothers JV

LES FIBRES EN ACTION

Le revêtement secondaire du tunnel coulé en place améliore les performances du projet Thames Tideway

Section de tunnel coulés en place par ArcelorMittal Fibres.

TITRE DU PROJET
Thames Tideway

CLIENT:
Tideway (Bazalgette Tunnel Limited)

ENTREPRENEUR
Ferrovial Agroman UK and Laing O'Rourke Construction Joint Venture (FLO JV)

CIMENTIER
Heidelberg Materials

LIEU:
London, United Kingdom

ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL
Jusqu'à 60 mètres sous terre et sous la Tamise

DIAMÈTRE INTÉRIEUR DES TUNNELS
Tunnels centraux – revêtement secondaire d'un diamètre intérieur de 7,2 m

Tunnels Est – revêtement secondaire de 7,2 m de diamètre intérieur

DURÉE
2016 - 2024

ARCELORMITTAL FIBRES USED:
HE++ 90/60. Central Tunnels 1800 tonnes

HE++ 90/60. East Tunnels 1500 tonnes

DOSAGE:
30kg/m³



"ArcelorMittal a une nouvelle fois fourni un service irréprochable. La fibre HE++ 90/60 a joué un rôle essentiel dans la réalisation du béton à haute résistance et haute performance exigé par le client. De plus, ArcelorMittal s'est toujours montré disponible pour apporter une assistance technique lorsque cela s'avérait nécessaire."

James Lloyd, Heidelberg Materials



LE DÉFI

Les tunnels du Thames Tideway ont été creusés dans des strates très hétérogènes et la région présente d'importantes failles géologiques. La configuration traditionnelle des voussoirs préfabriqués, de formes variables, implique que toute la surface intérieure de la section de tunnel est divisée par des joints longitudinaux et circonférentiels. Dans le cas du Thames Tideway, il existait un risque que l'eau s'infiltre à travers les voussoirs. De plus, la combinaison de nombreux joints et de la multitude de cavités de raccordement situées sur le pourtour de chaque segment de tunnel se traduit par une surface qui n'est ni lisse ni continue. Au fil du temps, cette surface irrégulière favorisera l'accumulation d'effluents sur les parois du tunnel, entravant l'écoulement des eaux usées vers la station d'épuration et provoquant des refoulements.

LA SOLUTION

Afin de résoudre le double problème des infiltrations d'eau et de la texture discontinue de la surface intérieure des voussoirs préfabriqué TLS, un revêtement secondaire consistant en du béton coulé en place a été mis en œuvre.

Une fois une grande partie des voussoirs préfabriqués principaux achevés, les travaux préparatoires pour le revêtement secondaire coulé en place ont commencé. Le revêtement a été réalisé à l'aide d'un système de coffrage mobile sur mesure, alimenté par une pompe alimentée en béton C50/60 par des camions malaxeurs. Le béton, mélangé à des fibres ArcelorMittal, a été pompé directement dans le coffrage par des orifices. Des fibres en acier HE++ 90/60 dosées à 30 kg/m³ ont été utilisées.

LE RÉSULTAT

La mise en place du voussoir secondaire coulé en place a nécessité une planification minutieuse afin de rationaliser le processus de construction tout au long du projet. Le recours à cette méthode éprouvée de coulage sur place n'a posé que peu de difficultés et des cadences de production constantes ont été maintenues tout au long des travaux.



HE++ 90/60

Béton projeté

Tunnels pour trains à grande vitesse | Tunnels et stations de métro | Tunnels routiers et autoroutiers | Exploitation minière | Passages transversaux | Tunnels d'adduction d'eau potable | Tunnels d'évacuation des eaux usées | Stabilisation des pentes | Tunnels de déversement des égouts | Tunnels d'évacuation des eaux pluviales | Canalisation, Egouts, Tunnel d'évacuation

Description

Le béton projeté renforcé de fibres en acier peut être utilisé pour le revêtement temporaire ou permanent des tunnels.

Le béton projeté renforcé de fibres en acier est une méthode de renforcement polyvalente pour les tunnels creusés selon la méthode NATM ; elle peut être utilisée seule ou en combinaison avec des solutions de béton coulé en place.

Le béton projeté est traditionnellement utilisé comme revêtement provisoire pour assurer la stabilité des tunnels creusés selon la méthode NATM, mais le développement des fibres en acier et l'introduction de fibres en acier haute performance pour les applications de béton projeté a élargi les possibilités offertes par le béton projeté renforcé de fibres en acier.

La répartition tridimensionnelle des fibres dans le mélange de béton confère une résistance à la traction multidirectionnelle, offrant ainsi une solution plus robuste et durable que les armatures traditionnelles en treillis. La technique du béton projeté permet une application homogène du béton fibré qui épouse les contours du tunnel creusé.

Notre gamme bien établie de fibres en acier HE+ (Très Haute Résistance) et HE++ (Ultra-Haute Résistance) permet d'utiliser le béton projeté comme revêtement permanent pour les tunnels. L'introduction de notre nouvelle génération de fibres en acier HE3+ à Ultra-Haute Résistance, dont la résistance à la traction dépasse 2 400 MPa, repousse encore plus loin les limites de ce qu'il est possible de réaliser avec le béton renforcé de fibres en acier.

L'utilisation d'un béton projeté renforcé de fibres en acier améliore considérablement la sécurité sur le chantier, car les risques élevés liés à la mise en place et à la fixation des armatures dans un environnement fraîchement excavé et potentiellement instable sont totalement éliminés grâce à la stabilisation rapide de la zone.

Bénéfices et avantages

- Réduction de la durée des travaux et des coûts de main-d'œuvre
- Réduction des coûts de matériaux grâce à l'optimisation de la section transversale (diminution de l'épaisseur, des volumes de matériaux excavés et transportés, et des rebonds)
- Amélioration de la sécurité au travail
- Revêtement plus compact
- Système de dosage automatique intégré.



Une sélection des principaux projets de béton projeté réalisés

LIEU		PROJET	FIBRE	TONNES	ENTREPRENEURS / SOUS-TRAITANTS
Finland	Finland	**Kehärata Rail Tunnel Helsinki-Vantaa Airport**	FE 60/36	1000	Skanska, SRV, Rudus Oy
	Finland	**Länsimetro Helsinki-Espoo**	FE 60/36	3000	Skanska, Lemminkäinen, Rudus Oy
Espagne	Espagne	**High Speed Railway Line Cordoba/Málaga Túnel Álora-Túnel El Espartal**	FE 67/30	1200	Ferrovial
Switzerland	Switzerland	**Alp Transit Gotthard, Bodio 553 Fondazioni Speciali**	FE 67/30	700	Pizzarotti, Muttoni, Ferrari
Norway	Norway	**Storberget Rail Tunnels**	HE 55/35	1000	NCC, NorBetong AS
	Norway	**Skillingsmyr Rail Tunnels**	HE 55/35	1000	Veidekke, NorBetong AS
	Norway	**E134 Gvammen Road Tunnel**	HE+ 55/35	1000	NCC, Ferdigbetong
Espagne	Espagne	**High Speed Railway Line Madrid, Valencia, Villagordo, Venta del Moro, Naharros**	HE 55/35	1300	Acciona Infraestructuras
UK	UK	**Crossrail C-510, Liverpool Street and Whitechapel Stations**	HE 55/35	4800	BBMV-Balfour Beatty,Morgan Sindall, Alpine Bemo, Vinci
	UK	**Crossrail C-305, Eastern Running Tunnels**	HE+ 55/35	1000	DSJV- Dragados Sisk
Sweden	Sweden	**Västlänken - Deletapp Korsvägen, Rail Tunnel**	HE 55/35 GL	1050	Thomas Betong, NCC
Luxembourg	Luxembourg	**A7 Highway Road Tunnel, Luxembourg Tunnel Arge Grouft (TAG)**	HE 75/35	3831	Félix Giorgetti, Galère, Max Bögl, Wayss, Freytag, Ingenieurbau
	Luxembourg	**A7 Highway Road Tunnel, Luxembourg Arge Tas Tunnel Stafelter GBR**	HE 75/35	1514	Félix Giorgetti, Galère, Max Bögl, Wayss, Freytag, Ingenieurbau

LES FIBRES EN ACTION



Plus sûre et plus rapide : La nouvelle route E134 entre Gvammen et Aarhus

Le passage de la E134 dans un tunnel entre Gvammen et Aarhus permettra de raccourcir le tracé de la E134 d'environ 11 km. De plus, la nouvelle route, qui présente très peu de dénivelé, réduit le temps de trajet des poids lourds d'environ 18 minutes, rendant ainsi le trajet à la fois plus sûr et plus rapide.

TITRE DU PROJET
Drill and Blast tunnel, E134 Gvammen-Århus

CLIENT:
Ferdigbetong A/S

ENTREPRENEUR
NCC Norway A/S

LIEU
Telemark Fylke, Norway

PROMOTEUR
Statens Vegvesen. Norwegian Road Administration

LONGUEUR:
11.7km of which 9.4km is tunnel

LIMITE DE VITESSE:
80km/h

LARGEUR DE LA ROUTE:
10 metres

DURÉE
2014 - 2018

PROPOSITION D'ARCELORMITTAL FIBRES :
1 250 tonnes, dont :

650 tonnes en acier à haute résistance HE 55/35, 1 200 N/mm²

600 tonnes en acier à très haute résistance HE+ 55/35 GL, 1 800 N/mm²

DOSAGE:
Entre 23kg/m³ et 28kg/m³

"Outre les avantages que la fibre haute performance HE+ 55/35 d'ArcelorMittal Fibres apporte au béton, la réduction du dosage a eu un impact considérable sur le travail quotidien au sein de la centrale à béton. Avec 30 % de fibres en moins, nous avons constaté que le processus de mélange et de dosage des fibres était considérablement simplifié. La réduction du dosage a également eu un impact positif sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement, avec moins de livraisons et moins de stocks nécessaires dans notre centrale à béton mobile située dans la région isolée de Notodden."

Øyvind Alseth, Manager, Mobile Concrete plants, Ferdigbetong AS



LE DÉFI

Le tunnel de Gvammen-Århus traverse principalement du quartzite. L'épaisseur des couches de recouvrement dépasse les 1 000 mètres sur de nombreux tronçons du tunnel, ce qui entraîne des contraintes rocheuses élevées et un risque réel d'éclatement de roche. Le tunnel est construit selon la méthode de forage et de dynamitage et renforcé à l'aide de béton projeté renforcé de fibres en acier ArcelorMittal Fibres.



LA SOLUTION

Compte tenu des très bons retours d'expérience de notre fibre HE 55/35 dans la mise en œuvre de béton projeté dans des projets similaires au tunnel E134, cette fibre s'est imposée comme un choix évident pour ce projet d'autant plus qu'elle dépassait les exigences de qualité et de performance du projet Gammen-Arthus.

Le béton renforcé de fibres en acier ArcelorMittal Fibres HE 55/35 a non seulement permis de restabiliser l'environnement souterrain.

Cette solution a également démontré que l'utilisation de fibres à extrémités à crochets avec une résistance à la traction élevée permet aux entrepreneurs d'utiliser moins de fibres sans compromettre les performances ni la résistance.

NOUS NOUS EFFORÇONS CONSTAMMENT D'AMÉLIORER NOS PRODUITS

Au cours de ce projet, nos travaux de R&D ont abouti au lancement d'une nouvelle gamme de fibre, la HE+ 55/35 GL.

Grâce aux essais concluants réalisés à l'Institut de certification SINTEF à Oslo, nous avons pu démontrer que la HE+ 55/35 GL, avec une résistance de 1 800 N/mm², pouvait atteindre les mêmes niveaux de performance que le HE 55/35, tout en utilisant 30 % de fibres en moins.

Nous avons fourni la HE+ 55/35 GL sous forme encollées, ce qui améliore la maniabilité et assure une répartition homogène des fibres dans le béton.

Le passage de la fibre HE 55/35 à la fibre HE+ 55/35 GL a permis de réduire considérablement les dosages utilisés, ce qui a permis au client de réaliser d'importantes économies sur le projet.

ArcelorMittal Fibres en un coup d'oeil

Le juste conseil. Le bon choix de fibres. Les meilleures solutions.

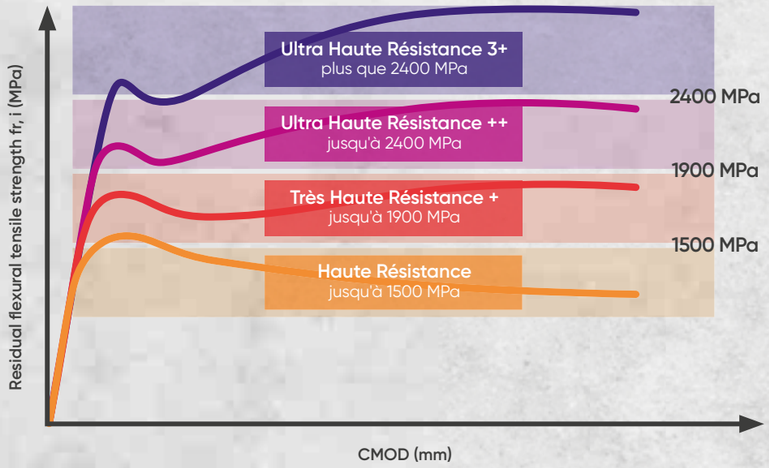
Solutions	Haute Résistance	Très Haute Résistance	Ultra Haute Résistance	
	Standard 1200 MPa to 1500 MPa	+ 1500 MPa to 1900 MPa	++ 1900 MPa to 2400 MPa	3+ > 2400 MPa
Béton projeté				
Elément de tunnels en béton coulé en place				
Voussoirs préfabriqués				

Les différents niveaux de résistance à la traction de nos fils sont dédiés aux différents niveaux de performance attendus pour les éléments en béton renforcés avec nos fibres en acier.

Les fibres en acier à Haute Résistance à la traction, fabriquées à partir de fils dont la résistance à la traction varie entre 1 200 MPa et 1 500 MPa (soit 2 à 3 fois la résistance à la traction des barres d'armature classiques), sont proposées pour les tunnels en béton projeté lorsque les exigences en matière de performance et de ductilité du béton correspondent à des niveaux de charge réduits. La classe de résistance du béton recommandée est au minimum C30/37.

Les fibres en acier à Très Haute Résistance à la traction (résistance à la traction comprise entre 1 500 MPa et 1 900 MPa) sont utilisées dans les revêtements en béton projeté et dans les bétons coulés en place soumis à des charges plus élevées. La classe de résistance à la compression minimale recommandée pour le béton est C35/45.

Les fibres en acier à Ultra Haute Résistance à la traction (résistance à la traction de 1900 MPa à 2400 MPa) sont recommandées pour le béton coulé en place et les voussoirs lorsque la résistance à la compression du béton est au moins de classe C45/55 et un comportement écrouissant est requis, de sorte que la résistance maximale dépasse la résistance à la première fissure. (de première fissuration).



HE

Gammes de fibres à extrémités à crochets



LA GAMME DE FIBRES À EXTRÉMITÉS A CROCHETS EST DISPONIBLE AVEC :
Fils de qualité Haute, Très Haute et Ultra-Haute Résistance

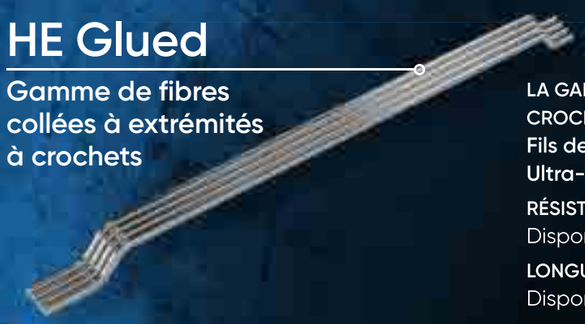
RÉSISTANCES À LA TRACTION
Disponible en versions **Standard, +, ++** et **3+**

LONGUEURS
Disponible en **35mm** à **60mm**

DIAMETERS:
Disponible en **0.55mm** à **1.00mm**

HE Glued

Gamme de fibres collées à extrémités à crochets



LA GAMME DE FIBRES COLLÉES A EXTREMITES A CROCHETS EST DISPONIBLE AVEC :
Fils de qualité Haute, Très Haute et Ultra-Haute Résistance

RÉSISTANCES À LA TRACTION
Disponible en versions **Standard, +** et **++**

LONGUEURS
Disponible en **35mm** à **60mm**

DIAMETERS:
Disponible en **0.55mm** à **0.75mm**

Les fiches techniques de notre gamme complète de produits sont disponibles sur notre site Web arcelormittal.com/steelfibre

CONDITIONNEMENT

Nos fibres en acier sont disponibles dans une gamme de conditionnements qui dépend de la fonction, du type et du volume de fibres requis. Pour plus de détails, veuillez contacter notre équipe technique : fibresupport@arcelormittal.com

Cartons de 10 kg, 20 kg et 25 kg sur palettes



2 big bags de 500 kg par palette
Poids net : 1 000 kg



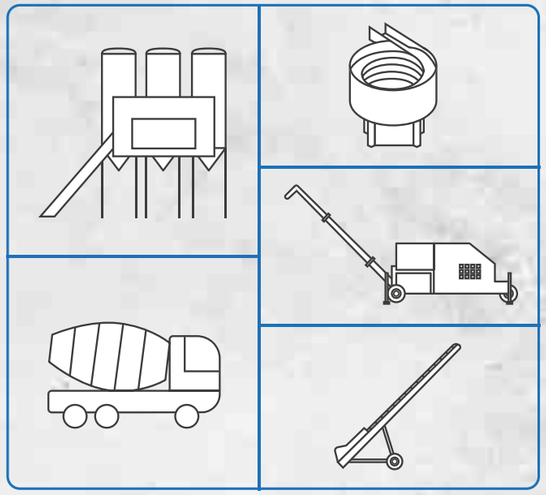
Big bag de 1 000 kg / palette
Poids net : 1 000 kg



DOSAGE ET INTEGRATION DES FIBRES

Une large gamme de solutions avec équipement de dosage, machines à intégrer et bandes transporteuses est disponible.

Assistance sur chantier et conseils techniques sur l'équipement de dosage des fibres et du mélange béton.



ASSISTANCE TECHNIQUE ET INGÉNIERIE

Nos experts vous conseilleront et vous assisteront à chacune des étapes de votre projet.

Nous veillerons à ce que votre projet de dallage en béton renforcé de fibres en acier réponde à toutes vos exigences, notamment sur le suivi et la traçabilité des matériaux, une empreinte carbone réduite, une qualité inégalée et, bien sûr, des solutions en béton renforcé de fibres en acier entièrement optimisées.

Pour plus de détails, veuillez contacter notre équipe technique :
fibresupport@arcelormittal.com

Pourquoi choisir ArcelorMittal Fibres ?

- Assistance par des experts
- Performances des fibres
- Options de conditionnement
- Empreinte carbone réduite pour votre projet
- Origine et traçabilité des matériaux
- Gamme complète de produits
- Qualité garantie
- un partenaire fiable pour votre projet
- Modèle économique intégré verticalement



Pour discuter de vos projets de construction de dallages, contactez notre équipe technique et d'ingénierie.

Parlons tunnels

FSC
www.fsc.org
MIX
Paper | Supporting responsible forestry
FSC® C174572

Le monde se construit grâce à notre expertise

ArcelorMittal Fibres est présent au niveau international. Nous proposons des solutions en béton renforcé de fibres en acier pour la construction d'ouvrages souterrains et participons à de nombreux grands projets d'infrastructure.

Parlons tunnels

ArcelorMittal

Contact

ArcelorMittal Bissen & Bettembourg
Route de Finsterthal
L-7769 Bissen

+352 835 772 1
fibresupport@arcelormittal.com

wiresolutions.arcelormittal.com/steelfibres

ISO 9001 ISO 14001 ISO 45001

FIBRES_BROCHURE_TUNNELS_2026_V1/**FRE**