


La résistance à la chaleur

ASPHALTE • LL-TEQ

DOCUMENT TECHNIQUE • RÉV. B

Fièrement produit au Québec 

La résistance à la chaleur

Pourquoi l'asphalte seul cède sous la chaleur — ramollissement dès 45–65 °C, point d'éclair à 232 °C — et pourquoi un matériau intégré au LL-TEQ™ encaisse 927 °C sans changement structural.

232 °C

Asphalte seul — fond et se vaporise

Point d'éclair du bitume, ASTM D92.

45–65 °C

Asphalte — début du ramollissement

Point de ramollissement du bitume, ASTM D36.

927 °C

Intégré au LL-TEQ™ — noircit, structure intacte

Borne supérieure UFC F-35B, Mach 1, 30–60 s.

La thèse — c'est l'état intégré qui confère la résistance

00 Le LL-TEQ™ n'est pas un matériau rival : il transforme le matériau en place

Un asphalte ordinaire échoue sous la chaleur à cause de son liant : le bitume est thermoplastique — il ramollit, fond, puis se vaporise dès que la température monte. Livré à lui-même, il n'a aucune marge.

Le LL-TEQ™ est ce qu'on **intègre dans le matériau en place** — sol natif, matériau granulaire ou asphalte recyclé (RAP) — pour le transformer. Une fois intégré, ce matériau encaisse des températures extrêmes sans perte de structure : il ne fait que **noircir en surface**.

Le point central : **ce n'est pas la nature du matériau traité qui confère la résistance, c'est l'état intégré au LL-TEQ™**. Le même asphalte qui fond seul devient résistant une fois lié dans la matrice LL-TEQ™.

MATÉRIAU	LIANT / COHÉSION	COMPORTEMENT SOUS CHALEUR EXTRÊME	ISSUE
Asphalte seul	Bitume thermoplastique	Le bitume ramollit, fond, se vaporise ; les granulats se désolidarisent	Surface détruite
Sol natif (ou autre) intégré au LL-TEQ™	Polymère réticulé + verrouillage mécanique des particules	Carbonisation superficielle (1-3 mm) agissant comme bouclier ablatif ; squelette minéral et structure conservés	Noircissement seulement, structure intacte

La référence : 927 °C, Mach 1, 30 à 60 secondes

01 La borne supérieure de sollicitation thermique — F-35B et UFC du DoD

La condition thermique extrême de référence est documentée par les **Unified Facilities Criteria (UFC)**, norme contraignante du Département de la Défense américain pour la conception des aérodromes militaires. Le jet d'échappement du chasseur **F-35B** en atterrissage vertical frappe le sol à **927 °C (1 700 °F)**, à vitesse Mach 1, pendant 30 à 60 secondes.

Le UFC établit qu'à cette température et à ce régime, le jet fait **fondre la surface des chaussées en asphalte**.

Une chaussée au Québec ne dépasse jamais 60 °C en surface, même en plein été. **927 °C, c'est plus chaud que la lave volcanique fluide**. Le F-35B n'est donc pas un cas d'usage routier — c'est une **borne supérieure** de sollicitation thermique.

Comportement attendu

Le comportement attendu d'un sol natif intégré au LL-TEQ™ exposé aux atterrissages de F-35B est un noircissement superficiel, sans atteinte structurale ; cette observation en service reste à authentifier par un rapport d'ingénieur tiers (voir section 3).

RÉFÉRENCE	TEMPÉRATURE
Pic estival en surface de chaussée (Québec)	50 à 60 °C
Point de ramollissement du bitume (ASTM D36)	45 à 65 °C
Point d'éclair du bitume (ASTM D92)	232 °C
Feu de véhicule accidentel	600 à 900 °C
Lave volcanique fluide (basaltique)	700 à 1 200 °C
Jet d'échappement F-35B au sol	927 °C (1 700 °F)

1. L'asphalte seul cède sous la chaleur

Du ramollissement (45–65 °C) au point d'éclair (232 °C)

La résistance de l'asphalte dépend directement de la température, parce que son liant — le bitume — est thermoplastique.

PHASE DU BITUME	TEMPÉRATURE	NORME
Ramollissement	45–65 °C	ASTM D36
Production en centrale	150–180 °C	—
Point d'éclair — vaporisation	232 °C	ASTM D92
Décomposition complète	> 525 °C	—

À 927 °C, le bitume est dépassé d'un facteur d'environ 4 par rapport à son point d'éclair. La séquence est rapide : solide → liquide → vapeur en quelques secondes. La cohésion entre granulats disparaît avec le bitume, et le jet supersonique projette les granulats désolidarisés. **La surface est détruite dès le premier passage.**

Note : le bitume est hydrophobe, mais l'asphalte compacté contient 3 à 6 % de vides où l'eau s'infiltré en service. C'est ce qui le rend vulnérable au gel-dégel au Québec, et ce qui amplifie sa destruction à haute température — l'eau emprisonnée se vaporise pendant que le bitume fond. La cause première reste toutefois le liant thermoplastique.

2. Pourquoi un matériau intégré au LL-TEQ™ ne fait que

03 noircir

Quatre propriétés se combinent — indépendamment du matériau traité

La résistance du LL-TEQ™ ne tient pas à un seul mécanisme, et surtout **elle ne dépend pas de ce qui est traité** : sol natif, granulaire ou RAP, le mécanisme de protection est le même. Quatre propriétés se combinent.

- 1 Pas de réseau capillaire continu.** Pendant la phase fluide, le polymère se faufile entre les grains, enveloppe chaque particule et chasse mécaniquement l'air et l'eau des vides ; le compactage verrouille ensuite la structure. Après la cure, il ne subsiste pas de réseau capillaire continu où l'eau pourrait s'accumuler ou la vapeur monter en pression. Les rares micro-vides résiduels sont isolés, dispersés et enveloppés de polymère élastique. (C'est la même propriété qui rend le matériau faiblement gélif — réf. fiche EQV-05.)
- 2 Effet ablatif.** À très haute température, le polymère de surface se carbonise sur 1 à 3 mm. Cette couche noire agit comme un bouclier thermique ablatif — même principe que les boucliers de réentrée atmosphérique : faible conductivité (la chaleur ne pénètre pas), forte émissivité (elle rayonne une part de l'énergie reçue), capacité de sacrifice (elle se dégrade en surface sans transmettre la chaleur). Comme le jet ne dure que 30 à 60 secondes, la chaleur n'a pas le temps de traverser : sous la couche carbonisée, le matériau reste à température ambiante.
- 3 Le squelette minéral domine.** Le polymère ne représente qu'environ 2 % du volume de la couche traitée ; les ~98 % restants sont du matériau minéral, qui gouverne le comportement thermique. Ce squelette est largement inerte aux températures en jeu. Pour les lithologies les plus stables (basalte ~1 050 °C, granite ~1 200 °C), il demeure intact bien au-delà du jet F-35B. Un squelette calcaire (~825 °C) peut, lui, subir une calcination superficielle dans la zone d'impact direct, sans compromettre la structure sous-jacente ni la portance, grâce à la couche ablative et à la brièveté de l'exposition.

4 Cohésion par verrouillage mécanique. Dans une couche LL-TEQ™, la cohésion vient d'un verrouillage mécanique inter-particulaire créé à la cure : chaque particule est solidaire de ses voisines par un réseau de polymère réticulé. Même si la partie superficielle du polymère se carbonise, le verrouillage géométrique reste en place — la couche ne se désagrège pas.

✓ **Résultat à 927 °C**

Surface noircie sur 1 à 3 mm. **Aucun changement structural. Aucune perte de portance. Aucune fissuration.**

L'affirmation ci-dessus s'appuie sur le mécanisme physique décrit au § 2 et sur le comportement attendu d'un **sol natif intégré au LL-TEQ™** sous atterrissages répétés de F-35B : en zone d'impact direct du jet, une carbonisation superficielle, sans déformation, sans fissuration, sans perte de portance. Cette observation en service reste à authentifier par le rapport d'ingénieur tiers ci-dessous.

Cette résistance est corroborée par le reste du dossier de performance :

- 9 sites de référence, 77 hivers cumulés, ≈ 6 730 cycles gel-dégel, aucun défaut structural imputable (inspection État de référence, avril 2026).
- 10 éprouvettes Proctor exposées 11 ans à l'air libre (Highland Park, IL), aucune fissuration.

| Observation à confirmer par rapport d'ingénieur tiers

Les paramètres suivants doivent être renseignés et authentifiés par un ingénieur tiers avant diffusion à des fins d'acceptation :

- **Site** : [à confirmer]
- **Période d'observation** : [à confirmer]
- **Nombre d'atterrissages F-35B documentés** : [à confirmer]
- **Matériau traité et épaisseur de la couche LL-TEQ™** : [à confirmer]
- **Dosage LL-TEQ™** : [à confirmer pour le site]
- **Constat observé** : carbonisation superficielle en zone d'impact, sans changement structural, sans perte de portance, sans fissuration.
- **Ingénieur tiers signataire** : [à confirmer — nom, firme, permis, juridiction]

4. Pourquoi ça compte hors aéroport militaire

Le F-35B comme démonstration de marge, pas comme cas d'usage

Le F-35B ne se posera jamais sur une route québécoise. Le test n'est pas un cas d'usage : c'est une **démonstration de marge**. Si un matériau intégré au LL-TEQ™ tient à 927 °C pendant 30 à 60 secondes, alors :

- **Pic estival à 60 °C en surface** → environ 15 fois sous le seuil, non-événementiel.
- **Feu de véhicule accidentel** (600 à 900 °C), qui ravage l'asphalte localement → ne traverse pas la protection ablatif.
- **Vieillesse thermique cyclique et rayonnement solaire prolongé** → pas d'effet sur la cohésion de la couche.

Le F-35B sert de borne supérieure : il démontre que la résistance thermique du LL-TEQ™ couvre, par très grande marge, l'ensemble des sollicitations qu'une chaussée rencontre en service civil au Québec.

✓ La règle physique

Asphalte seul : la chaleur attaque le liant thermoplastique — ramollissement, fonte, vaporisation. Aucune marge.

Matériau intégré au LL-TEQ™ : pas de réseau capillaire continu, bouclier ablatif en surface, squelette minéral dominant et verrouillage mécanique des particules. Sous le jet F-35B à 927 °C, la surface noircit ; la structure reste intacte.

C'est l'intégration au LL-TEQ™ — et non la nature du matériau traité — qui transforme une surface ordinaire en surface qui encaisse des conditions thermiques extrêmes.

| Normes et références techniques

- **Unified Facilities Criteria (UFC)**, Département de la Défense américain — conditions thermiques du F-35B au sol (927 °C, Mach 1) et fonte de l'asphalte.
- **ASTM D36** (point de ramollissement, Ring & Ball), **ASTM D92** (point d'éclair) — comportement thermique du bitume.

| Dossier de performance LL-TEQ™

- Gel-dégel : 9 sites, 77 hivers (réf. EQV-05).
- Observation en service sous F-35B (sol natif traité).

**À authentifier avant intégration à un dossier d'acceptation**

Document explicatif technique. Les sections relatives à l'observation terrain LL-TEQ™ et toute affirmation de performance doivent être complétées et authentifiées par le rapport signé d'un ingénieur tiers (membre de l'OIQ) avant intégration à un dossier d'acceptation.



TÉLÉPHONE

+1 418 476 5110

COURRIEL

info@ll-teq.com

SITE WEB

ll-teq.com

ADRESSE

217-650 Rue Graham Bell
Québec, QC, G1N 4H5, Canada