

Éclairage d'urgence phosphorescent

Analyse technique et financière d'un marquage d'évacuation photoluminescent sur 150 km

Préparé par Philippe Leblond — Vélo Tunnel Québec — Juin 2026



Mode panne totale : seules les lignes brillent. Le marquage indique la direction d'évacuation et la distance jusqu'à la sortie la plus proche.

~45 000 m² surface à marquer	~7,7 M\$ investissement initial	0 \$ coût d'électricité	~90 min repère des codes
---------------------------------------------------	-------------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------

En bref. La phosphorescence proposée pour le réseau Vélo Tunnel Québec n'a pas pour fonction d'éclairer les tunnels, mais de fournir un éclairage d'évacuation de dernier recours en cas de panne simultanée d'Hydro-Québec, de la génératrice et de l'éclairage de secours. Le marquage, chargé en continu par les DEL, restitue alors sa lumière pour guider vers la sortie — sans aucune électricité. Une

technologie éprouvée, normée, et même obligatoire dans des bâtiments comparables.

1. Résumé

La phosphorescence n'a pas pour fonction d'éclairer les tunnels. Elle constitue un filet de sécurité d'évacuation de dernier recours, activé uniquement si le réseau d'Hydro-Québec, la génératrice de secours et l'éclairage de secours tombent tous en même temps. Chargé en continu par l'éclairage DEL en fonctionnement normal, le marquage photoluminescent restitue cette lumière dès que toute alimentation cesse, guidant les usagers vers la sortie la plus proche sans la moindre source d'énergie.

- **Fonction** : éclairage d'évacuation passif, et non un éclairage principal.
- **Autonomie** : phase vive d'environ 1 heure, alignée sur le repère de 90 minutes des codes de sécurité.
- **Énergie** : aucune — recharge passive par les lampes DEL déjà installées.
- **Investissement initial estimé** : environ 7,7 M\$ (fourchette 5 à 12 M\$), déjà compris dans le poste « Éclairage » de 180 M\$ du budget global du réseau.
- **Environnement** : le tunnel élimine les causes de dégradation des essais routiers (UV, pluie, chaleur, trafic lourd), d'où une durabilité supérieure.

2. Rôle du système

En situation de panne totale, le bon critère de performance n'est pas « combien de lumens pour rouler vite », mais « un usager peut-il, dans le noir, retrouver la voie et la sortie la plus proche ». Le marquage photoluminescent est la solution reconnue pour cet objectif précis, justement parce qu'il ne requiert aucune alimentation et aucun entretien actif : il fonctionne parce que tout le reste est en panne.

Guidage, pas projecteur. On voit les lignes, pas le sol entier. C'est suffisant pour marcher ou rouler lentement jusqu'à une sortie en toute sécurité — ce n'est pas conçu pour rouler vite en éclairant chaque détail de la chaussée. C'est exactement le rôle d'un éclairage d'évacuation.

3. Principe physique : pourquoi la lueur dure

C'est le même phénomène que les étoiles phosphorescentes d'une chambre d'enfant. Dans le noir complet, l'œil s'adapte : après vingt à trente minutes, la rétine devient des milliers de fois plus sensible, et le vert-jaune de la phosphorescence correspond pile à la couleur à laquelle la vision nocturne réagit le mieux. Une lueur qui paraît « faible » devient alors parfaitement lisible, et le reste toute la nuit : d'abord vive, puis plus douce, exactement comme les étoiles au plafond pâlisent vers le matin sans jamais s'éteindre.

Les pigments employés (aluminat de strontium dopé europium et dysprosium) emmagasinent la lumière puis la restituent de 6 à 12 heures, selon une décroissance progressive. Dans le tunnel, le cycle est simple : en fonctionnement normal, les DEL sont allumées, le marquage est masqué par la lumière mais se recharge en permanence ; lors d'une panne totale, les lampes s'éteignent, l'œil s'adapte, et les lignes chargées toute la journée prennent le relais.

4. Cadre normatif et précédents

Le marquage de cheminement photoluminescent est une technologie de sécurité reconnue, et même obligatoire dans des bâtiments comparables. Après les attentats du 11 septembre 2001 — où ce type de marquage avait aidé l'évacuation des tours du World Trade Center — New York a adopté la **Local Law 26**, imposant le marquage photoluminescent dans toutes les cages d'escalier des tours de bureaux. Le principe est aujourd'hui inscrit dans l'**International Building Code**, l'**International Fire Code** et le **NFPA 101 (Life Safety Code)**, encadré par des normes dédiées — **ISO 17398**, **ASTM E2072** et **UL 1994**. Le même filet passif équipe les cages d'escalier de gratte-ciel, les navires à passagers et les avions de ligne.

Le repère des codes : 90 minutes. Ces dispositifs passifs doivent rester visibles environ 90 minutes après la coupure de courant. La cible d'« environ 1 heure » retenue ici se situe dans la même fourchette — volontairement prudente, comme il se doit en matière de sécurité.

5. Retours d'expérience sur le terrain

La phosphorescence n'a rien d'expérimental. En Australie, Transport for New South Wales a installé un marquage photoluminescent (« Glow Roads ») sur la Princes Highway, dans la descente du col de Bulli, un virage en épingle réputé dangereux. Au terme d'un essai de six mois (décembre 2024 à juillet 2025), l'agence a mesuré une baisse de 67 % des quasi-collisions de nuit, et 83 % des conducteurs ont rapporté une tranquillité d'esprit accrue. Pour les pistes cyclables, le produit **LuminoKrom** (Eiffage Route, France), déployé depuis 2018, est spécifiquement conçu pour les voies sans éclairage et reste lumineux une dizaine d'heures.

Un contre-exemple mérite d'être cité en toute transparence : en Malaisie, un essai routier a été abandonné, la peinture coûtant environ 20 fois plus cher que le marquage conventionnel et se dégradant en moins de 18 mois sous le climat tropical. Mais les causes de cet échec — UV intense, chaleur, humidité de mousson et trafic de poids lourds — sont précisément **absentes d'un tunnel à vélo québécois** : pas de soleil ni d'UV, pas de pluie, température fraîche et stable, et un trafic vélo qui use à peine le revêtement. Le tunnel transforme donc le principal point faible de la technologie en atout.

6. Conception du marquage

Deux principes guident l'implantation. D'abord, l'information directionnelle prime : en urgence, ce qui compte est « par où, et combien de mètres jusqu'à la sortie » — d'où les flèches et les bornes indiquant la distance à la prochaine sortie. Ensuite, la prise en compte de la fumée : un sinistre souterrain implique souvent du feu. L'intensité d'un marquage phosphorescent étant plus faible que celle d'un éclairage actif, un liseré bas le long des parois reste perceptible plus longtemps que des lignes au seul centre de la chaussée lorsque la fumée s'élève. Le marquage complète ainsi les sas anti-fumée et les niches d'évacuation déjà prévus.

7. Coûts de construction sur 150 km

Le marquage retenu comprend deux lignes de rive, une ligne centrale, des flèches, des pictogrammes et des bornes « sortie dans X m ». Cela représente environ 0,3 m² de surface peinte par mètre linéaire, soit près de 45 000 m² sur l'ensemble du réseau. À raison de deux couches (environ 400 g/m²), il faut quelque 18 000 kg de peinture photoluminescente. Le coût installé observé sur le marché se situe entre 80 et 230 \$/m² ; l'estimation centrale retient environ 150 \$/m².

Poste	Détail	Montant
Préparation de surface	Nettoyage + apprêt blanc réfléchissant — 45 000 m ²	0,7 M\$
Peinture photoluminescente	Aluminate de strontium, 2 couches (~400 g/m ²), ~18 000 kg	3,2 M\$
Couche de protection transparente	Vernis anti-usure sur 45 000 m ²	0,9 M\$
Application	Main-d'œuvre, équipement, logistique souterraine — 45 000 m ²	1,6 M\$
Signalétique directionnelle	Flèches, pictogrammes, bornes « sortie dans X m »	0,3 M\$
Sous-total		6,7 M\$
Contingence (~15 %)		1,0 M\$
Total — investissement initial		~7,7 M\$

Fourchette de planification : 5 à 12 M\$ selon la densité du marquage et le coût unitaire retenu (80 à 230 \$/m² installé). Estimations de niveau planification, et non un devis de construction.

8. Coûts d'exploitation sur 150 km

L'exploitation est remarquablement légère. Le marquage ne consomme aucune électricité : il se recharge passivement à la lumière des DEL déjà comptabilisées au budget. Restent une inspection photométrique périodique avec retouches localisées, et une provision de réapplication. Compte tenu de l'environnement bénin du tunnel et du trafic vélo, une réapplication complète n'est estimée nécessaire que tous les douze ans environ ; la provision ci-dessous est amortie sur cette base.

Poste	Coût annuel
Électricité (recharge par les DEL existantes)	0 \$
Inspection photométrique + retouches localisées	~0,1 M\$
Provision de réapplication (amortie sur ~12 ans)	~0,5 M\$
Total — exploitation annuelle (amortie)	~0,6 M\$

Sur un horizon de 30 ans, le coût total de possession (construction plus exploitation amortie) avoisine 25 M\$. Rapporté au budget d'investissement de l'ensemble du réseau, cela représente bien moins de 1 % — et la part « éclairage d'urgence » est déjà comprise dans le poste Éclairage de 180 M\$. Le poste électrique, lui, reste nul.

9. Synthèse

Le marquage d'évacuation photoluminescent est réaliste, normé et peu coûteux pour le réseau Vélo Tunnel Québec. Il applique à un nouveau contexte un principe de sécurité déjà éprouvé et obligatoire dans les gratte-ciel, les navires et les avions ; il bénéficie d'un environnement de tunnel idéal pour sa durabilité ; et son coût, de l'ordre de 7,7 M\$, s'inscrit dans l'enveloppe déjà prévue. Il ne remplace pas l'éclairage principal : il garantit qu'en cas de défaillance totale, chacun puisse rejoindre une sortie en sécurité.

Document à titre informatif — estimations de planification, juin 2026. Préparé par Philippe Leblond pour Vélo Tunnel Québec.

Sources principales

- NFPA 101 (Life Safety Code), International Building Code et International Fire Code — marquage de cheminement d'évacuation.
- Photoluminescent Safety Association — historique et codes (dont la New York City Local Law 26 après le 11 septembre 2001).
- Normes ISO 17398, ASTM E2072 et UL 1994 — classification et performance des marquages photoluminescents.
- Transport for New South Wales — essai « Glow Roads » (col de Bulli, Princes Highway).
- LuminoKrom / Eiffage Route — peinture photoluminescente pour voies cyclables.
- Reportages et études sur l'essai malaisien (coût et durabilité en climat tropical).