



MINISTÈRE CHARGÉ DES TRANSPORTS

Liberté

Égalité

Fraternité





**MINISTÈRE
CHARGÉ
DES TRANSPORTS**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Mesures photométriques sur feux flash dans un tunnel enfumé

Recherches appliquées au tunnel du Mont Blanc

Massimiliano D'ALOIA (ATMB GEIE) / Séverine BESSON (CETU)

Contexte

Étude à la demande du GEIE-TMB :

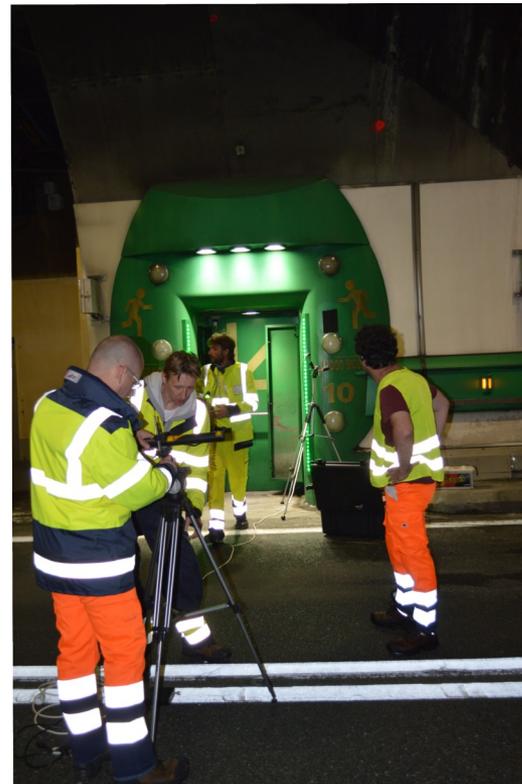
- Problème de visibilité des feux flash lors des exercices d'évacuation
- Collaboration GEIE-TMB / CETU / Cerema
- 4 phases :
 - Biblio et caractéristiques techniques des feux flash
 - Caractérisation des fumées et modélisation
 - Protocole d'expérimentation visibilité de feux flash dans la fumée
 - recommandations



Contexte

Étude à la demande du GEIE-TMB :

- Pb de visibilité des feux flash lors des exercices d'évacuation
- Collaboration GEIE-TMB / CETU / Cerema
- 4 phases
 - Biblio et caractéristiques techniques des feux flash
 - Caractérisation des fumées et modélisation
 - Protocole d'expérimentation évaluation visibilité de feux flash dans la fumée
 - recommandations



Les Feux flash

Aéronautique/maritime

- Visibilité grande distance
- Adaptés extérieur : risque d'éblouissement en tunnel, segmentation spatiale

ERP

- Alerte visuelle
- Intensité trop faible

Domaine routier

- Extérieur : point singulier, travaux
- Visible longue distance (brouillard)

Les Feux flash

Aéronautique/maritime

- Visibilité grande distance
- Adaptés extérieur : risque d'éblouissement, segmentation spatiale

ERP

- Alerte visuelle
- Intensité trop faible

Domaine routier

- Extérieur : point singulier, travaux
- Visible longue distance (brouillard)

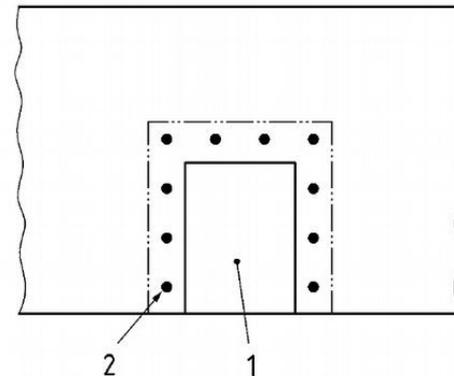
En tunnel routier

Autoévacuation des usagers
Issues de secours tous les 200m
Visibilité en cas d'incendie

NF EN 16276

article 4.3.3.2 « Lors d'une situation d'urgence, il est recommandé de faire clignoter les lumières afin d'attirer l'attention des piétons en cours d'évacuation. Une fréquence de clignotement comprise entre **0,5 Hz et 2 Hz** avec une intensité lumineuse ≥ 100 cd dans toutes les directions d'émission

Repères lumineux de couleur verte pour issues de secours



Légende

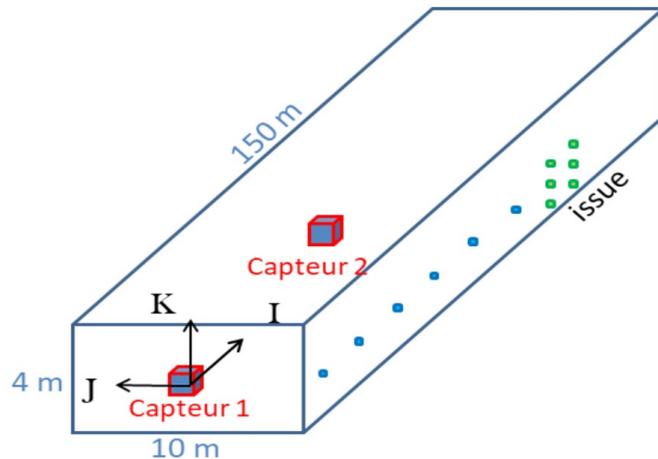
- 1 issue de secours
- 2 repères lumineux de couleur verte pour issues de secours

Les fumées

Modélisation

- Tunnel : 150m de long, 10m de large, 4m de haut
- Marquage sur 100m
- SHP en plafond tous les 15m
- Leds bleus tous les 10m
- Six leds verts en rectangle à droite à 100 m
- Fumée 90 % absorbantes - 10 % diffusantes
- Œil à 100m (capteur 1) et 50m (capteur 2)
- Visibilité selon modèle Adrian

GÉOMÉTRIE DE LA SIMULATION



Capteur 1

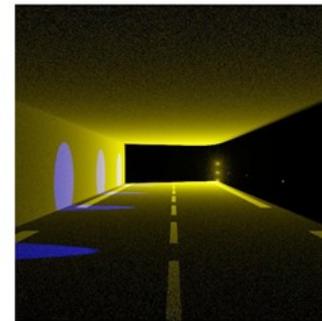


Capteur 2

Les fumées

Premiers résultats :

- Luminance propre de la source = paramètre essentiel d'optimisation
- Décroissance exponentielle de la luminance avec l'augmentation de la densité fumée
- Spectre plus proche de la sensibilité de l'œil
- Orientation : vers les usagers en amont ou aval
- Optimiser le contraste : limiter l'apport des autres sources

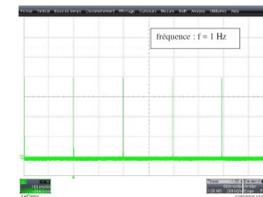
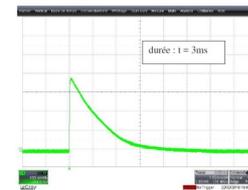
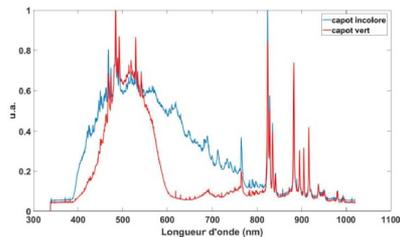


Mesures en laboratoire

Mesures conduites au Laboratoire d'Expertise Optique et Spectrale (LEOS) du Cerema



- Spectre d'émission des sources
- Durée d'impulsion
- Fréquence
- Luminance dans la direction de référence



Mesures en laboratoire

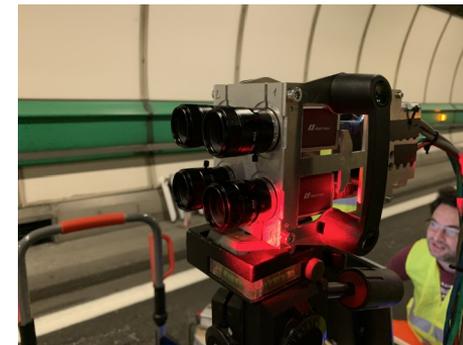


| Source | technologie | Durée d'impulsion | fréquence | spectre | Luminance (cd/m ²) |
|--------|-------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| | Lampe Xénon | 3 ms | 1 Hz | Blanc - large bande | 8 850 000 |
| | Lampe Xénon | 3 ms | 1 Hz | Vert - large bande | 7 580 000 |
| | Lampe Xénon | 3 ms | 0.75 Hz (variable par cavalier) | Blanc - large bande | 7 700 000 |
| | Lampe Xénon | 3 ms | 0.75 Hz (variable par cavalier) | Vert - large bande | 6 350 000 |
| | LED | 600 ms | 1.45 Hz | Blanc (pic bleu +fluo) | 1 730 |
| | LED | 630 ms | 1.54 Hz | Blanc (pic bleu +fluo) | 34 650 |
| | | 800 ms | 0.58 HZ | | |
| | LED | 220 ms | 1.05 Hz | Blanc (pic bleu +fluo) | 17 500 |
| | | 240 ms | 0.91 Hz | | |
| | | 200 ms | 1.33 Hz | | |
| | | 800 ms | 0.58 HZ | | |
| | LED | 220 ms | 1.05 Hz | Vert - bande étroite (50nm) | 15 500 |
| | | 240 ms | 0.91 Hz | | |
| | | 200 ms | 1.33 Hz | | |
| | LED | 100 ms | 1 Hz | orange | 42 600 |

Expérimentation dans le tunnel du Mont Blanc

Matériel de mesure

- HDR-ILMD (High Dynamic Range – Imaging Luminance Measuring Device)
- Trigger externe (photodiode)
- Laser He-Ne (transmissiomètre)



Expérimentation dans le tunnel du Mont Blanc

Protocole de mesure

- HDR-ILMD positionné à 50 m devant refuge
- Mesures à l'état 0 sur les 3 technos + lampe témoin (sans fumées)
- Déclenchement fumées et mesures continues de luminance sur chaque source tour à tour

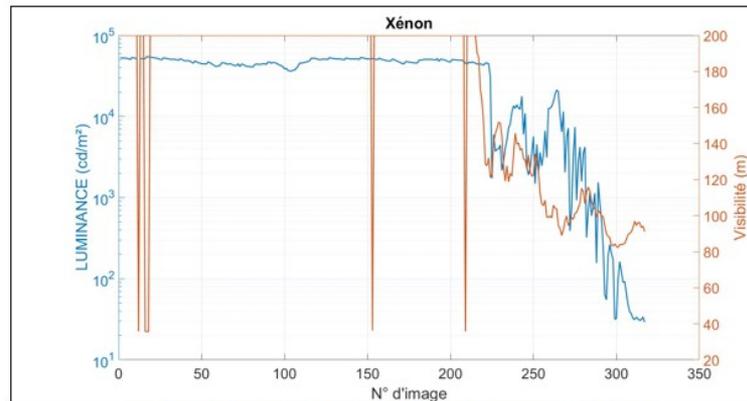
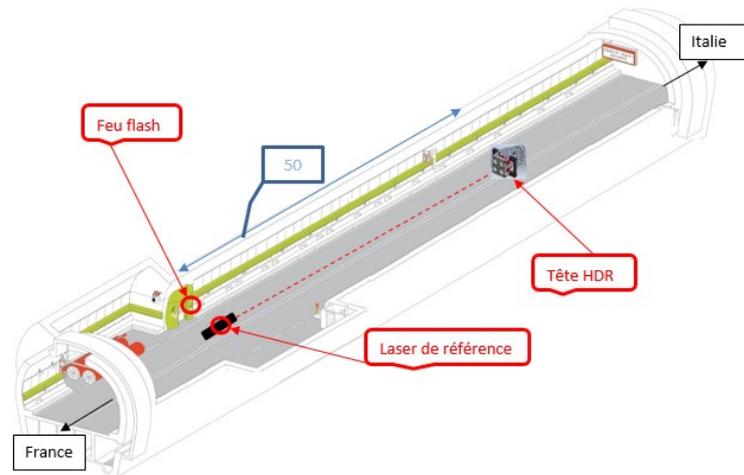


Figure 21 – Evolution de la luminance et de la visibilité météo pour la source xénon

Résultats

Premiers résultats des mesures:

- Sans fumée : visibilité 200 m pour feux orientés vers usager
- Fumée peu à moyen dense : visibilité 50 m
- Fumée dense : visibilité 25 m y compris forte luminance

Confirmé par les observateurs :

- Meilleure visibilité si orientation latérale
- Visibilité limitée en fumée dense pour tous

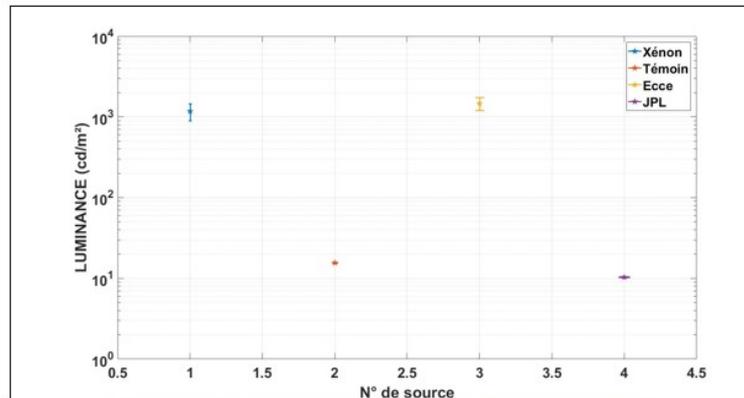


Figure 25 – Luminance des 4 sources pour des conditions de visibilité proches visuellement

Recommandations

Sources

- Luminance nominale
- Flux lumineux dans la direction longitudinale du tunnel : entre 45° et 90 °
- Spectre proche de l'oeil en mésopique

Exploitation

- Visibilité limitée en fumée => compléter par un dispositif sonore, ligne de vie, bandes dynamiques...
- Contraste : recommandations contraires aux règles actuelles

Limites de l'étude

Couleur

- Tests terrains sources blanches uniquement
- Influence sur la visibilité ?
- Capotage atténue l'intensité

Fréquence

- Dans la gamme de la norme
- Impact fréquences plus élevés ? 2Hz ?