

Étude pour évaluation de la puissance laser
minimale requise pour détection en période
d'ensoleillement

LASIRIS INC.
3549 Ashby
St-Laurent, Québec
H4R 2K3

Rapport final
à

Ministère des Transports du Québec
Direction Sols & Chaussées
Direction Sols & Matériaux
200, rue Dorchester sud, 3e étage
Québec, Québec G1K 5Z1

Mars 1995

2118 999

Ministère des Transports
Centre de documentation
930, Chemin Ste-Foy
6e étage
Québec (Québec)
G1S 4X9

Table des matières

Introduction	1
Caractéristiques du faisceau laser	2
Expérimentation et résultats	6
Conclusion	9



QTR D

CANQ
TR
621

Introduction

Pour la détection des ornières sur la route, le Ministère des Transports du Québec utilisait originellement sur ses camions un système formé d'un projecteur en lumière blanche, éclairant la chaussée à travers une diapositive qui laissait passer un trait de lumière. Les désavantages principaux de cet arrangement sont les suivants: l'examen de la route doit être fait en absence de soleil pour que le trait lumineux soit détectable, le système d'éclairage consomme beaucoup d'énergie et la lampe source doit être remplacée régulièrement.

Après consultation avec LASIRIS INC., Transport Québec a ensuite fait l'essai d'un système de projection laser dans l'infrarouge. Faute d'optimisation, ce système préliminaire doit être utilisé le soir pour assurer une bonne détection, cependant il s'est avéré plus rentable que le précédent du point de vue énergétique. Pour pouvoir utiliser ce projecteur laser en période d'ensoleillement, il est important de déterminer quelle puissance minimale est requise pour une détection adéquate. Ceci est l'objet du présent contrat.

Nous avons donc fait des essais d'enregistrement sur cassette en vue d'évaluer la puissance laser minimale requise pour détection en période d'ensoleillement, et ce, sur asphalte sèche et trempée.

Caractéristiques du faisceau laser

Nous avons fait nos tests d'enregistrement avec une tache laser plutôt qu'une ligne, car nous avons ainsi accès à de plus grandes densités de puissance au sol. Il est important de bien connaître ces densités de puissance puisqu'on doit les utiliser dans le calcul de la puissance laser minimale requise d'un laser projetant une ligne.

La diode laser utilisée pour faire les tests a une puissance totale de 30.7 mW et émet à 821.6 nm (tel que mesuré avec un multimètre optique *ILX Lightwave OMM-6810* avec une tête de lecture *OMH-6720*). Le faisceau laser a une forme elliptique, comme le montre la figure 1. Le petit axe mesure 812 μm et le grand axe mesure 1206 μm , à une distance de 170 cm du laser (au sol ces mesures deviennent 1060 μm et 1206 μm à cause de l'angle de projection). La tache a une surface égale à $\pi.a.b$, ce qui donne 4.02 mm² au sol.

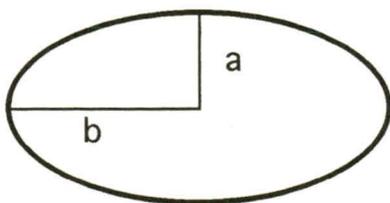
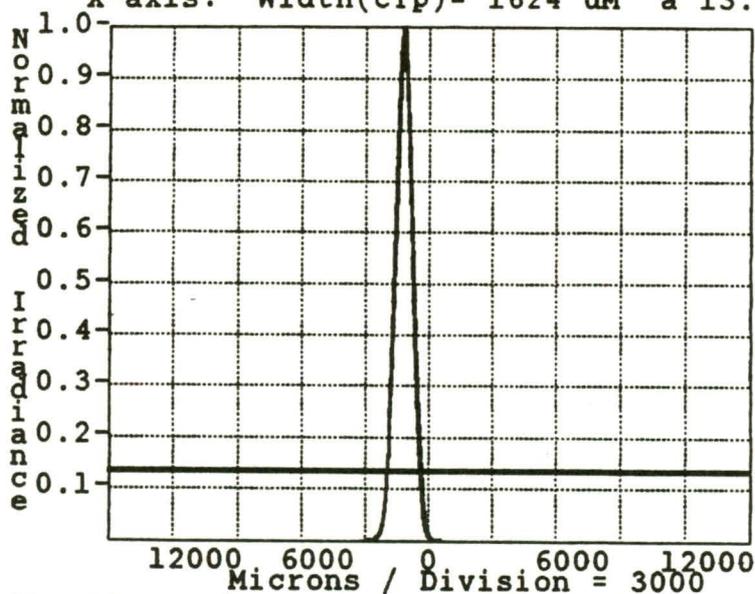


Figure 1. Forme elliptique du faisceau laser

La distribution d'intensité n'est pas uniforme à l'intérieur de la tache, elle a plutôt une forme gaussienne, comme le montrent les figures 2 et 3, générées à partir d'un profilomètre *Beamscope* avec une fente détectrice de 5 μm installée à 170 cm du laser. Par exemple, sur le périmètre de la tache de la figure 1, l'intensité serait égale à .135 fois l'intensité au point central de la tache (facteur $1/e^2$).

Le calcul de la densité de puissance au sol se fait ainsi: densité de puissance = puissance totale du laser divisée par la surface projetée.

BeamScope Report v3.12, Wed Mar 22 16:24:21 1995
 X-axis: Width(clip)= 1624 uM à 13.5% clip level

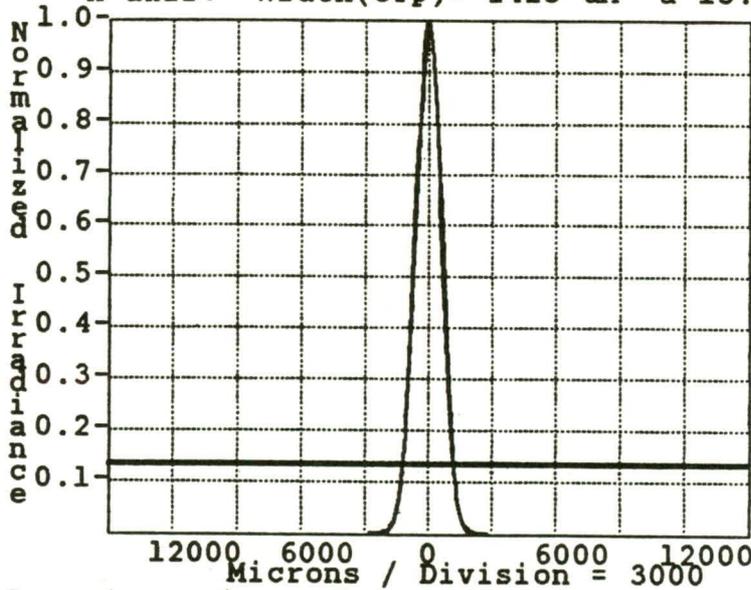


Aperture size = 5.0 uM Zoom factor = 1
 Gain used = 16.7 dB
 Gaussian Fit = 96.3%
 M2 = 1.038
 Width(var) = 1533 uM
 Widths(clip) :

2027 uM	5.0 %	827 uM	55.0 %
1746 uM	10.0 %	773 uM	60.0 %
1624 uM	13.5 %	692 uM	55.0 %
1566 uM	15.0 %	631 uM	70.0 %
1431 uM	20.0 %	573 uM	75.0 %
1322 uM	25.0 %	490 uM	80.0 %
1211 uM	30.0 %	427 uM	85.0 %
1135 uM	35.0 %	405 uM	86.5 %
1041 uM	40.0 %	330 uM	90.0 %
977 uM	45.0 %	239 uM	95.0 %
902 uM	50.0 %		

Figure 2. Mesure du profil d'intensité du petit diamètre de la tache projetée à 170 cm du laser.

BeamScope Report v3.12, Wed Mar 22 16:35:12 1995
 X-axis: Width(clp)= 2413 uM à 13.5% clip level



Aperture size = 5.0 uM Zoom factor = 1
 Gain used = 18.2 dB
 Gaussian Fit = 92.5%
 M2 = 1.081
 Width(var) = 2390 uM

Widths(clip) :

2957	uM	5.0	%	1505	uM	55.0	%
2565	uM	10.0	%	1407	uM	60.0	%
→ 2413	uM	13.5	%	1323	uM	70.0	%
2369	uM	15.0	%	1181	uM	75.0	%
2222	uM	20.0	%	1008	uM	80.0	%
2075	uM	25.0	%	805	uM	85.0	%
1944	uM	30.0	%	604	uM	90.0	%
1855	uM	35.0	%	548	uM	95.0	%
1741	uM	40.0	%	450	uM	99.0	%
1671	uM	45.0	%	310	uM	99.5	%
1571	uM	50.0	%				

Figure 3. Mesure du profil d'intensité du grand diamètre de la tache projetée à 170 cm du laser.

Mais puisque l'intensité n'est pas uniforme sur la surface, nous ferons le calcul de la densité de puissance avec la surface "top hat" équivalente. Celle-ci est la surface équivalente qui serait projetée par un faisceau de même puissance totale et même puissance crête, mais avec une distribution d'intensité uniforme. Les distributions gaussienne et "top hat" sont montrées à la figure 4. La surface "top hat" a une aire égale à la moitié de la surface gaussienne.

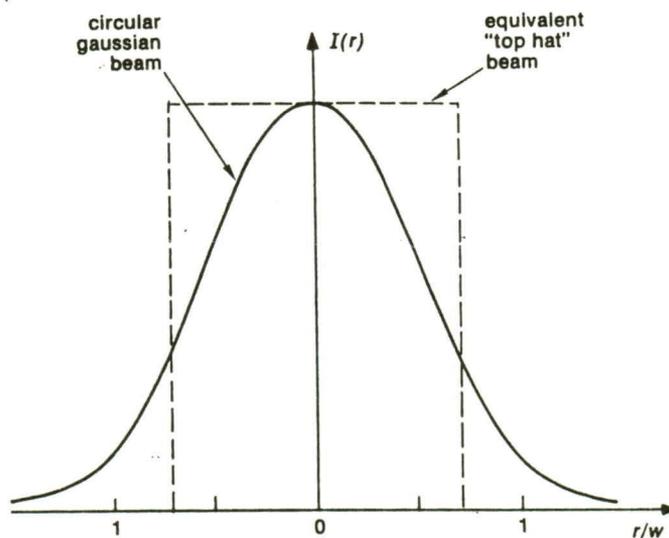


Figure 4. La distribution "top hat" équivalente pour un faisceau gaussien.

Expérimentation et résultats

Après avoir fait des tests de détection du laser en laboratoire, nous les avons reproduits à l'extérieur, par une journée ensoleillée et sur une surface d'asphalte déposée à l'été 1988. La figure 5 décrit le montage. Le laser est supporté par un trépied et il pointe vers l'asphalte avec un angle d'environ 40° . Lorsque l'on veut diminuer sa puissance, on fait passer le faisceau à travers différents filtres neutres de *Newport modèle FS-3*, pour qu'il soit atténué. La caméra *Panasonic modèle WV-CD24* est pointée vers la tache laser sur le sol et un filtre *RG715* est apposé sur la lentille pour absorber la radiation visible, inférieure à 715 nm. Un magnétoscope 8 mm de *Sony modèle EV-A50* enregistre les séquences et un moniteur *Electrohome Ltd.* permet de suivre en temps réel la détection.

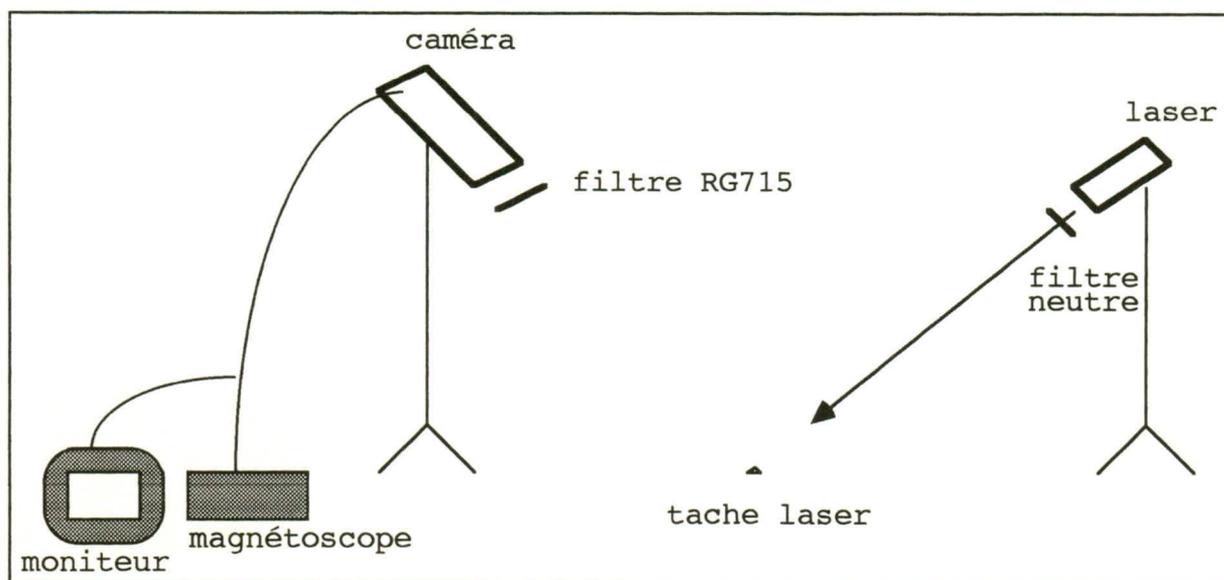


Figure 5. Montage pour l'enregistrement des séquences

Avant chaque séquence d'enregistrement, une mesure relative de l'ensoleillement est prise, à l'aide d'un détecteur *Photodyne modèle 66XLA* (tête de lecture modèle # 150 calibrée à 595 nm, aire active de .38 cm²) qui est pointé vers le zénith. Au début de chaque prise d'enregistrement la tache laser a une densité de puissance maximale, qui est ensuite diminuée par l'ajout d'un filtre neutre devant le laser. Le tableau 1 indique les conditions de chaque prise et les résultats de la détection.

# Prise	densité de puissance (mW/cm ²)	Condition asphalte	ensoleillement (mW/cm ²)	détection	compteur vidéo
1	763.7	sèche	3.06	oui	0-.44
2	122.2	sèche	3.06	non	.49-1.34
3	305.5	sèche	3.05	non	1.39-2.40
4	481.1	sèche	3.05	non	2.45-3.49
5	687.3	sèche	3.11	oui	4.04-5.07
1.1	763.7	trempée	3.03	oui	5.12-6.00
1.2	122.2	trempée	3.05	non	6.05-6.59
1.3	305.5	trempée	3.03	non	7.04-8.16
1.4	481.1	trempée	3.05	oui	8.21-9.33
1.5	687.3	trempée	3.05	oui	9.38-10.47

Tableau 1. Caractéristiques des séquences d'enregistrement

Mentionnons que nous avons déterminé d'une façon visuelle sur le moniteur si la tache laser était détectable ou non, et que, dû à un léger brouillage, l'enregistrement est moins clair que ce qui apparaissait en temps réel sur l'écran. Il est à noter qu'avec un logiciel capable d'analyser les images, le seuil de détection devrait être inférieur à celui déterminé à l'oeil.

On peut observer sur le tableau 1 que le seuil de détection sur l'asphalte sèche est situé à une densité de puissance de 687.3 mW/cm^2 , ce qui correspond dans notre cas à une puissance laser totale de 27.6 mW. Pour l'asphalte mouillée le seuil de détection est plus bas, il est situé à une densité de puissance de 481.1 mW/cm^2 , ce qui correspond à une puissance laser totale de 19.3 mW. Cependant nous retenons le seuil le plus élevé car le système de détection doit pouvoir fonctionner en toutes circonstances.

Conclusion

À partir des résultats obtenus lors de nos tests, on a pu déterminer que le seuil de détection à 821.6 nm en période d'ensoleillement correspond à une densité de puissance au sol de 687.3 mW/cm². Toute notre expérimentation a été faite avec une tache lumineuse de 4.02 mm² au sol. Si maintenant on veut éclairer le sol avec un trait lumineux ayant 2 mètres de long et une largeur d'environ .5 mm, il faudra que sur sa surface la densité de puissance soit égale à 687.3 mW/cm² pour que la ligne soit détectable. Il faudra donc que la ligne soit projetée à partir d'un laser ayant au minimum 5.7 W de puissance totale. Cependant, dans le cas où la détection serait faite par un logiciel au lieu de l'oeil, cette valeur pourrait être coupée de moitié.

Nous évaluons donc que la puissance laser minimale requise à 821.6 nm, pour détection d'une ligne de 2 mètres de long en période d'ensoleillement, est située entre 2 et 5.7 W, tout dépendant de la sensibilité du système caméra et de la qualité de l'extraction de l'image par le logiciel.

