



**ÉTUDE D'OPPORTUNITÉ**

**NOUVELLES TECHNOLOGIES EN DESIGN D'ÉCLAIRAGE :  
DIODE ÉLECTROLUMINESCENTE (DEL - LED) ET FIBRE OPTIQUE**

Professeur Tiiu Poldma, Ph.D.  
Hans Samuelson, chercheur

## Équipe de recherche et participants

### **Chercheurs :**

Tiiu Poldma, Ph.D., chargé du projet de recherche et professeure adjointe, École de design industriel, Université de Montréal

Robert Lanteigne, Eklipe Concept

Jean-Sébastien Drouin, Concept Éclipse

Hans Samuelson, Chercheur

### **Participants à la table ronde:**

Sylvain St.Amour, Osram Sylvania

Ronald Tremblay, Lumitech

Sylvain Hétu, Turf Care

François L'Écuyer, Lumec Ltd.

André Pallai, Éklipse Luminaire Architectural

### **Observateur :**

Marie-Hélène L'Heureux, Institut de Design de Montréal

## **Avis aux lecteurs**

Ce projet a été rendu possible grâce à la participation financière l'Institut de Design Montréal (IDM). Cependant, le contenu du rapport ne représente pas nécessairement les opinions de l'IDM, ni de ses employés, ni de ses partenaires. Les auteurs du rapport sont les seuls responsables du contenu.

Nous tenons à remercier l'Institut de Design Montréal, la Faculté de l'aménagement de l'Université de Montréal, et les participants à notre table ronde.

Afin d'alléger le texte, nous utilisons le genre masculin dans le document.

## Table des matières

1. Introduction	5
1.1. Contexte économique et énergétique	5
1.2. Contextes d'usage	8
1.3. Éclairagisme	12
2. Nouvelles technologies	15
2.1. La fibre optique	18
2.2. Les DEL	
3. Rapport de recherche: la table ronde	21
3.1. La fibre optique	21
3.2. Les DEL	23
3.3. <i>Brainstorming</i> : les opportunités	25
3.4. Recommandations : vers l'avenir	26
4. Références	29

---

Appendice A : Liste des manufacturiers et de fabricants	31
Appendice B : Autres liens utiles	32
Appendice C : Installations québécoises des DEL	33

## 1. Introduction

Les technologies d'éclairage n'ont que peu changé depuis 30 ans. Mais aujourd'hui, la vague des nouvelles technologies risque de perturber cette période de calme. La fibre optique et les diodes électroluminescentes (les DEL, ou en anglais LED), deux technologies en évolution, offrent maintenant de nombreuses et de nouvelles possibilités aux designers d'éclairage. Et, dans un avenir proche, il paraît plus que possible que ces technologies – surtout les DEL – prendront un part important du marché d'éclairage mondiale, un changement qui risque de toucher autant aux marchés de masse qu'aux interventions des designers.

Afin de comprendre les enjeux, les contraintes, l'état actuel et l'avenir de ces technologies dans le design d'éclairage au Québec, une table ronde était convoquée par les chercheurs de la Faculté de l'aménagement de l'Université de Montréal en été 2003. Le présent document explique brièvement les contexte technologique et économique préalables à cette rencontre, décrit les résultats de la table ronde, et propose des pistes potentiels pour l'avenir.

### 1.1. Contexte économie et énergétique

L'éclairage, un besoin humain primordiale, représente aussi un composant important de l'économie du Québec ainsi que celle du reste du pays. En 2001, d'après les données de Statistiques Canada, on a vendu pour \$375,1 millions d'ampoules électriques au Canada, produisant dans la même période quelques \$1,3 milliards de produits

reliées à l'éclairage. Ces ventes augmentent à un taux annuel d'entre 5 et 8 pour cent.<sup>1</sup> Bien sûr, ces montants, aussi considérable soient-ils, ne représentent qu'un petit pourcentage du marché mondial.

À peu près 25% de l'électricité utilisée au Canada est consommé directement par l'éclairage<sup>2</sup>; cette figure signifie que nous sommes un peu à l'avance des États-Unis (20% selon Haitz *et al* [02]), et du Japon (20% selon Sereda et Tsao [02]). Si nous incluons les coûts associés au chauffage ainsi qu'au refroidissement, on peut estimer que la consommation électrique relié à l'éclairage au Canada soit d'un valeur annuel d'à peu près \$7,5 milliards.

Les nouvelles technologies étant potentiellement plus efficaces et moins énergivore que les technologies existants, il y a un intérêt environnemental – ainsi qu'un intérêt financière – associé à l'étude et l'implantation de ces nouvelles sources lumineuses (Drennen *et al* [01; Rubenstein et Johnson [98]). Mais en même temps, il faut tenir compte de la complexité réel de la situation, puisque d'autres facteurs (y compris les cycles de vie peu étudiés, les durées de vie encore incertains, les coûts initiaux assez élevées, et la manque de normes existants et de techniques d'évaluation, pour ne nommer que quelques-uns des nombreuses incertitudes qui entourent ces technologies) figurerent dans cette équation (Ton *et al* [03]).

---

<sup>1</sup> NAICS 3351 - Statistics Canada's Annual Survey of Manufactures (ASM)

<sup>2</sup> Cette statistique provient d'un site Internet non vérifié : [http://www.creativeenergysolutions.com/fast\\_facts.htm](http://www.creativeenergysolutions.com/fast_facts.htm) et ne doit pas être pris comme exact.

Parmi les nouvelles technologies d'éclairage, à l'échelle économique, les DEL sont de loin les plus importants. Déjà en service dans les ANP (PDA), les téléphones cellulaires, les ordinateurs portables, les afficheurs LCD, et maintes autres produits électroniques, il s'agit d'une technologie en croissance fulgurante et en évolution constante. Le marché mondiale des DEL est de quelque \$25 milliards par année; aux États-Unis seul, les ventes de 2002 étaient de \$2 milliards, un taux de croissance de 50% comparé à 2001. Il faut toutefois préciser que ces statistiques comprennent l'ensemble des DEL, et non pas seulement les produits d'éclairage proprement dit.

La taille du marché de la fibre optique est plus difficile à estimer, puisque l'utilisation principale de la fibre n'est pas l'éclairage comme tel mais la transmission de données numériques. Knisley [2000] suggère qu'il s'agit de moins de 1% du marché total d'éclairage, mais les statistiques ne sont pas facilement accessibles. La compagnie états-unienne *Fiberstars*<sup>3</sup> (un mot en passant : lorsque vous êtes à la recherche de renseignements, n'oubliez pas que les européens l'appellent 'fibRE' mais aux états-unis il s'agit du 'fibER', petite subtilité mal perçue par les bases de données!) est décrit comme étant 'de loin' le fournisseur nord-américain le plus important dans la domaine de l'éclairage par fibre optique. Étant donné que leurs ventes sont de quelques \$40 million par année<sup>4</sup>, on peut constater que cette industrie soit relativement marginale.

---

<sup>3</sup> <http://www.fiberstars.com>

<sup>4</sup> D'après les rapports financiers disponible sur le site Web.

## 1.2. Contextes d'usage

Les produits d'éclairage sont destinés à trois grands secteurs : le résidentiel, le commercial, et l'industriel. On doit aussi tenir compte des applications publiques, tel l'éclairage des rues et les feux de circulation. Trois types de produits dominent l'ensemble de ces marchés:

- lampes à incandescence (y compris les lampes halogènes)
- lampes fluorescents
- lampes à décharge à haute intensité (DHI)

Aujourd'hui, les DEL prennent place dans plusieurs applications, y inclus les feux de circulation, les feux de freinage et de direction dans l'industrie automobile, les enseignes illuminés et les enseignes de sortie. Par exemple, pour ce qui est des enseignes de sortie, les DEL ont maintenant 80% du marché états-unien (Daly et Biermann [99]); par rapport aux feux de circulation, les DEL comptaient pour 20% du marché en 2002. Ces deux applications sont les plus étudiés en termes d'efficacité énergétique, et bon nombre d'études ont démontré les avantages de cette technologie.<sup>5</sup>

Dans ces cas, les DEL déplacent les anciens technologies à cause de leur efficacité énergétique et leur durée de vie prolongée. La table suivante démontre clairement que les technologies d'éclairage

---

<sup>5</sup> Par rapport aux feux de circulation, de nombreuses études de cas sont disponibles à <http://www.cee1.org/gov/led/led-case-main.php3>

traditionnel varie de façon importante quand à leurs capacités énergétiques, efficacités, et durées de vie.

Table 1. Capacité énergétique, efficacité, et durée de vie des sources de lumière existants. Adapté de Drennan *et al* [01]. Les chiffres sont approximatifs.

<b>Ampoule</b>	<b>Puissance (Watts)</b>	<b>Efficacité (lm/W)</b>	<b>Durée de vie (hrs)</b>
Incandescent Standard	15-250	8-19	750-2,500
Incandescent à vie prolongée	135	12	5,000
Halogène	42-150	14-20	2,000-5,000
Fluorescent Compact	5-55	50-70	10,000
Fluorescent Standard	30-40	70-80	20,000
Vapeur de mercure	40-1,000	50	29,000
Halogénures	32-1,500	46-100	5,000-20,000
Lampe à sodium à haute pression	35-1,000	50-124	29,000

On peut comparer les nouvelles technologies, en commençant avec la fibre optique. L'efficacité optimale des systèmes d'éclairage à base de la fibre optique sera, dans un monde idéal, égale à celle de la source lumineuse, habituellement des DHI. Mais les systèmes ne sont pas parfaites, et leurs efficacités sont réduites en fonction des pertes. Toutefois, de la table ci-haut, on peut constater que puisque ces systèmes sont basés sur des sources lumineuses très efficaces, ils sont potentiellement plus efficaces que l'éclairage incandescent, et pas trop loin des ampoules fluorescents, les plus communs des sources

lumineuses efficaces en présent moment. Le site Web de *Fiberstars*<sup>6</sup> suggère, en effet, que leurs systèmes fournissent `entre 28 et 63' lm/W, assez impressionnant, mais à un prix quand même assez élevée. Par contre, les systèmes de fibre optique ne sont déployées que dans certains contextes, car l'éclairage ambiente n'est pas vraiment envisageable avec ces systèmes, qui se pretent bien à des utilisations poncuels ou d'accent. La durée de vie des ampoules utilisées dans les systèmes de fibre optique sont de quelques 2000 heures; la fibre même devrait durer au moins 20 ans.

Pour ce qui est des DEL, l'évaluation est quelque peu plus difficile. L'efficacité des DEL varie selon le couleur et selon l'application. Les DEL qui nous intéressent, conçus en fonction des besoins d'éclairage, sont récents; en effet, il s'agissent de multiples éléments électroluminescents rassemblés dans un seul emballage, histoire de multiplier le rendement lumineuse à un niveau ou les applications d'illumination sont réalistes. Par exemple, d'après la compagnie américain Lumileds<sup>7</sup>, les 'Luxeon Star' peuvent maintenant générer jusqu'à 120 lumens/unité. Ce n'est pas assez, mais c'est à la hausse; Steigerwald *et al* [02] parlent de la "loi de Haitz", selon laquelle le rendement lumineuse des DEL se dedouble à tous les 18-24 mois; si cela continue ainsi, on devrait attendre à de meilleurs rendements dans les prochains années.

Selon *Lighting Answers* [03], l'efficacité des DEL varient énormément selon le couleur, les moins efficaces étant les bleu (7-30 lm/W) que

---

<sup>6</sup> <http://www.fiberstars.com/revolution/index4.html>

<sup>7</sup> <http://www.lumileds.com>

l'on puisse comparer aux plus efficaces, les verts (25-120 lm/W). Les DEL blancs sont parmi les moins efficaces – mais en même temps les plus polyvalents, voir essentiels, pour l'illumination. Haintz *et al* [02] suggèrent que, par rapport aux DEL blancs, un niveau d'efficacité de 50 lm/W est envisageable d'ici 2010; en principe, les lois de la physique laissent à croire que les rendements atteignables à long terme dépasseront 200 lm/W.

Il y a du chemin à faire avant que les DEL soient la source de lumière la plus efficace, bien que leur efficacité est déjà supérieure à celle des lampes incandescentes. Le prix par lumen, par contre, est encore trop haut; Tau *et al*[03], page 34-36, discutent les questions économiques de façon plus détaillée. Les facteurs purement financières sont assurément importants, mais ne sont pas les seuls; les questions d'habitude et d'esthétique étant deux parmi les nombreuses autres facteurs pouvant influencer les choix.

Par contre, la durée de vie remarquable des DEL – jusqu'à 100 000 heures – est un avantage incontournable, surtout dans les marchés industriels et commerciaux dans lesquels les calculs économiques figurent de façon centrale dans les spécifications. Les consommateurs ne sont pas toujours prêts à payer pour une valeur à long terme, tandis que les retombées économiques à long terme sont bien perçues par les gestionnaires dans les secteurs privés et publiques.

Pour terminer, les secteurs identifiés ci-haut, ayant tous des besoins différents, se servent chacun de différentes technologies d'éclairage, que l'on puisse regrouper ainsi :

Industriel :	fluorescent, DHI
Commercial:	fluorescent, incandescent, DHI
Résidentiel:	incandescent, fluorescent
Publique :	DHI, (DEL)

Afin de rejoindre ces marchés, il faut que les avantages – et surtout les coûts – des nouvelles technologies les permettent de concurrencer les technologies déjà existants; sinon, les produits seront relégués à des utilisations marginaux. Et même si les produits sont 'meilleurs,' il n'y a aucune garantie de succès; si ce n'était qu'une question d'efficacité ou de durée de vie, les incandescents auraient disparus il y a longtemps, et les fluorescents compacts auraient une part du marché nettement supérieure à ce qu'elles ont au moment actuel.

Par contre, les succès déjà établis dans certains domaines, surtout par rapport aux DEL, ainsi que la rapidité d'évolution de ces technologies, laisse à croire qu'il faut suivre de près les développements à moyen et à long terme. L'étude du marché ainsi que les rapports de recherche nous permettent de croire que les DEL sont déjà une source de lumière intéressante et exploitable, et que d'autres possibilités s'ouvriront au fil des prochains ans. La fibre optique, par contre, ne suscite pas le même enthousiasme, et semble destinée à jouer un rôle stable mais marginal.

### 1.3 Éclairagisme

Comme nous avons souligné au départ, depuis trente ans environ, les

technologies de l'illumination n'ont pas changés de façon fondamentale. Bien qu'il y a eu des avances dans l'efficacité de certains technologies, notamment les lampes fluorescents (et les ballasts) de même que les lampes halogènes, et que l'introduction de nouveaux standards tel le format MR16 à offert de nouvelles possibilités aux designers, les technologies de base restent essentiellement inchangés.

En effet, la douille standard incandescent, symbole même de l'éclairage, symbolise aussi cette stabilité technologique; aux États-Unis, cette douille est connu sous le nom de "Edison mount," signe d'une norme qui n'a pas changé depuis 100 ans.

La liste suivante regroupe quelques dates charnières dans l'évolution de l'éclairagisme au 19e et 20e siècles.

1802 Humphry Davy démontre **l'éclairage à arc** .

1867 A. E. Becquerel démontre la première **lampe fluorescent**

1879 Thomas Edison and Joseph Wilson Swan déposent un brevet pour **l'ampoule incandescent** à filament de charbon

1903 Peter Cooper Hewitt démontre la **lampe à vapeur de mercure** .

1911 Georges Claude développe la **lampe au néon**

1955 Invention du **fibre optique**

1959 La **lampe à halogène** est inventée

1962 Nick Holonyak Jr. demontre le premier **DEL à spectre visible**

Comme l'on peut constater de cette table, la fibre optique ainsi que les DEL datent de la même époque, la fin des années cinquante et le

début des années soixante. Ce n'est qu'aujourd'hui, cinquante ans plus tard, que le niveau de maturité de ces technologies – et de leurs processus de fabrication, hautement technique et demandant un base industriel bien développé – soit développé à un point où l'entrée sur le marché de grand public est maintenant envisageable, soit presque inévitable.

Dans la section suivante, nous regarderons ces technologies de plus près, avant de passer à la discussion de notre table ronde.

## 2. Nouvelles technologies: la fibre optique et les DEL

### 2.1 La fibre optique

La fibre optique est bien connue de nos jours à cause de sa position privilégiée dans le monde des technologies de l'information et dans tout ce qui touche au réseautage. L'utilisation de cette technique pour l'éclairage est moins commune, et moins connue. Mais dans certains contextes, il s'agit d'un produit très fiable, facile d'entretien, et offrant certains avantages uniques (par exemple, la séparation de la lumière et de la chaleur, chose essentielle dans le domaine de la muséologie).

Les principes optiques permettant la transmission de lumière à distance furent déjà connus au 19<sup>e</sup> siècle; l'Opéra de Paris se servait de cette technique pour l'éclairage des jets d'eau dans son Faust de 1853. Et l'utilisation de ce principe dans un contexte d'éclairage domestique ne tardait pas; en 1880, un certain William Wheeler de Concord, Massachusetts illumina plusieurs maisons en se servant d'un système de 'tuyaux de lumière' qu'il développa. Mais la perte de signal était trop élevée, et l'expérience fut abandonnée. Hecht [99] explique l'histoire fascinante de cette technologie en détail.

Le principe central est celui de la réflexion totale, obtenue quand "[U]ne onde électromagnétique rencontre la surface de séparation d'un milieu d'indice de réfraction plus faible, sous un angle supérieur à un

angle limite qui dépend des indices de réfraction de ces deux milieux.”<sup>8</sup>  
L'efficacité dépend aussi de la fibre même; les fibres en plastique, moins chères que celles fait en verre, sont généralement moins efficace et plus épaisse. Knisley[00b] explique la terminologie et les enjeux; pour un discussion plus détaillé de cette technologie, consultez André et Schade [02]. En plus du material du cable, certains cables diffusent la lumière tout le long du cable – l'émission lumineuse latérale, habituellement fait avec les cables en plastique – pendant que d'autres ne diffusent la lumière que par le bout du fil, c'est-à-dire par emission lumineuse terminale.

La fibre optique diffère fondamentalement des autres technologies d'illumination, n'étant pas un *générateur* de lumière mais plutôt un système de *transmission*. C'est-à-dire que la fibre optique ne remplace pas le besoin de générer un flux lumineuse, mais permet de centraliser cette génération, et de distribuer la lumière à distance (jusqu'à 30 m maximum) à travers des conduits optiques. Donc, dans un système de fibre optique, il y a trois composants: un générateur-concentrateur (qui comprend une lampe halogène ou une lampe aux halogénures), un harnais d'un ou de plusieurs fibres ou câbles qui transportent la lumière , et enfin un ou plusieurs terminaux. Les manufacturiers ayant tous des systèmes différents, c'est généralement impossible de mélanger les composantes de différents fournisseurs.

---

<sup>8</sup> Définition grâce au Grand Dictionnaire Terminologique - <http://www.granddictionnaire.com>

La transmission de lumière, contrairement à la transmission d'électricité, n'est pas susceptible à l'interférence électromagnétique, et – si l'installation est bien fait – ne dégage pas de chaleur. On a déjà discuté de l'efficacité du système; remarque que ça dépend de :

- l'efficacité de la source de lumière
- l'efficacité du système de concentration et de transfer;
- l'efficacité et la qualité de la fibre même; et
- le forme du terminal

Bref, la fibre optique est une technologie relativement mature, dont l'efficacité dépend de plusieurs facteurs, mais avant tout de l'efficacité de la source lumineuse de base. Il s'agit d'une technologie complémentaire, avec certains avantages importants que nous verrons plus tard, mais qui n'est pas révolutionnaire en soi.

## 2.2 Les DEL

Contrairement à la fibre optique, les DEL méritent réellement le titre de 'nouvelle technologie.' Il s'agit d'une toute nouvelle façon de convertir de l'électricité en lumière, sans filament et sans chauffage. Les DEL sont des semiconducteurs, la même classe de composante électronique que les transistors qui sont à la base des technologies de l'information. Et, comme le décrit Lannoo [97],

*L'importance croissante des semiconducteurs au niveau mondial est liée au fait que ces matériaux forment la base de la révolution technologique de ces quarante dernières années dans le domaine de l'électronique qui, au sens large, représente le marché mondial le plus important à l'heure actuelle en même temps que celui qui bénéficie de la croissance la plus rapide.*

Si l'efficacité des DEL ne suit pas la loi de Moore, la courbe de leur progrès est quand même à grand angle; les DEL profitent des avancées technologiques dans la domaine des semiconducteurs, actuellement parmi les plus étudiés sur la planète (Steigerwald *et al* [02]).

Les principes technologiques à la base de l'émission de lumière par les DEL sont relativement compliqués, tout comme les processus de fabrication industriel sous-jacents. Le document "Lighting Answers" [03], publié par le National Lighting Product Information Program de Rennsler Polytechnic aux États-Unis, explique de façon claire et compréhensif les principes fonctionnels des DEL; on peut également consulter Ton *et al* [03].

Pour les designers, il y a plusieurs choses qui facilitent la compréhension de ces technologies. Premièrement, il faut savoir que ces sources lumineuses émettent une lumière à bande étroite. Les fréquences précises des photons émises dépendent du substance ajoutée à la base de silice. C'est pour cette raison que les DEL sont souvent identifiées par une série de lettres mystérieuses, par exemple "AlGaA," acronyme basée sur la substance chimique "aluminum gallium arsenide" (AlGaA), qui dégage une lumière rouge. D'autres couleurs, soit jaune, bleu, ou vert, proviennent d'autres substances – indium gallium nitride (InGaN); aluminum gallium indium phosphide (AlGaInP), et ainsi de suite.

À cause de cette spécificité à l'échelle photonique, la création de lumière blanche est problématique. Puisque les DEL sont très précises dans leur rendement lumineuse, il faut soit combiner plusieurs couleurs (rouge, bleu, vert) afin de créer une lumière blanche, soit utiliser le principe des lampes fluorescents. Dans cette deuxième cas – le plus commun au moment présent – un DEL bleu est recouvert d'une couche luminescente à base de phosphore pour convertir une partie du rayonnement émis en un rayonnement jaune. La lumière visible résultante, un mélange de bleu et de jaune, est perçu comme un pseudo-blanc. Voir Steigerwald *et al* [02] pour un discussion détaillé des enjeux et de l'avenir de ces options; les résultats ne sont pas encore toujours satisfaisants.

C'est aussi utile de constater que les DEL fonctionnent avec le courant électrique direct (DC), à des voltages et des ampérages relativement basses. Il faut donc des systèmes dédiées d'alimentation électrique –

les 'drivers' – dont les spécifications techniques varient selon le manufacturier. C'est possible de varier l'intensité des DEL en contrôlant la flux électrique; et, puisqu'il faut intégrer certains éléments électroniques dans le design de luminaires à base de DEL, c'est aussi possible d'intégrer des systèmes de contrôle, comme ceux de la compagnie américain *Color Kinetics*<sup>9</sup>.

Pour terminer, remarquons que la durée de vie est actuellement l'un des grands avantages des DEL. Mais la aussi, il faut faire attention aux chiffres, car les DEL ne terminent pas leur vie de façon explosif comme les ampoules standards. Ils finissent plutôt lentement, émettant de moins en moins de lumière avec le temps. Il s'agit donc de définir le rendement minimale acceptable, et de tester le temps qui passe avant que le rendement des DEL soit en-dessous du niveau minimale accepté. Il faut donc repenser plusieurs normes, et ajuster un peu les concepts de base, pour faire face à ces nouvelles outils.

---

<sup>9</sup> <http://www.colorkinetics.com>

### 3. Rapport de la table ronde

Dans les pages suivants, nous présenterons les résultats de la table ronde qui a eu lieu à la Faculté de l'aménagement de l'Université de Montréal le 28 août, 2003. Regroupant les représentants de l'Université, des manufacturiers de produits, et des designers d'éclairage, cette rencontre avait comme but l'exploration du potentiel des DEL et de la fibre optique dans le design d'éclairage, ainsi qu'une discussion de la meilleure façon de développer les produits basés sur ces technologies, en prenant comme marchés cibles celles du Québec et du Canada.

#### 3.1. Discussion : La fibre-optique

La perception des participants à la table ronde était que la fibre optique, comme produit d'éclairage, semblait être plus significatif sur les marchés de l'Europe et de l'Asie que ce l'est en Amérique du Nord. Ici, la fibre-optique n'est spécifiée que dans des secteurs précis. Qui plus est, l'intérêt pour la fibre-optique semble être à la baisse, malgré le fait que les prix ont chuté de 30% dans les trois derniers ans.

Le groupe a identifié les avantages et désavantages de cette technologie, que l'on puisse résumer ainsi :

#### - Avantages

- L'entretien est centralisé à un poste de génération, qui facilite l'entretien des emplacements difficiles ou inaccessibles (par exemple, le Croix du Mont-Royal);

- Les coûts de l'entretien sont réduits, et l'entretien elle-même est simplifiée;
- Les rayonnements ultra-violet et infra-rouge sont écartés, critère important dans certains contextes, y compris les musées et les galeries;
- La chaleur est dissociée de la lumière;
- Efficacité énergétique accrue;
- Résistance aux températures très froides.
- Possibilité d'utilisation dans l'eau
- Miniaturisation des terminaux : la faible taille des fibres permet une grande souplesse dans la répartition des points lumineux;
- Possibilité de faire varier les couleurs par filtration.

#### - Désavantages

- Le coût initial du système reste très élevé, malgré les baisses de prix récentes;
- Choix de finition limité pour les garnitures; incompatibilité des produits provenant de différents manufacturiers;
- Couleur de lumière souvent très froide, à moins de le filtrer, ce qui entraîne une perte de luminosité;
- À distance, la luminosité est réduite à cause de la perte de signal;
- La durée de vie des lampes est courte (relative au coût) ;
- Les fibres mal installées peuvent fondre, et l'installation elle-même n'est pas toujours simple;
- Les électriciens n'aiment pas faire l'installation;
- Manque d'installateurs et de fournisseurs qualifiés.

### 3.2. Les DEL

Les participants à la table ronde furent très enthousiastes par rapport au potentiel des DEL, qu'ils voyaient comme un mariage formidable de l'électronique, l'électrique, et l'éclairage. Les DEL semblent être une technologie en évolution rapide, qui offrira de nouvelles directions pour l'avenir de l'éclairage. Mais les participants ont aussi souligné que c'est une technologie encore mal connue au Québec. Il faudrait donc repenser non pas seulement la technologie mais aussi les utilisations envisageables de cette technologie comme système d'éclairage. De plus, il faut faire connaître la technologie aux designers ainsi qu'au grand public.

Les participants commentaient sur la manque de standards actuels pour les DEL sur le marché mondiale. Les normes n'existent ni en forme de photométrie ni en forme de guides pour l'entretien des systèmes. L'évolution rapide de cette technologie ne facilite pas l'établissement des normes, ni la compréhension du potentiel, des limites, et des enjeux. Mais n'empêche que ces technologies sont déjà déployées; par rapport à cette question, les participants avaient encore une fois la perception que l'Asie soit en avance de la reste du monde par rapport à l'exploitation de cette nouvelle technologie.

Les participants resumaient les avantages et les desavantages des DEL de la manière suivante:

#### - Avantages

- Consommation énergétique de plus en plus efficient;

- Longue durée de vie ( 30,000 – 100,000 heures versus MR 16 à 4000 heures ou fluorescent à 10000-20000 heures);
- Insensibilité aux vibrations;
- Dimension très petite;
- Beaucoup des faisceaux possibles avec des accessoires;
- Fonctionnement inchangé dans les températures basses;
- Accès simple pour l'entretien (relatif à la fibre optique);
- Pas d'émissions infra-rouges ou ultra-violets.
- Potentiel d'amélioration à courte et à moyen terme.

#### - Désavantages

- Rendement maximale de 30 lm/W ( versus +/- 75 lumens par watt pour fluorescent); le rendement lumineuse total est encore insuffisant pour les besoins de l'éclairage;
- Manque d'outils d'évaluation standardisés (par exemple, les données photométriques);
- Les DEL blancs sont encore très chers; les DEL ultra-brillants aussi;
- On ne sait pas si les composantes pourraient être toxiques; il faudrait évaluer le cycle de vie de ces nouvelles technologies;
- Sensibilité à la chaleur;
- Sensibilité aux variations du voltage et de l'humidité;
- Sources d'alimentation ('drivers' ) pas encore perfectionnés, ni standardisés;
- Rendement des couleurs très – voir trop – précise;
- Système des connecteurs encore peu développé.

### 3.3. *Brainstorming* : les opportunités

Les intervenants à la table ronde étaient de l'opinion que la fibre optique est, et va rester, une technologie marginale avec un part du marché assez stable mais relativement restreint. C'est peu probable que cette technologie disparaîtra, ni paraît-il probable qu'elle rejoindra les marchés de masse.

Par contre, les DEL sont une phénomène en plein essor. Bien que le technologie n'est pas encore mature, les applications sont déjà nombreuses, et l'avenir de cette technologie est encore plus prometteur. Nos participants ont tous soulignés le fait qu'il va falloir suivre de près le développement des DEL afin de ne pas rater l'occasion de participer à la mise en marché de nouveaux produits et de profiter du potentiel de cette évolution technologique.

Suite à la discussion, le groupe a réfléchi sur le besoin d'amener et de faire connaître cette technologie au Québec. Quatre suggestions sont ressortis de cette réflexion:

- a. Il faut développer la capacité et les compétences des designers afin qu'ils puissent développer de nouveaux produits pour les marchés du Québec et du Canada;
- b. Il faut s'occuper de l'éducation des ouvriers de construction et des autres intervenants (électriciens, ingénieurs, designers et architectes), pour leur faire connaître la technologie ainsi que les techniques d'implémentation;

- c. Il faut tenir compte de l'évaluation des éléments non-recyclables du produit, et de bien comprendre le cycle de vie des produits; et
- d. Enfin, on devrait respecter la perception et les contextes d'utilisation, de s'assurer que nous répondions aux besoins et aux désirs humains dans le contexte de ces nouvelles technologies.

Le groupe a identifié certaines opportunités potentiels, incluant :

- De cibler les designers d'intérieur, les designers industriels, et les architectes, en offrant des cours et d'autres renseignements (articles publiés dans les journaux ou sur le site web de l'IDM, par exemple) afin de démystifier cette technologie et de faire connaître les potentiels et les enjeux;
- De développer des produits destinés aux marchés commerciaux visés par le design d'intérieur et par l'architecture; une concentration sur les produits spécifiques lancés au Québec ne devrait pas négliger les marchés plus larges;
- De confronter et de se servir des nouvelles possibilités propres à ces technologies (tel les systèmes de contrôle).

### 3.4. Vers l'avenir

Les intervenants du table ronde ont souligné que c'est important que le Québec reste à l'avance de ces développements au cours des prochaines dix ans. Les DEL doivent être prises au sérieux, et il faut

s'assurer que nous soyons en mesure de contribuer et de participer aux changements qu'amèneront ces nouvelles technologies.

Ton et al [03] dressent une liste de contextes qui pourraient être affectés par les DEL dans un avenir proche. Cette liste, sans que ce soit exhaustive, peut servir comme base de réflexion sur les produits à développer.

<b><i>Industriel</i></b>	<b><i>Commercial</i></b>	<b><i>Résidentiel</i></b>
Aviation	Architectural	Securité
Marine	Accent	Lumières décoratifs
Médical	Divertissement	Éclairage des trottoirs
Militaire	Santé / hospitalité	Lampes intérieurs
Routier	Extérieur	Vitrines
Signalisation	Éclairage des zones de travail	Éclairage des zones de travail
	Vente en détail	
	Enseignes illuminés	
	Signalisation	

On doit maintenant travailler pour maintenir l'enthousiasme et l'optimisme qui prédominaient à la rencontre de ces représentants de différents milieux affectés par les nouvelles technologies d'éclairage. Ça se fera avec d'autres rencontres et d'autres échanges, et plus concrètement sous forme de partenariats stratégiques visant l'élaboration de produits et de projets. La création, la développement,

et les échanges des expertises seront essentiels en faisant face à l'avenir.

#### 4. Références

- Bierman, A. (1998). LEDs: From indicators to illumination? *Lighting Futures* 3(4).
- Bullough, John (2003). LED lighting systems. *Lighting Answers* 7:3.  
Disponible par internet : <http://www.lrc.rpi.edu/programs/nlpip/>
- Daly, Kathleen; Bierman, Andrew (1999). Energy efficiency and LEDs. *IAEEL newsletter*, 99(2).
- Drennen, Thomas ; Haitz, Roland ; Tsao, Jeffrey (2001). A market diffusion and energy impact model for solid-state lighting. Publication de Sandia National Laboratories, disponible par internet -  
<http://lighting.sandia.gov/Xsslatsnl.htm>
- Ferzaccan N.; Narendran, N. (1997) Presenting performance data of end emitting fiber optic lighting systems. *Illuminating Engineering Society of North America 1997 Annual Conference: Proceedings*. IESNA: New York, NY.
- Haitz, Roland et al (2000). The case for a national research program on semiconductor lighting. Publication de Sandia National Labs, disponible par internet -  
<http://lighting.sandia.gov/lightingdocs/HaitzR200004.pdf>
- Haitz, Roland; Kish, Fred; Tsao, Jeff; Nelson, Jeff (2002). Another semiconductor revolution: this time it's lighting! Publication de Sandia National Labs, disponible par Internet -  
<http://lighting.sandia.gov/lightingdocs/HaitzR200003.pdf>
- Halverson, Matthew (2002). Light years ahead. *Electrical Construction & Maintenance*, April 2002.
- Hecht, Jeff (1999). City of light: The story of fiber optics. Oxford: Oxford University Press.
- Knisley, Joseph R. (2000a). Applying new lighting technologies. *Electrical Construction & Maintenance*, April 2000.

Knisley Joseph R. (2000b). Fiber-optic lighting has all the effects.  
*Electrical Wholesaling*, April 2000

Lannoo, Michel (1997). Les matériaux semiconducteurs. Cahier de synthèse rédigé sous la responsabilité de Michel Lannoo, directeur de recherche au CNRS Institut d'électronique et de microélectronique du Nord. Disponible par internet :  
[http://www.cnrs.fr/Chimie/PAGES/programmes\\_scientifiques/cahiersdesynthese-ow.htm](http://www.cnrs.fr/Chimie/PAGES/programmes_scientifiques/cahiersdesynthese-ow.htm)

Nadel, Steve; Atkinson, Barbara A.; McMahon, James E. (1991). A review of U.S. and Canadian lighting programs for the residential, commercial, and industrial sectors. Proceedings of Right Light 1, Stockholm, Sweden.

Rubinstein, Francis ; Johnson, Steve (1998). Advanced Lighting Program Development (BG9702800) final report. Rapport LBNL-41679, préparé pour le California Institute for Energy Efficiency par Berkeley National Laboratory.

Steigerwald, Daniel A.; Bhat, Jerome C.; Collins, Dave; Fletcher, Robert M.; Holcomb, Mari Ochiai ; Ludowise, Michael J.; Martin, Paul S.; Rudaz, Serge L. (2002). Illumination With Solid State Lighting Technology. *IEEE journal on selected topics in quantum electronics* 8:2.

Ton, My; Foster, Suzanne; Calwell, Chris; Conway, Kate (2003). LED Lighting Technologies and Potential for Near-Term Applications. Rapport commandité par le Northwest Energy Efficiency Alliance.

## Appendice A

### **Fabricants des DEL, de la fibre optique, et des produits connexes.**

<b>Fabricants des DEL</b>	
Lumileds Corp.	<a href="http://www.lumileds.com">www.lumileds.com</a> <a href="http://www.luxeon.com">www.luxeon.com</a>
OSRAM Opto Semiconductors	<a href="http://www.osram-os.com">www.osram-os.com</a>
Nichia Corporation	<a href="http://www.nichia.com">www.nichia.com</a>
Norlux	<a href="http://www.norluxcorp.com">www.norluxcorp.com</a>
Opto Technology, Inc.	<a href="http://www.optotech.com">www.optotech.com</a>
GELcore	<a href="http://www.gelcore.com">www.gelcore.com</a>
Cree, Inc.	<a href="http://www.cree.com">www.cree.com</a>
<b>Fabricants de la fibre optique</b>	
Super Vision International	<a href="http://www.svision.com">www.svision.com</a>
Fiberstars	<a href="http://www.fiberstars.com">www.fiberstars.com</a>
<b>Fabricants de luminaires</b>	
Color Kinetics Inc.	<a href="http://www.colorkinetics.com">www.colorkinetics.com</a>
Boca Flasher	<a href="http://www.bocaflasher.com">www.bocaflasher.com</a>
TIR Systems	<a href="http://www.tirsys.com">www.tirsys.com</a>
Tokistar	<a href="http://www.tokistar.com">www.tokistar.com</a>
Lucifer Lighting	<a href="http://www.luciferlighting.com">www.luciferlighting.com</a>
Pulsarlight	<a href="http://pulsarlight.com">pulsarlight.com</a>
Zumtobel Staff	<a href="http://www.zumtobelstaff.com">www.zumtobelstaff.com</a>
<b>Fabricants des composantes électroniques</b>	
Maxim	<a href="http://www.maxim-ic.com">www.maxim-ic.com</a>
Microsemi	<a href="http://www.microsemi.com">www.microsemi.com</a>
Rohm	<a href="http://www.rohm.com">www.rohm.com</a>

## Appendice B

### **Autres liens utiles**

Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute

<http://www.lrc.rpi.edu>

Laboratoire nationale de recherche Sandia (US)

<http://lighting.sandia.gov>

High Brightness LEDs

<http://www.compoundsemi.com/hbled/>

The LED museum

<http://ledmuseum.com>

LED Marketplace

<http://www.ledmarketplace.com>

Paint with lights (les prix sont affichés – parfois utile!)

<http://www.paintwithlights.safeshopper.com/>

Lighting resource

<http://www.lightingresource.com>

## Appendice C

### Installations québécoises mettant en valeur les appareils DEL

Installation	Fabriquant(s)	Application
Casino de Hull (bassins d'eau extérieurs)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Martin</li> <li>• Color Kinetics</li> </ul>	Éclairage des bassins d'eau
Restaurant Bocachino, Brossard	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color Kinetics</li> <li>• Boca Flasher</li> </ul>	Éclairage commercial
Club Med World, Montreal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color Kinetics</li> </ul>	Éclairage commercial
Simons St-Bruno Simons Carrefour Laval Jardin Nelson, Montréal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color Kinetics</li> <li>• Boca Flasher</li> <li>• Pulsar Cove</li> </ul>	Éclairage de périmètre et "back wall"
Comptoir – Université de Montréal, Longueil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boca Flasher</li> </ul>	Éclairage d'enseigne
Enseignes 'Royal Bank' Royal Marriott Hotels Casino de Montréal Caisse de Dépôt SAQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boca Flasher</li> <li>• Zumtobel Staff</li> </ul>	Éclairage 'custom'

[liste fourni par Groupe Lumitech]