

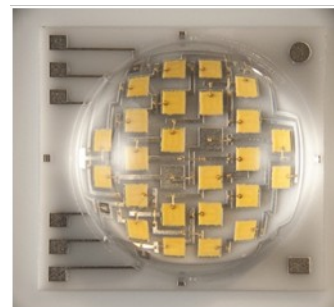
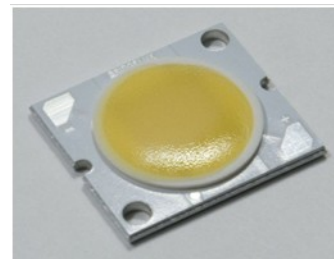
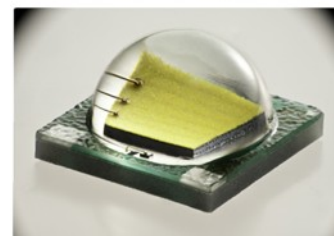
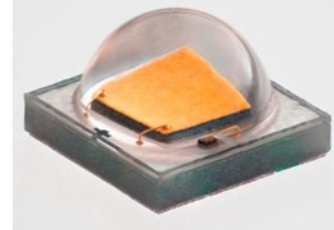
L'éclairage à LEDs

patrick.mottier@cea.fr

- Contexte
- Historique rapide
- Principales caractéristiques des leds
- Lampes et luminaires
- Marché
- Le smart lighting
- Les oleds
- Conclusion

Le contexte

- L'émergence des leds depuis quelques années comme sources d'éclairage
 - Efficacité énergétique
 - Fiabilité
 - Dimensions réduites
- Une rupture technologique majeure
 - Amélioration rapide des performances
 - Baisse continue des coûts



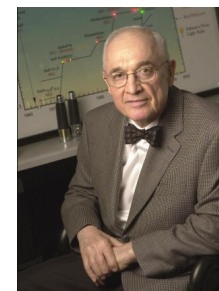
L'histoire

- Première observation en 1907 - H. J. Round - Marconi Co, UK – électroluminescence du carborundum
- Premier brevet en 1929 - Oleg Vladimirovich Losev
- Première LED émettant dans le rouge en 1962 - N. Holonyak (*Nat. Medal of Technology 2002*) & S.F. Bevacqua - General Electric
- Première commercialisation d'une LED rouge en 1968 - 0,001 lm
- Electroluminescence bleue du GaN en 1974
- Première LED bleue - rendement de 0,18% - Publication décembre 1991 - S. Nakamura (*2006 Millenium Technology Prize*) - Nichia Corp.
- Première LED bleue commerciale 1993

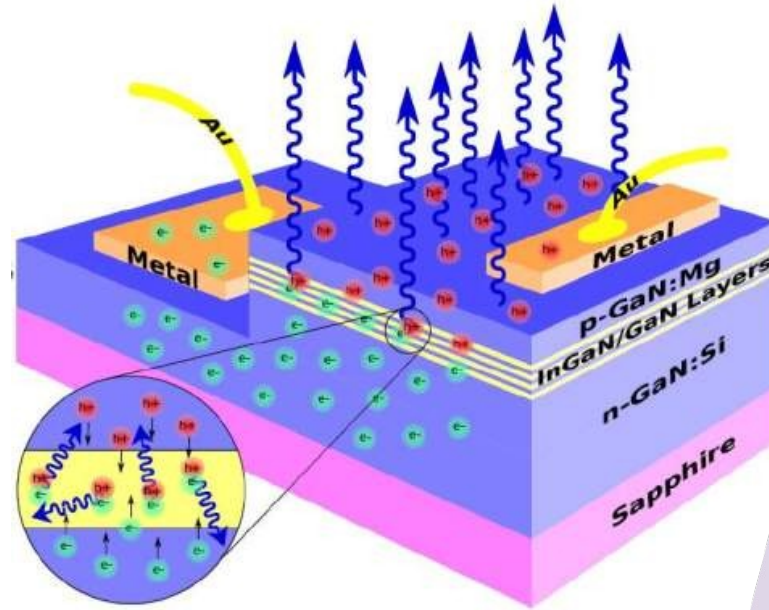
* Les leds bleues ont ouvert la porte aux leds blanches



H.J. Round



Les leds bleues



- Semiconducteur

- Nitru de gallium (GaN)

- Substrat

- Saphir (Al_2O_3) : la plupart des fabricants
- SiC : CREE
- Silicium (Toshiba, Bridgelux, Plessey)
- GaN massif : SORAA

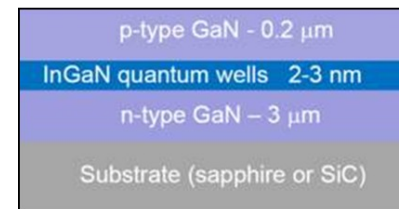
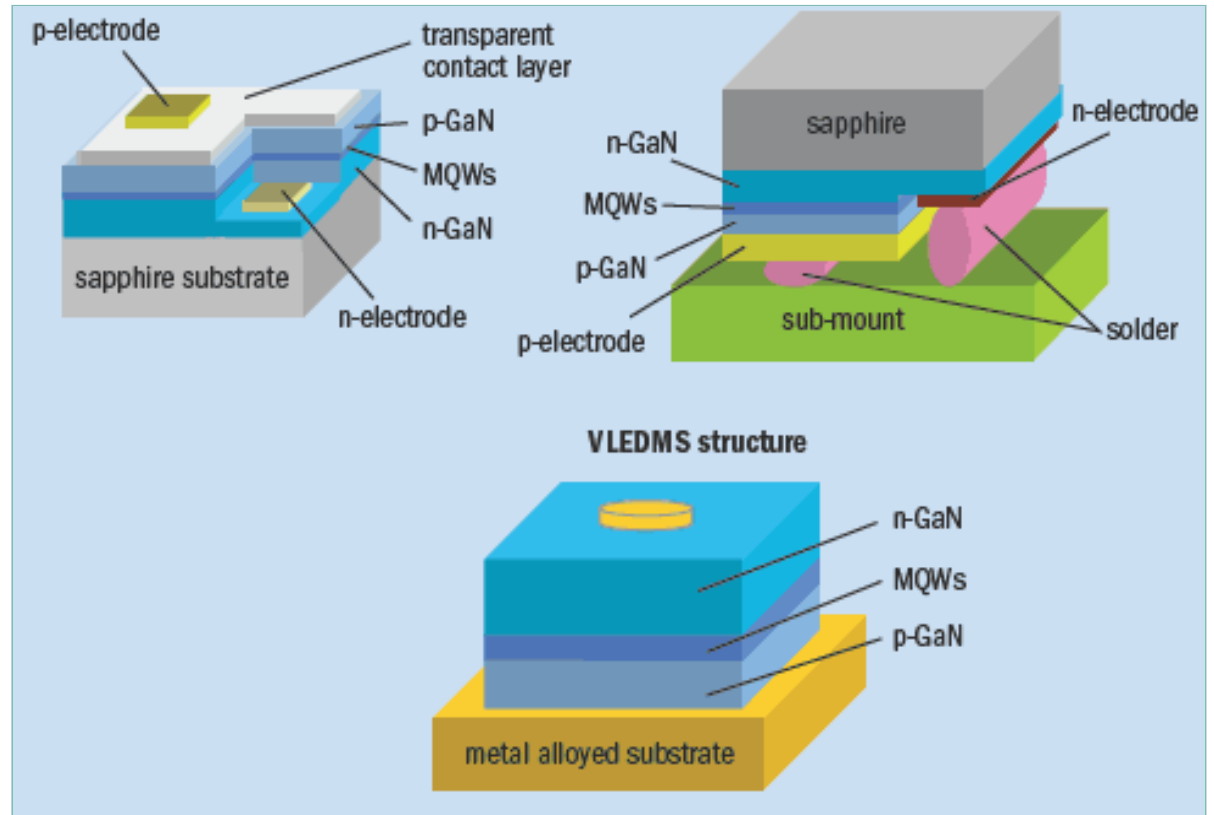


Image TEM des couches constituant les puits quantiques

C. Humphreys – Cambridge University - Solid state lighting_MRS Bulletin 2008 – p.462

Variantes

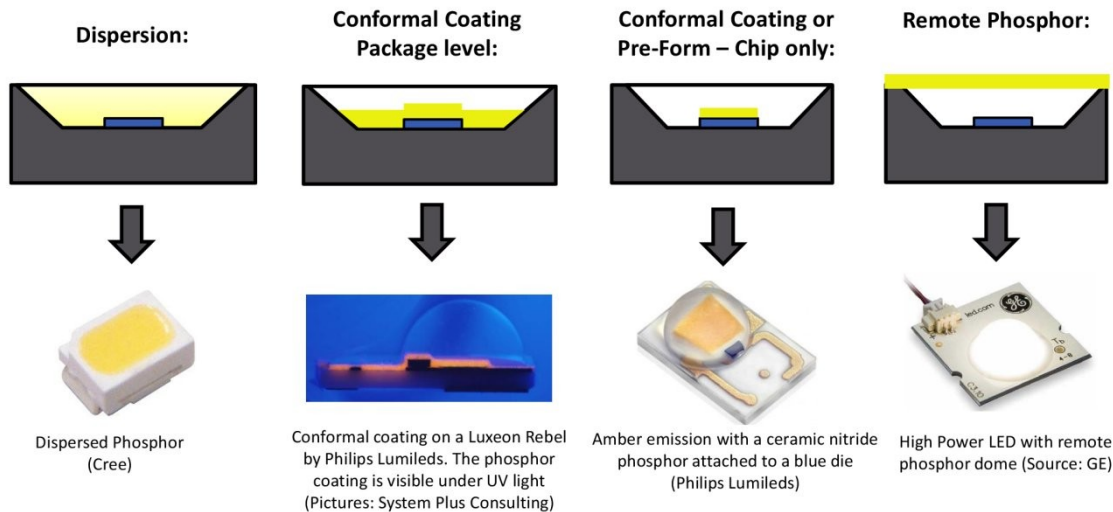
- Faciliter la dissipation de chaleur
- Améliorer l'extraction de lumière



Led blanche = led bleue + luminophores

The Different Types of Phosphor Converted LEDs

- Phosphors are typically mixed with a binder (Silicon, Epoxy) and deposited on the device. Alternatively, they can be pressed into a ceramic or embedded into a solid-state binder and then paired with phosphor chips. There are 4 major types of phosphor converted LEDs (pcLEDs):



© 2013 21

Copyrights © Yale Développement SA. All rights reserved.

KnowMade

YOLE

- Le spectre d'émission dépend de la composition des luminophores... et de la source
- La Température de Couleur (CCT) et l'Indice de Rendu de Couleur (CRI) sont directement liés au spectre d'émission
- L'homogénéité du faisceau (couleur, intensité) dépend de la qualité de la mise en œuvre

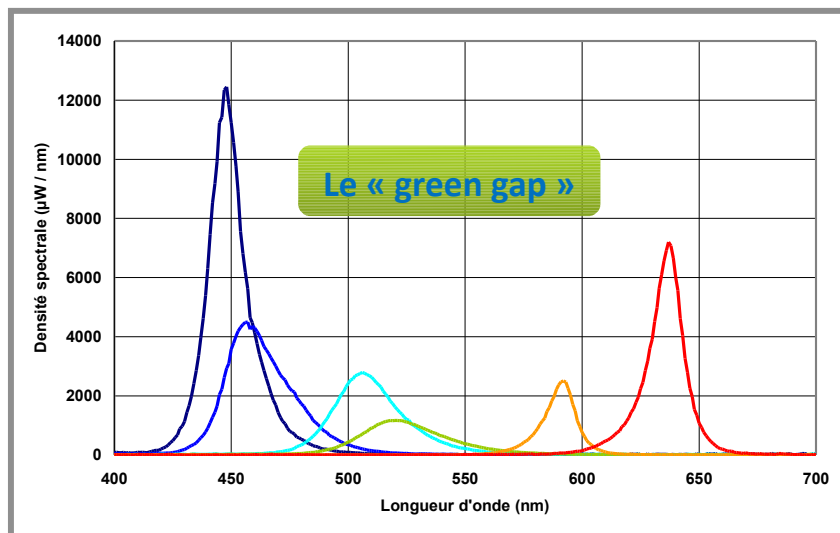
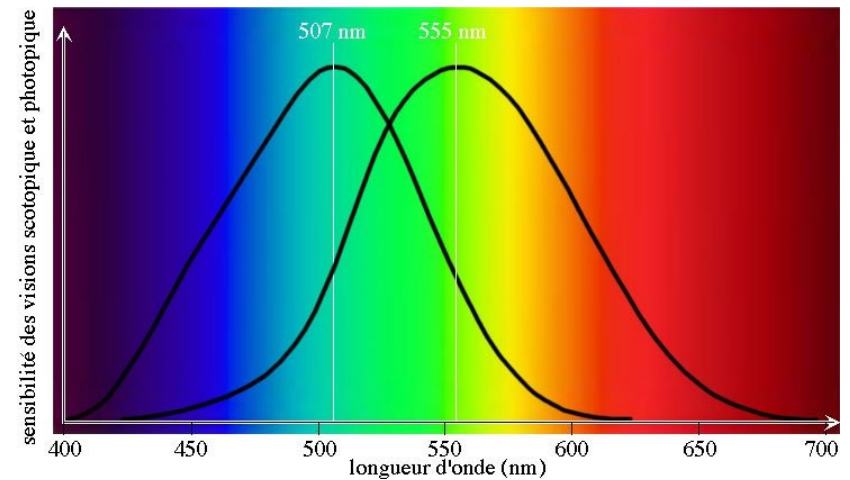
Beaucoup d'avantages, quelques difficultés...

- Les +
- Efficacité élevée
- Dimensions réduites
- Longue durée de vie
- Temps de réponse court
- Accès à des couleurs saturées
- Bon fonctionnement à basse température
- Pas d'infrarouge

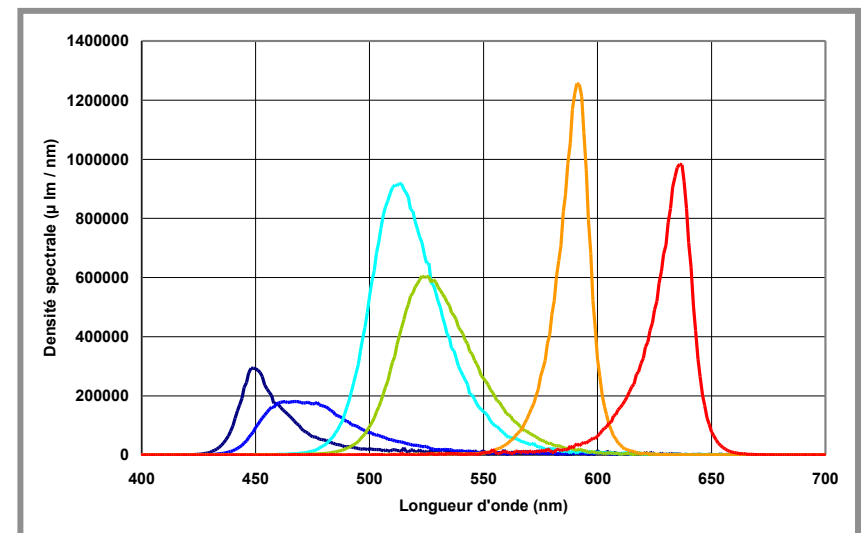
- Les -
 - L'efficacité lumineuse ,
 - l'indice de rendu de couleur (IRC) ou les coordonnées chromatiques,
 - la durée de vie
- peuvent varier très largement suivant les conditions d'utilisation:
- Température de jonction
 - Courant

- Le coût encore élevé

A puissance
électromagnétique rayonnée
identique, la quantité de
lumière émise varie avec la
couleur

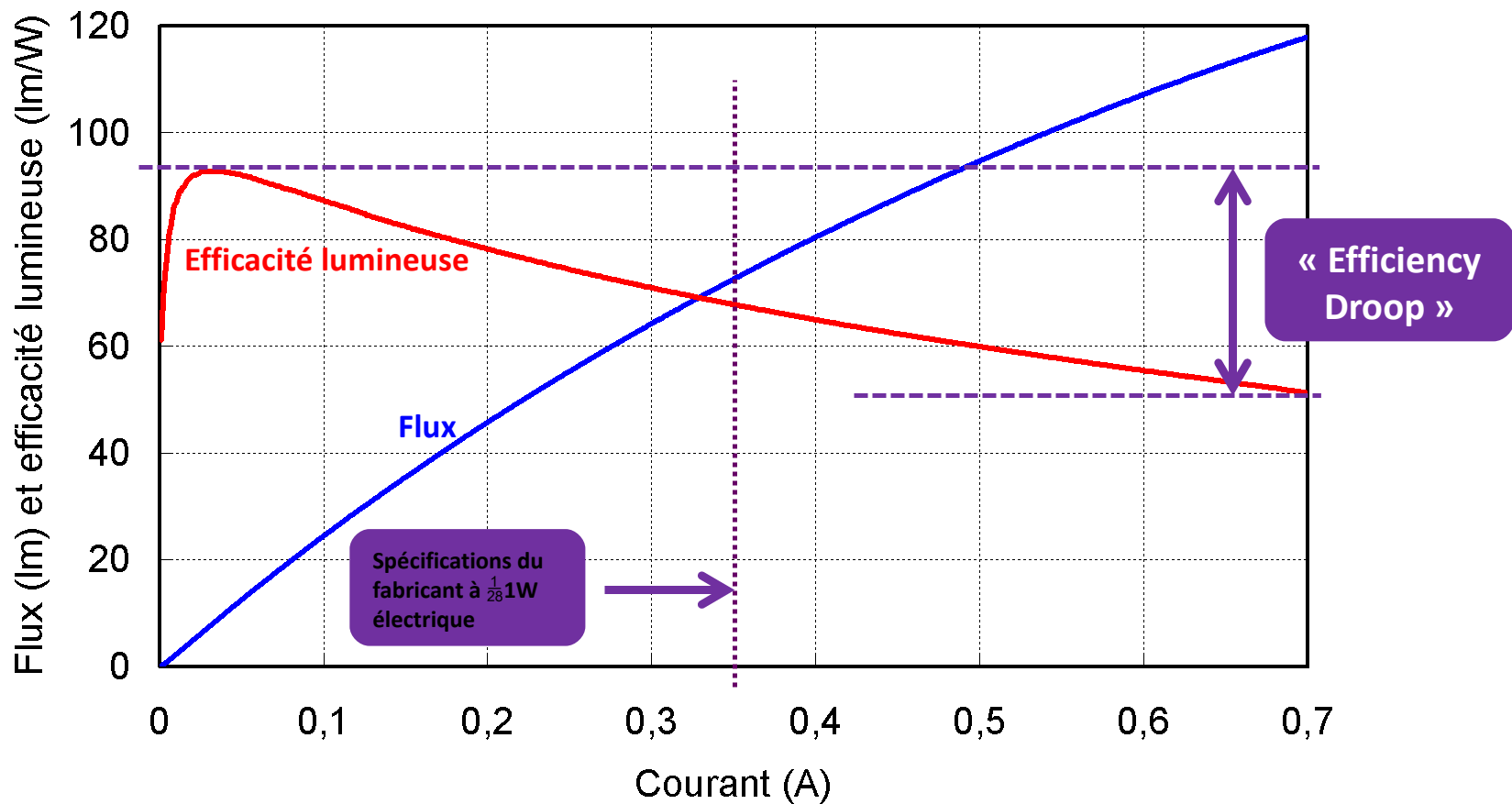


Efficacité énergétique



Efficacité lumineuse

L'efficacité lumineuse dépend du courant

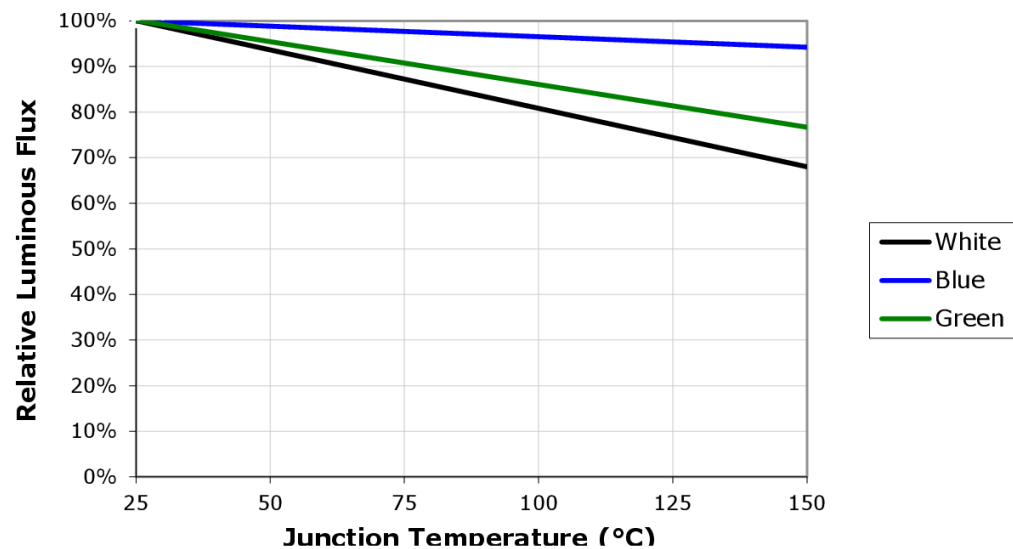


L'efficacité diminue avec la température de jonction



XLAMP XR-E LEDS

RELATIVE FLUX VS. JUNCTION TEMPERATURE ($I_F = 350 \text{ mA}$)

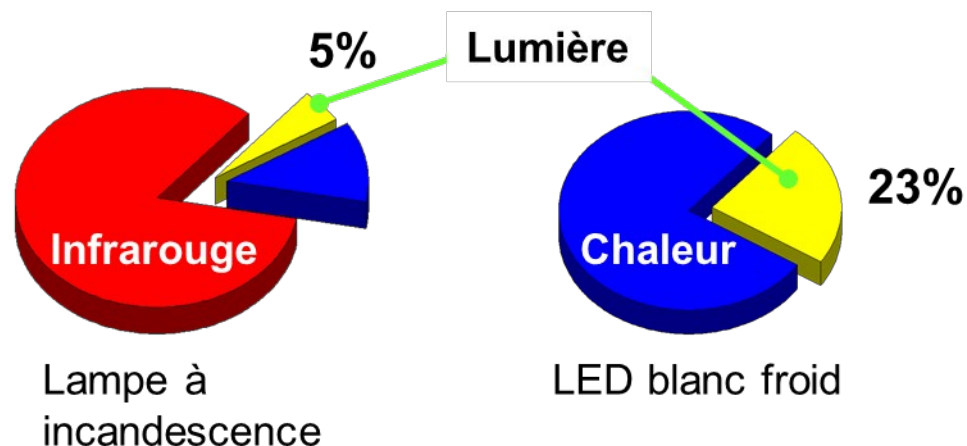


Les leds chauffent...

- L'énergie non convertie en lumière est convertie en chaleur
- La température de la jonction p-n émettrice de lumière doit être maintenue sous 100 à 150°C grand max
 - Trop basse pour rayonner suffisamment l'énergie thermique sous forme infrarouge
 - Pas de sensation de chaleur sous les spots
 - La dissipation de la chaleur se fait par conduction, puis convection



... moins que les autres sources de lumière !



Du catalogue à la réalité

Un exemple* :

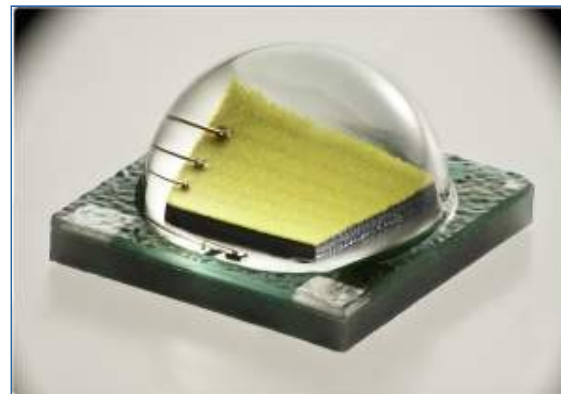
CREE XLamp® XM-L LED

Warm white (2600 – 3700K)

CRI 80

30 000 hours (70% initial flux)

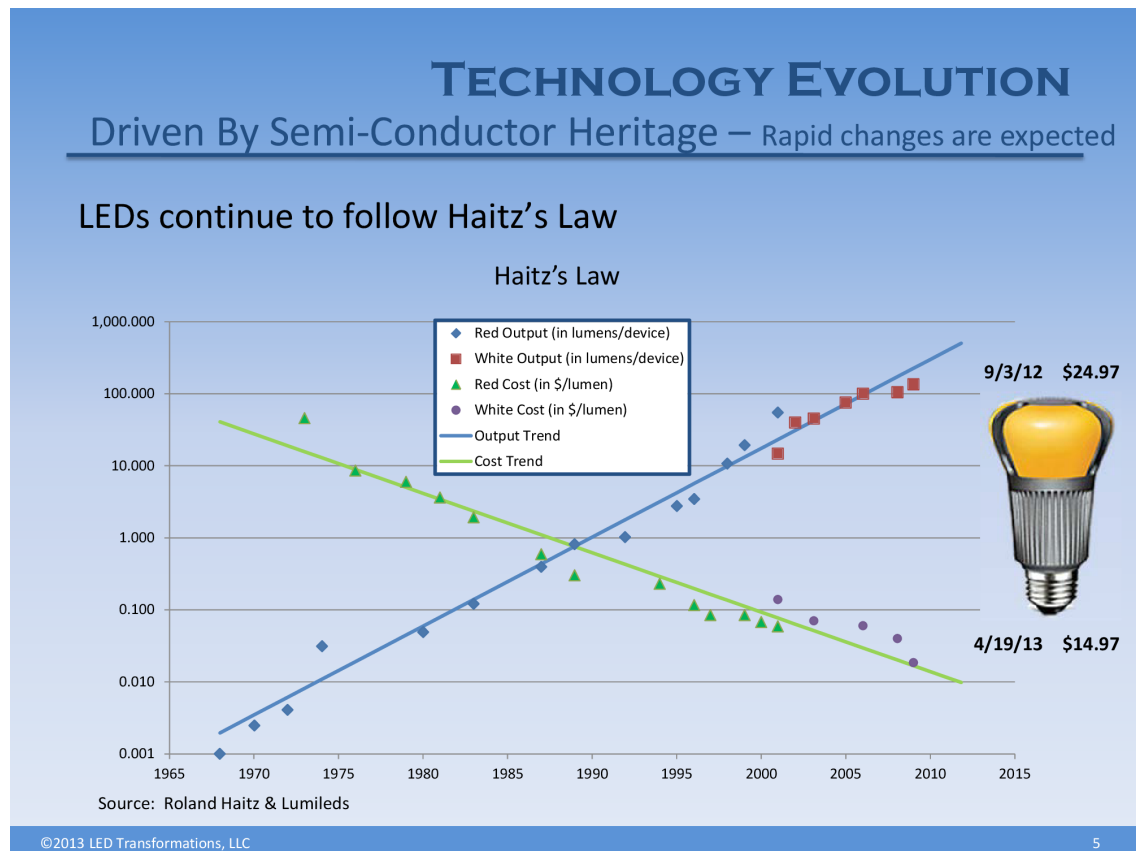
Data source : CREE Data sheets – **Avril 2012**



Junction temp.	700 mA ($\frac{1}{28}$ 2W)		1400 mA ($\frac{1}{28}$ 4,3W)		2800 mA ($\frac{1}{28}$ 9,2W)	
	Efficacy	Flux	Efficacy	Flux	Efficacy	Flux
25°C	110 lm/W	220 lm	95 lm/W	410 lm	74 lm/W	682 lm
Dépréciation thermique						
150°C	77 lm/W	154 lm	66 lm/W	287 lm	52 lm/W	477 lm
« Efficiency droop »						

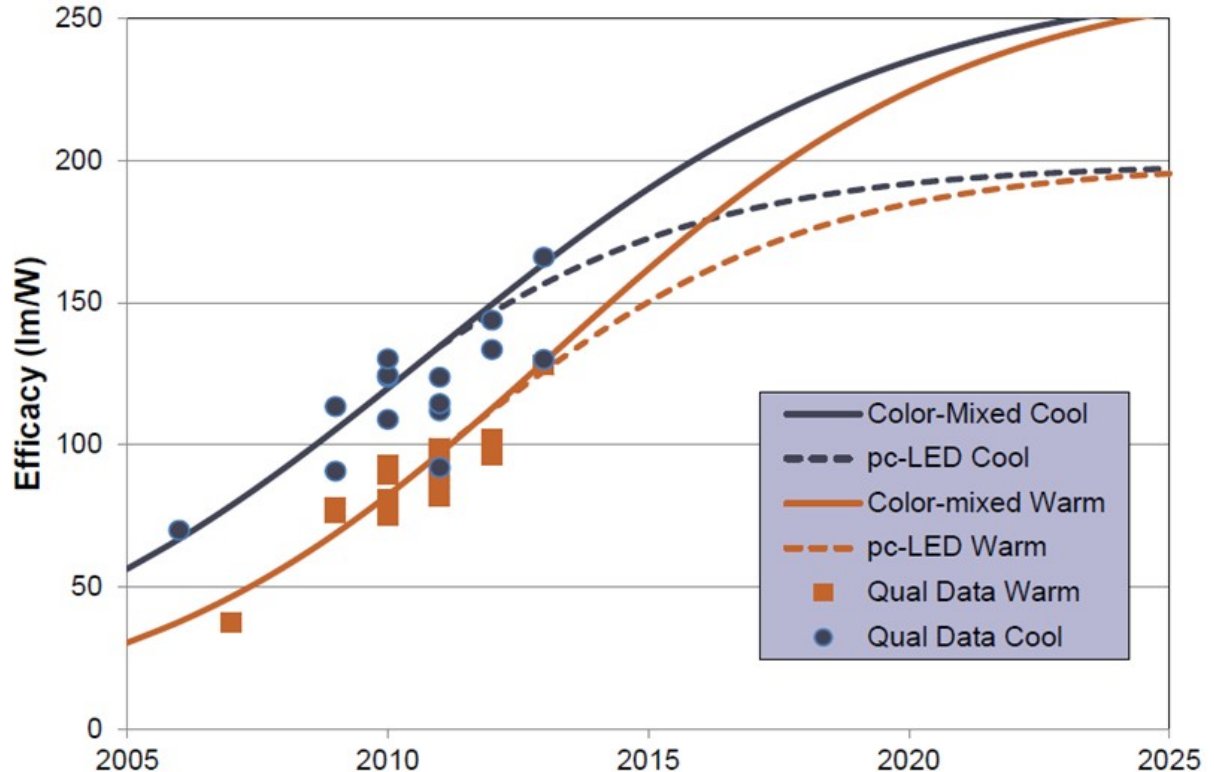
* On trouverait le même type de résultats chez les autres fabricants

La « Loi de Haitz » :
depuis 50 ans les
performances
augmentent,
les coûts diminuent



Solid-State Lighting: The New Basics - Jack Curran, LED Transformations - 2013
Solid-State Lighting Market Introduction Workshop – Novembre 2013

Une efficacité
lumineuse
plafonnée vers
200 à 250
lm/W pour de
la lumière
blanche



DOE SSL R&D - Multi-Year Program Plan - April 2013

1 Watt de rayonnement radiolélectrique à 555nm – maximum de la sensibilité de l'œil - produit 683lm

Des lampes ou des luminaires ?

- Les lampes
- Accès au marché immédiat
- Contraintes techniques sévères, notamment
s les forts flux



Comment di...
dans des vol... ts ?

30% de lampes, 70% de
luminaires suivant M. Sanders -
LED Lighting Facts - 2013 DOE SSL
Market Introduction Workshop

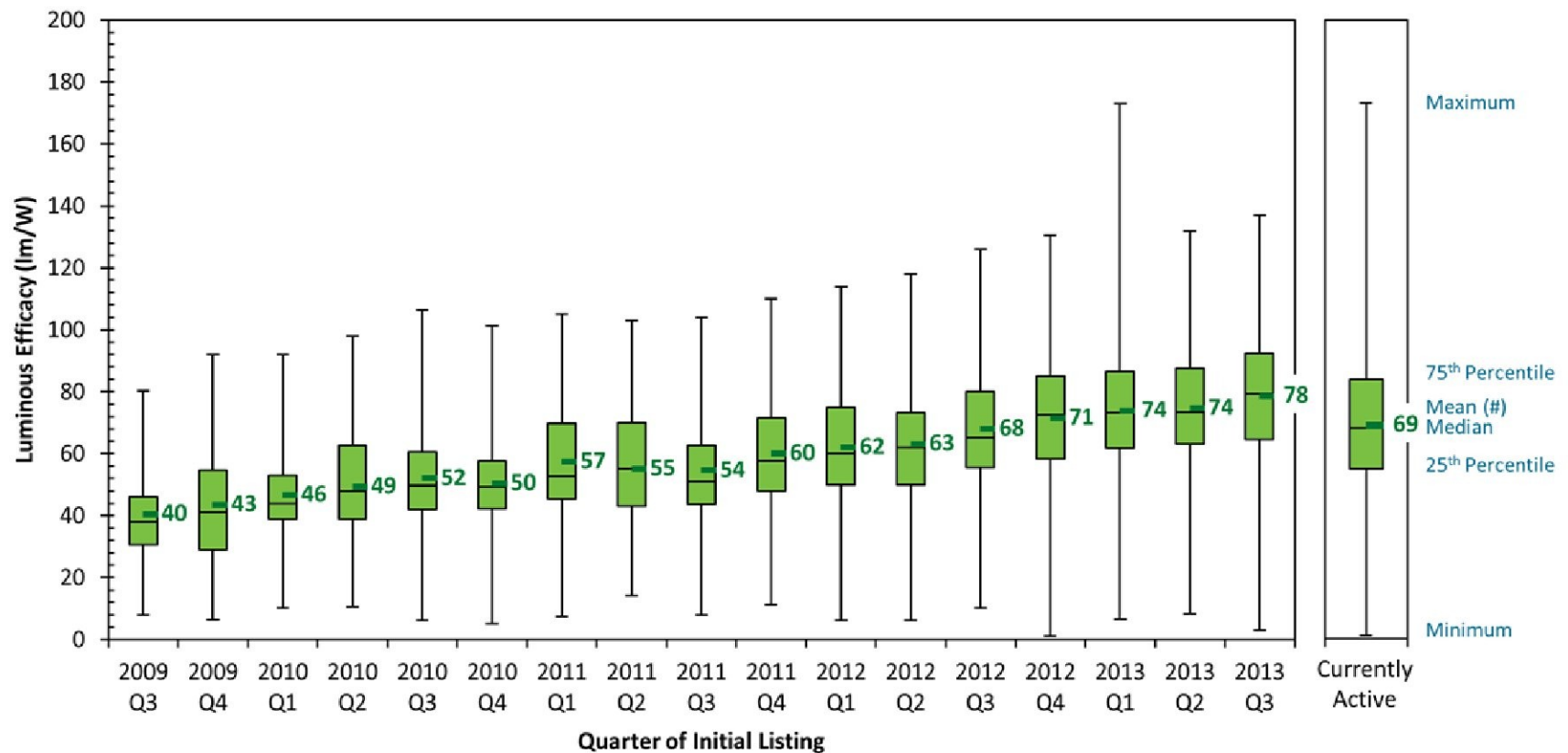
- Les luminaires
- Accès au marché plus difficile, car souvent des concepts nouveaux
- Vastes champs d'innovation
- On peut utiliser les leds au mieux de leurs performances



- Meilleur refroidissement
- Facteur de forme



LED Bulbs Getting More Efficacious



Source: U.S. DOE CALiPER, forthcoming report

Lampes à leds, où en est-on ?



Incandescent



LED



Fluocompacte

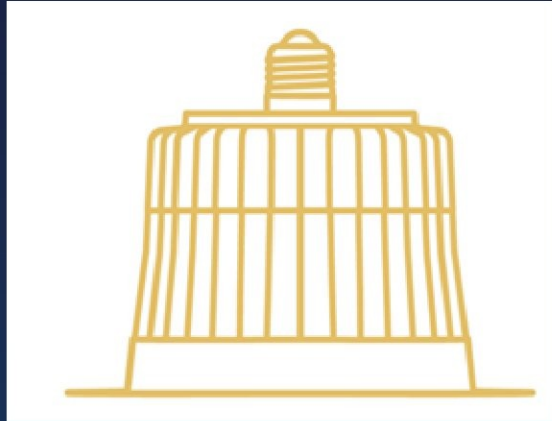
Puissance électrique	60 W	12 W	12 W
Flux	780 lm	806 lm	740 lm
Efficacité lumineuse	13 lm/W	67 lm/W	62 lm/W
Température de couleur	2700 K	2700 K	2700 K
Indice de rendu de couleur	100	>80	82
Durée de vie	1 000 heures	25 000 heures	8 000 heures
Gradable	Oui	Oui	Non
Prix	n.a.	38 € sur internet le 07-02-14	10 €
Quantité de mercure			1,5 mg
Nombre de cycles d'allumage/extinction			5 000
Temps de chauffe, luminosité à 60 %			5 - 30 s

Source : catalogue Philips

Product Evolution Case Study – LED Downlight

2007

- 42 LEDs
- 650 lm
- 12W



> \$100 Commercial
Wholesale



\$19.97

~~\$39.97~~

~~\$49.97~~ Retail

3
2
2011
~~5~~ • ~~8 LEDs~~
• 650 lm
• ~~10.5W~~
~~10W~~
9.5W

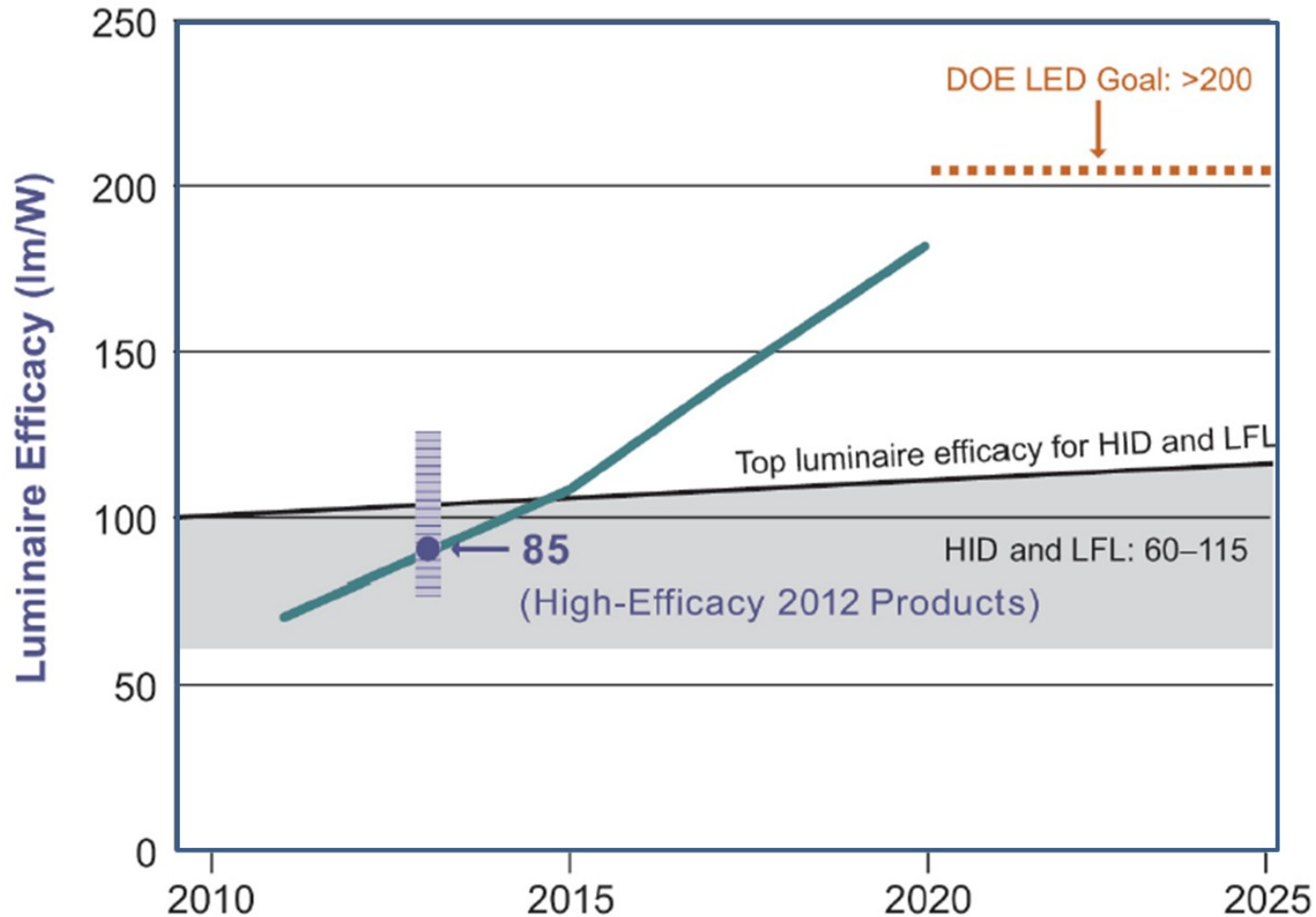
The same thing *is* happening in
Outdoor & Consumer lighting



The Biggest Thing Since the Light Bulb:

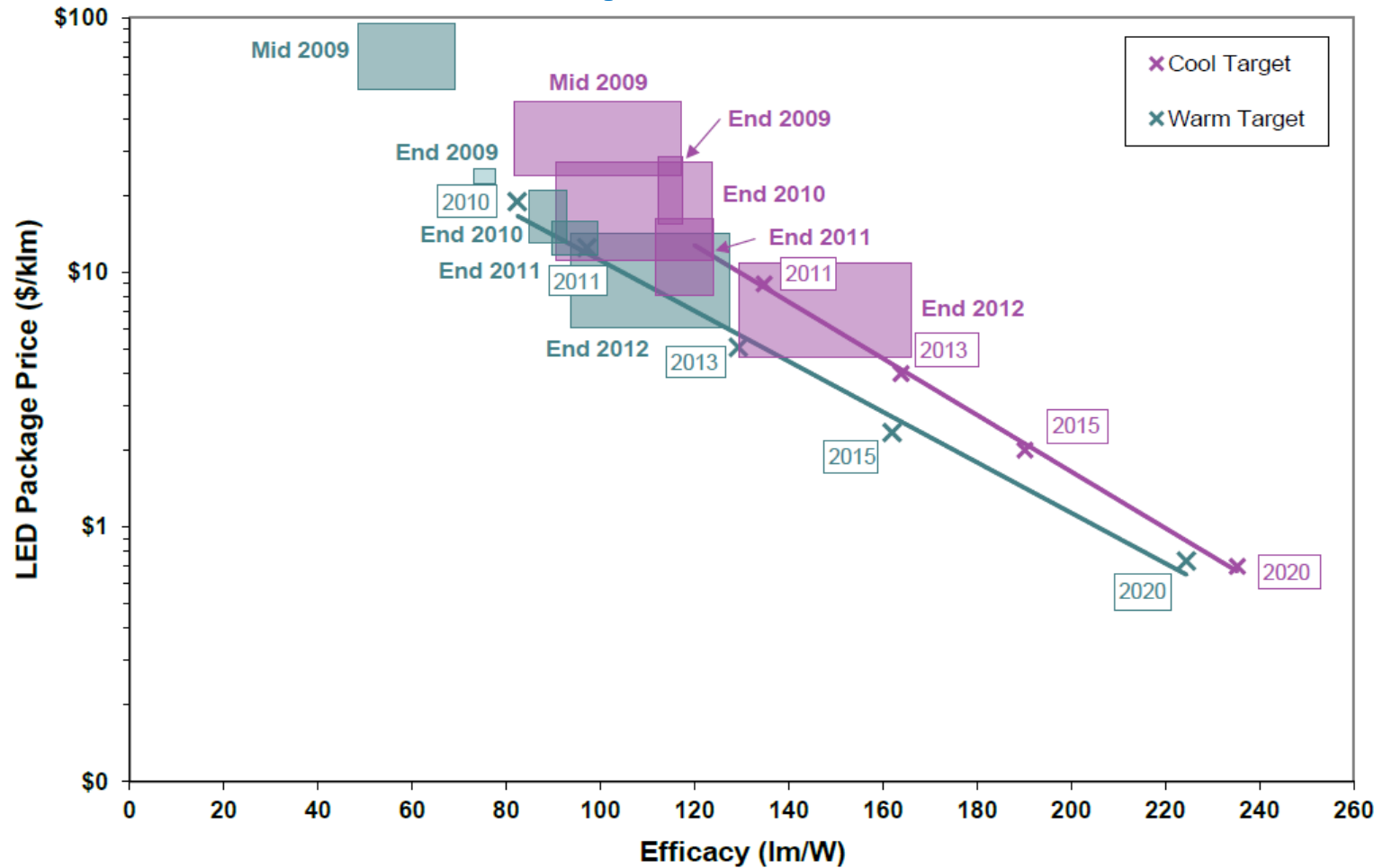
CREE

Les meilleurs produits à leds surpasseront les produits conventionnels les plus efficaces



Source : Solid-State Lighting Research and Development: Multi Year Program Plan - April 2013

Les prix baissent continuellement, et cela devrait continuer les prochaines années

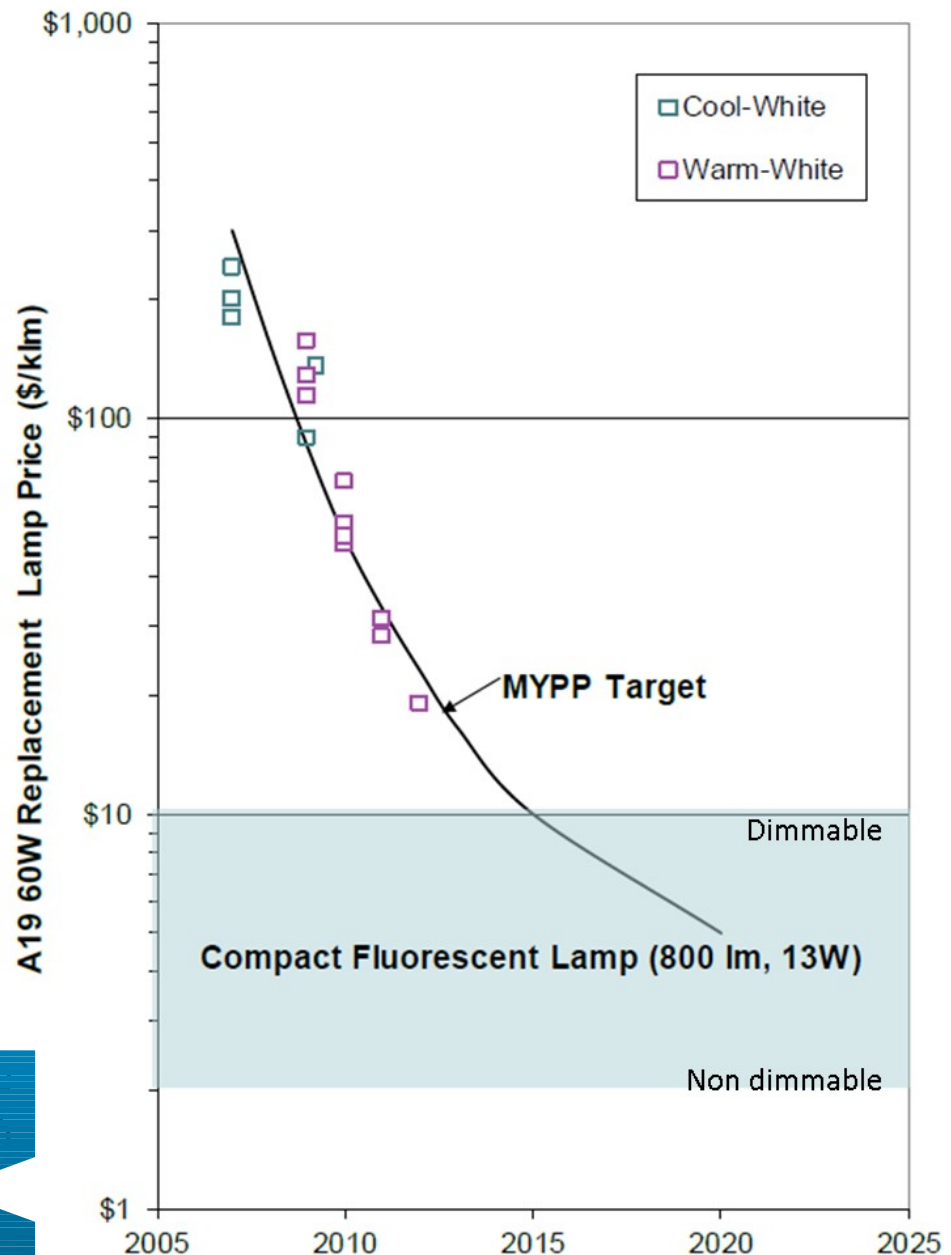


Source : Solid-State Lighting Research and Development: Multi Year Program Plan - April 2013

Les prix baissent également au niveau des lampes et des luminaires.



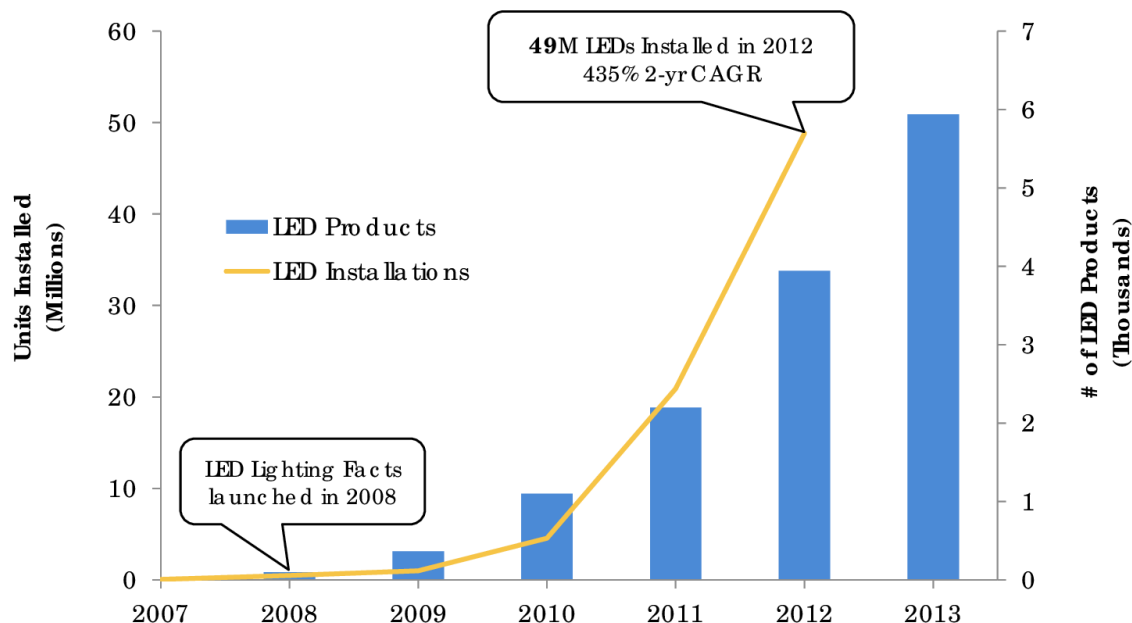
Prix en \$/klm
équivalente à
incandescence



Décollage du marché

LED Trends

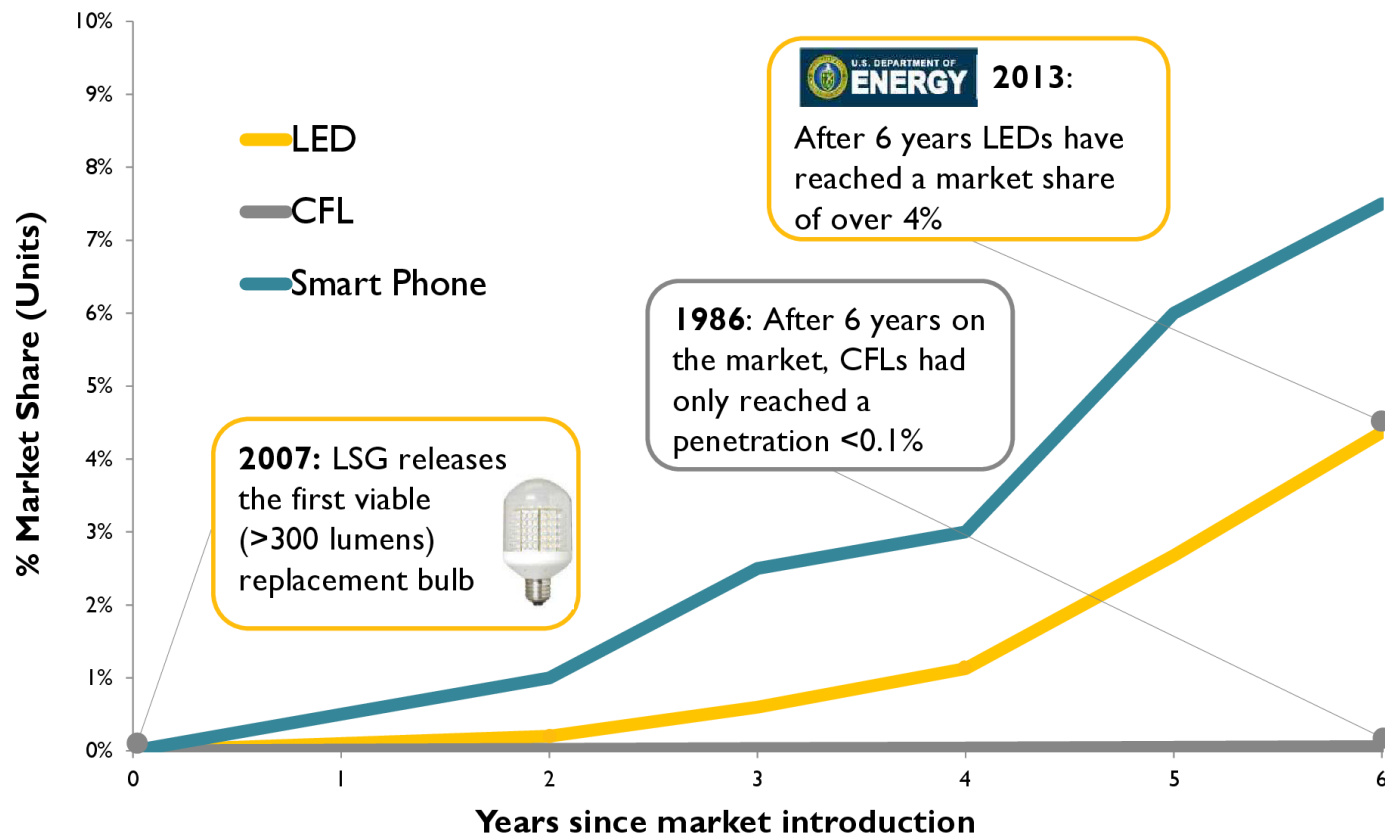
Exponential growth of available products and of installed products.



4% de part de marché

LED Market Growth

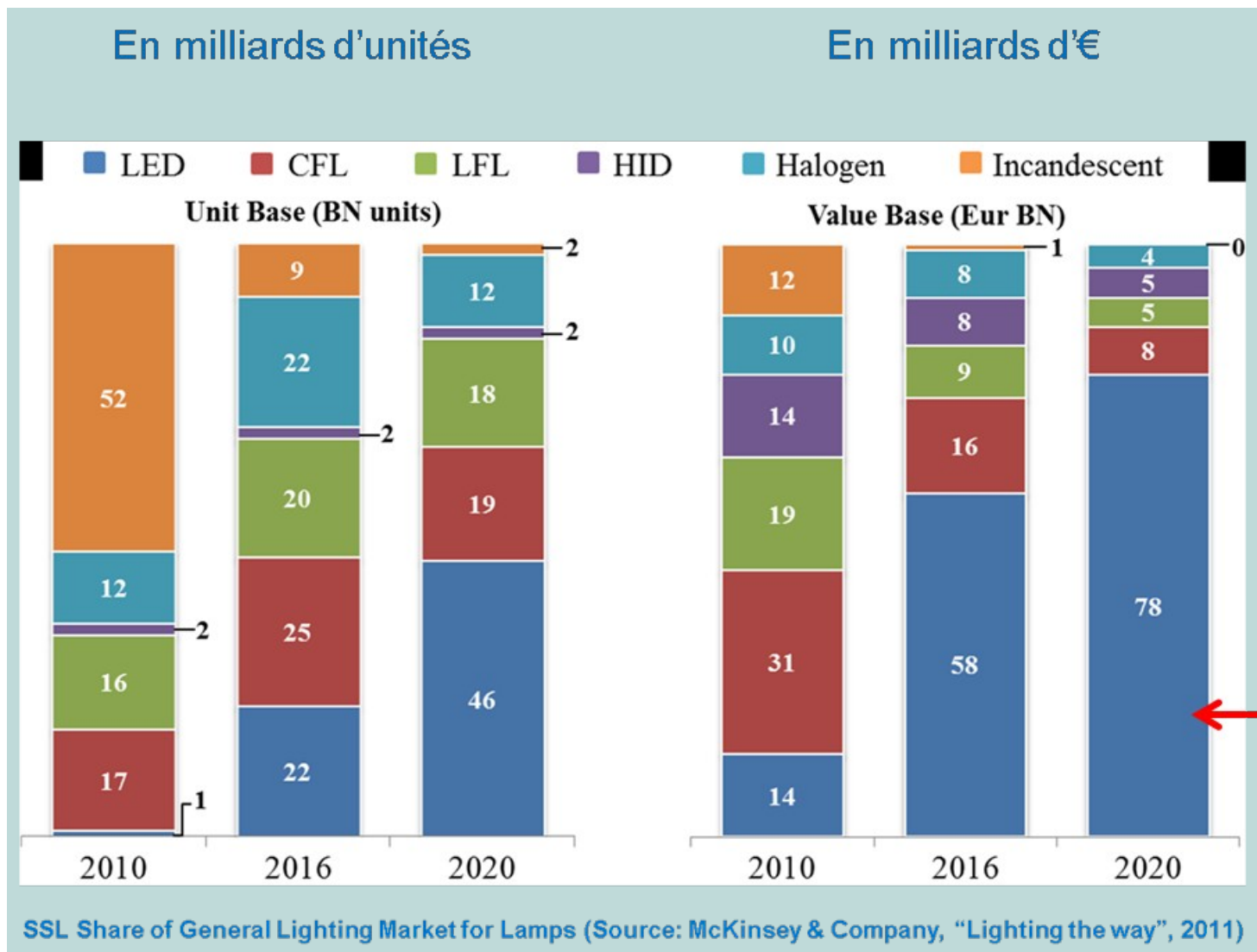
Growth is not mimicking that of the typical household product.



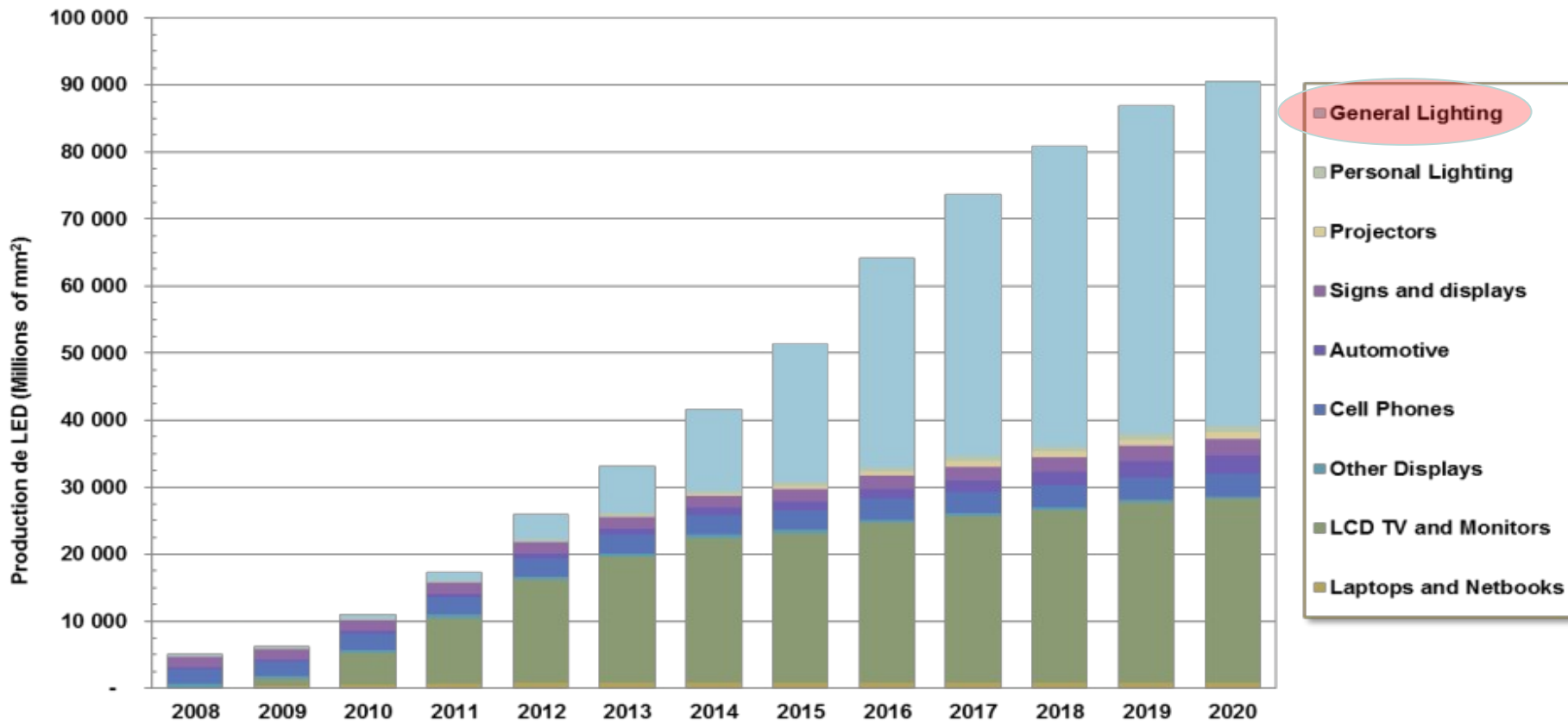
6

U.S. DEPARTMENT OF
ENERGY | Energy Efficiency & Renewable Energy

Forte croissance attendue



L'éclairage devient le principal relais de croissance des leds



Source YOLE développement

Le top 10 des fabricants de leds (2011)

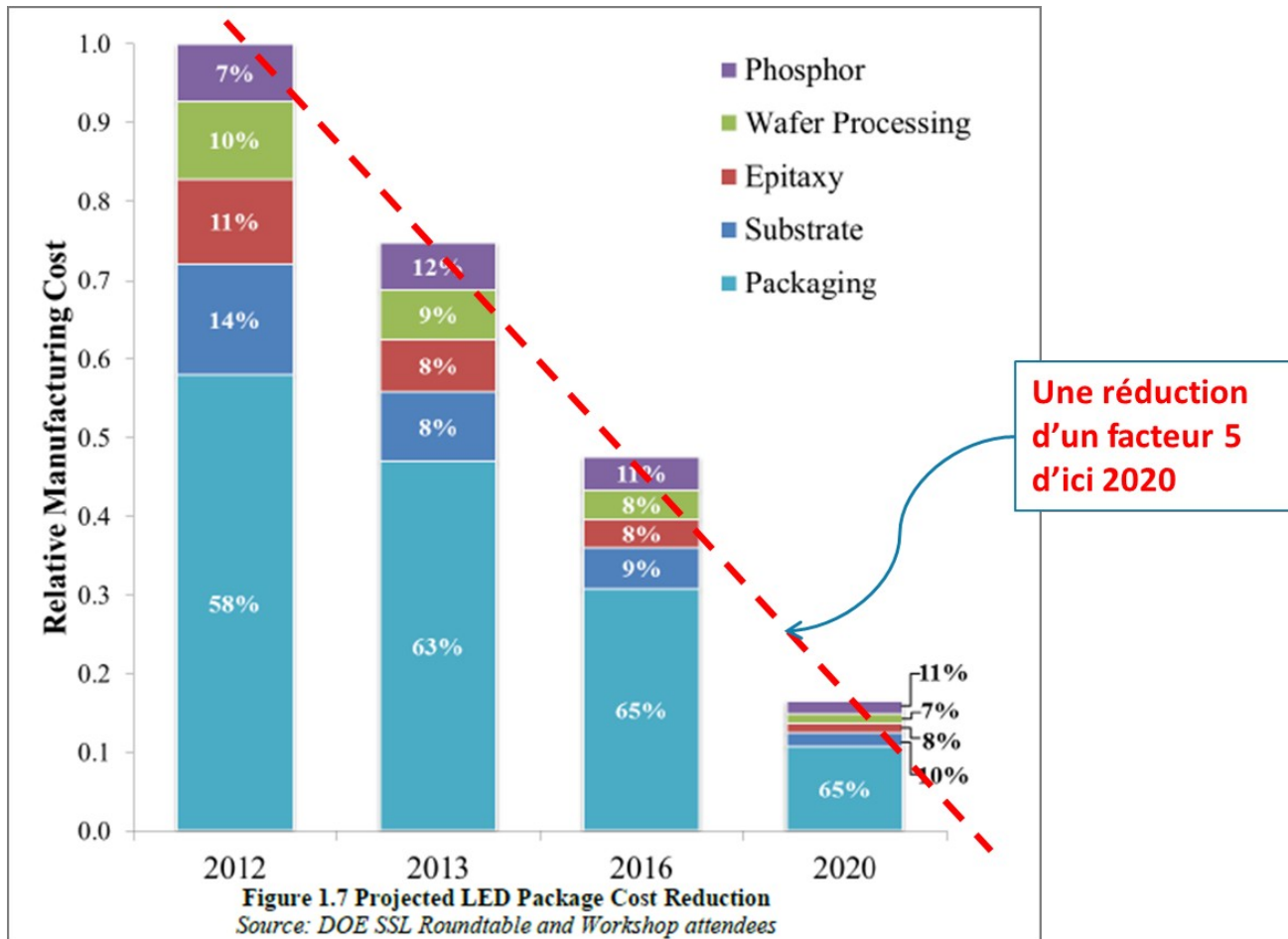
Leading LED Packaging Companies 2011 Revenue Ranking



In 2011, Nichia holds #1 position with a market share of ~21%... And the Top-10 Packaged LED manufacturers represented more than 80% of the overall Packaged LED business.

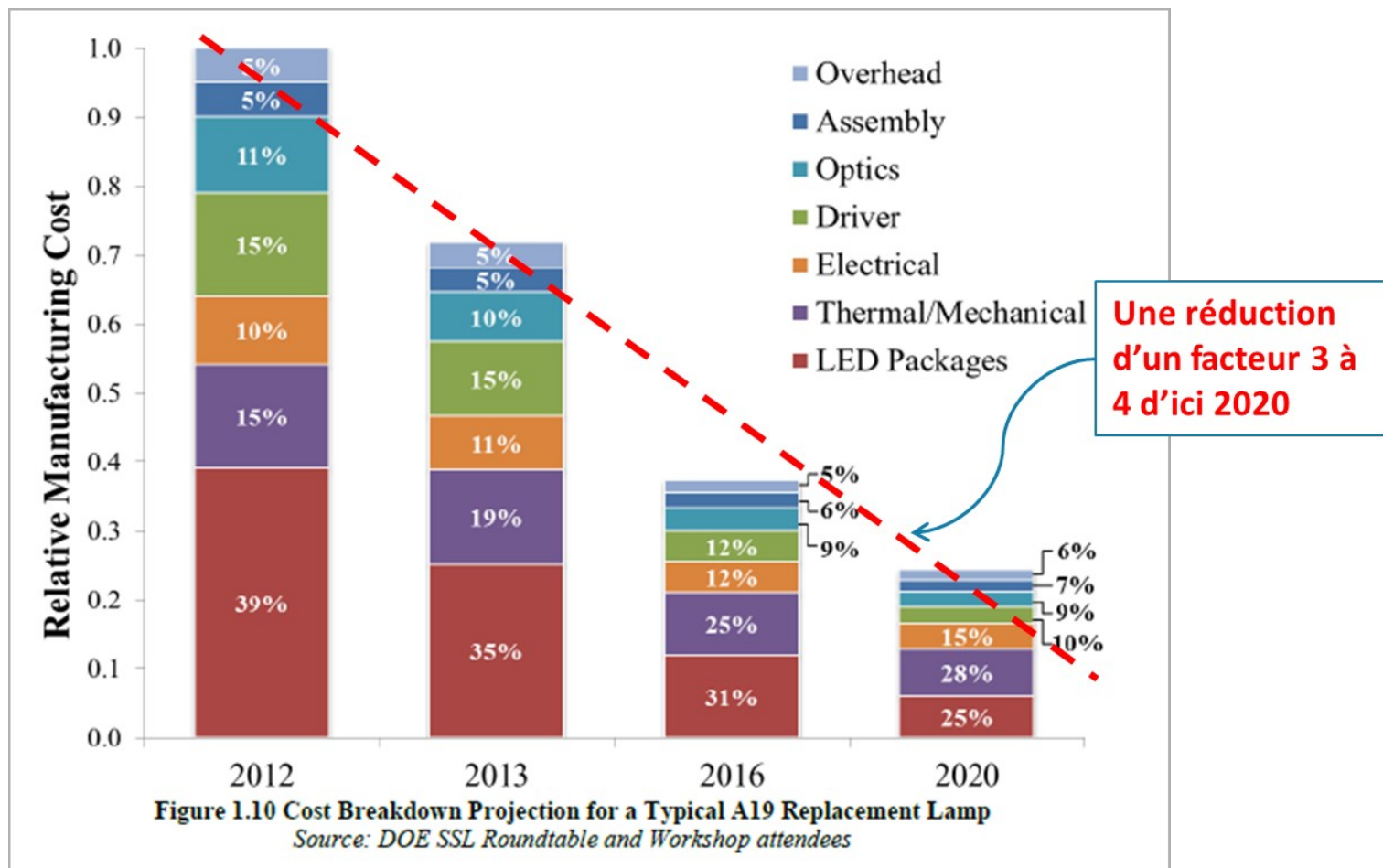
2011 - Top 10 Packaged LED Companies





Le prix des leds va continuer à chuter

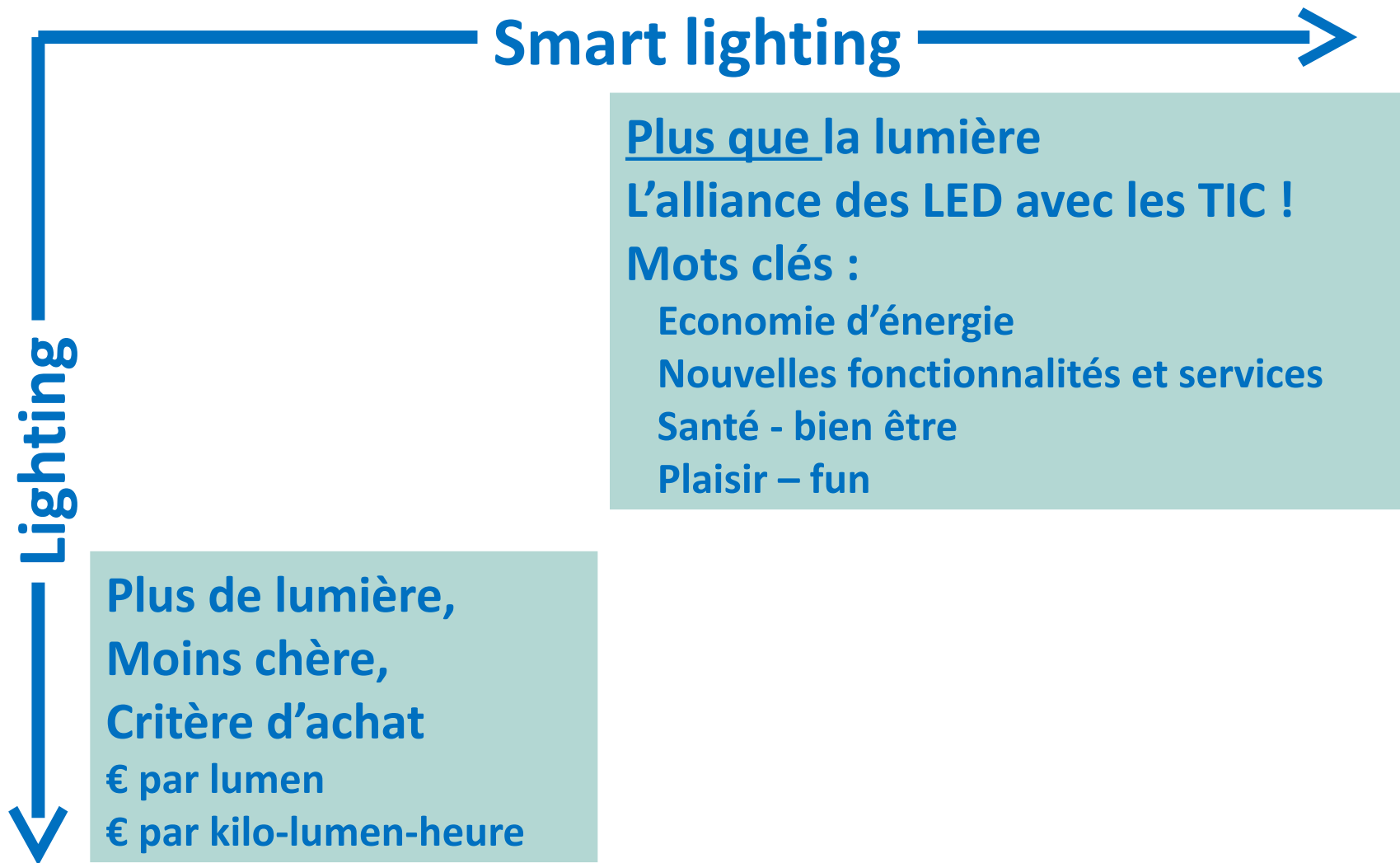
Source : Solid-State Lighting Research and Development: Manufacturing Roadmap – Septembre 2013



Le prix des lampes va diminuer significativement

Source : Solid-State Lighting Research and Development: Manufacturing Roadmap – Septembre 2013

L'autre option



NanoMarkets™ considère 4 générations

Etude marché - mai 2013

- Génération 0
 - Capteurs de présence « traditionnels », disponibles et vendus depuis plusieurs décennies, basés sur des technologies pyroélectrique et des relais.
- Génération 1
 - Visant à accroître encore les économies en énergie. Unités d'éclairage pilotées par un contrôleur central (GTB). Emergeant actuellement et dominera dans les 3 à 5 années à venir. Les opportunités dans ce domaine se présentent actuellement. Objets de convoitise pour les grands acteurs traditionnels et des acteurs de l'électronique
- Génération 2
 - Les produits se focalisent sur les aspects santé, bien-être, l'efficacité et la performance (des personnes) induits par un éclairage de qualité. Les produits apparaissent actuellement. Leurs marchés devraient croître dans les années qui viennent. L'efficacité réelle devra être prouvée scientifiquement avant que le marché ne décolle sérieusement.
- Génération 3
 - Le LiFi, ou technique de communication basée sur la lumière. La demande reste à prouver.

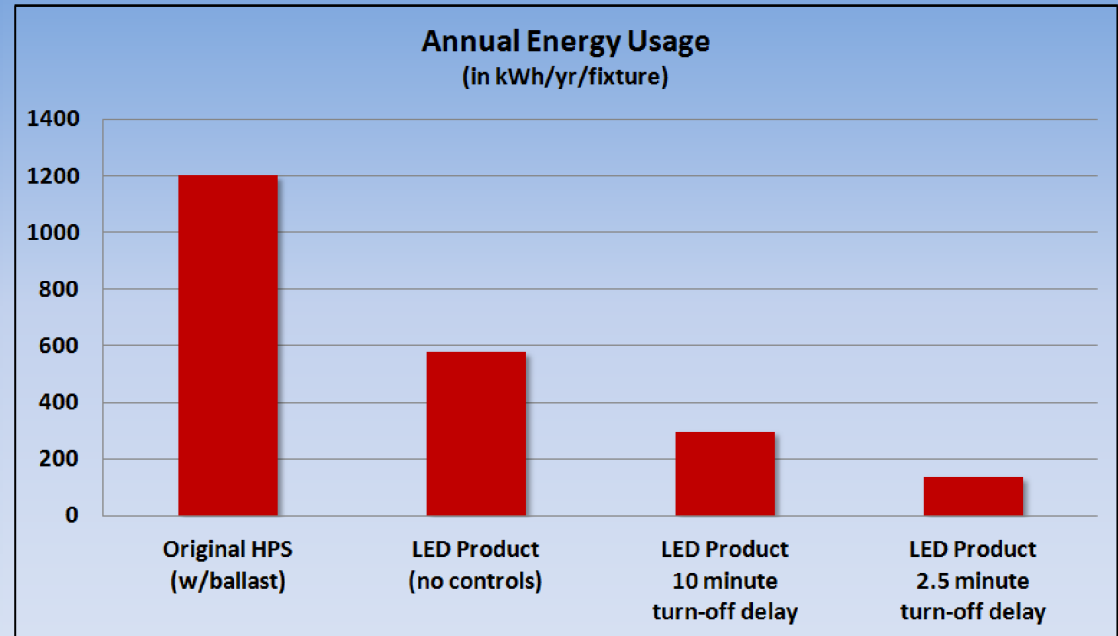
Le Smart Lighting... : enrichir les services rendus

- Les leds ont introduit l'électronique jusque dans les lampes
- Il est tentant d'aller plus loin, et doter les lampes et luminaires de capteurs divers :
 - Présence : nombre de personnes, localisation, activité... * adapter l'éclairage au besoin
 - Lumière ambiante : niveau de lumière, température spectrale * adapter l'éclairage au besoin, équilibrer les températures de couleur
- Puis de moyens de communication
 - Echange d'information
 - entre luminaires et capteurs
 - Entre luminaires et GTB
 - Piloter l'éclairage au juste besoin
- Profiter de la position « stratégique » des luminaires pour offrir de nouveaux services
 - Détection incendie

Introduire un
contrôle
intelligent de
l'éclairage
diminue
sensiblement la
consommation
énergétique

LIGHTING CONTROLS

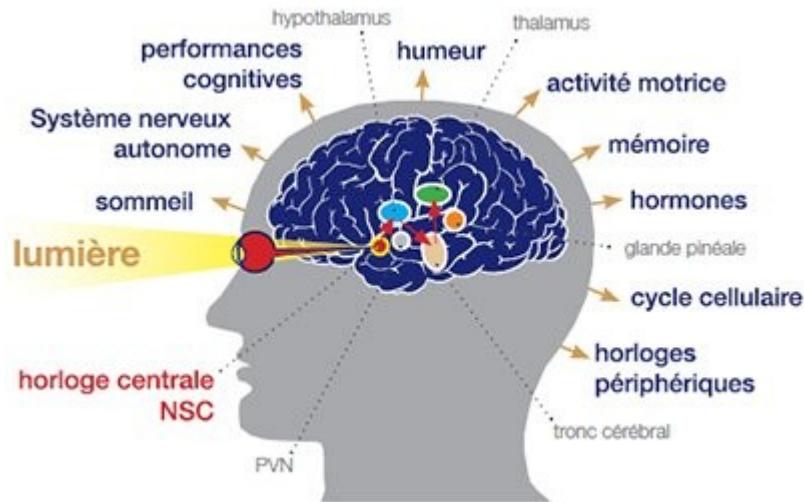
Lighting Controls – Off saves more than on



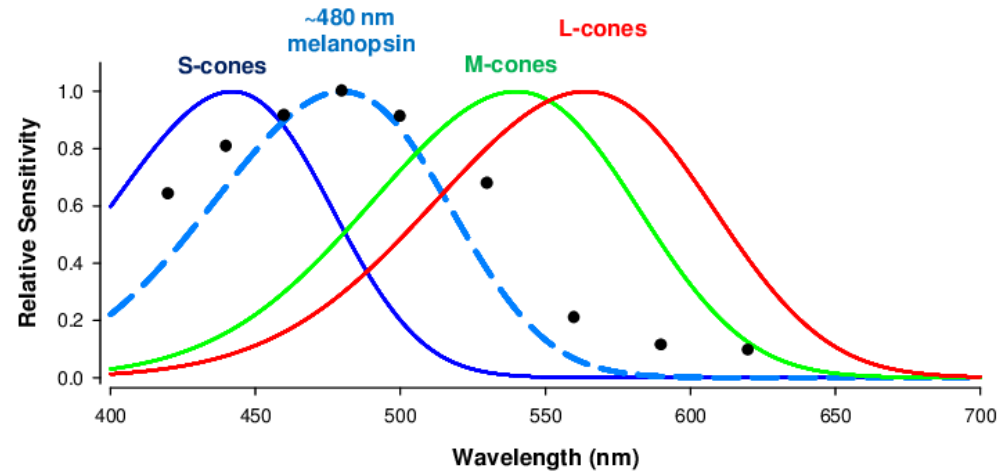
Source: Gateway Report, "Use of Occupancy Sensors in LED Parking Lot and Garage Applications: Early Experiences" 10/12

Santé : la lumière joue un rôle indispensable

De nombreuses fonctions sont contrôlées par notre horloge biologique
Celle-ci est synchronisée sur les rythmes journaliers par la lumière via les cellules à melanopsine



Crédit image : www.solvital.fr



Source : The eye is not only for vision. The role of light exposure on sleep, alertness and non-visual biological functions - Claude Gronfier - Department of Chronobiology - Inserm U846 Lyon, France

Des applications...

- Luminothérapie, la plus ancienne,
- mais également des offres d'éclairage spécifiques à certaines applications

- Exemple ci-contre : l'éclairage dynamique Philips à destination des salles de classe



Crédit image www.lighting.philips.fr/

Le smartphone, une interface qui s'impose...



PluggX

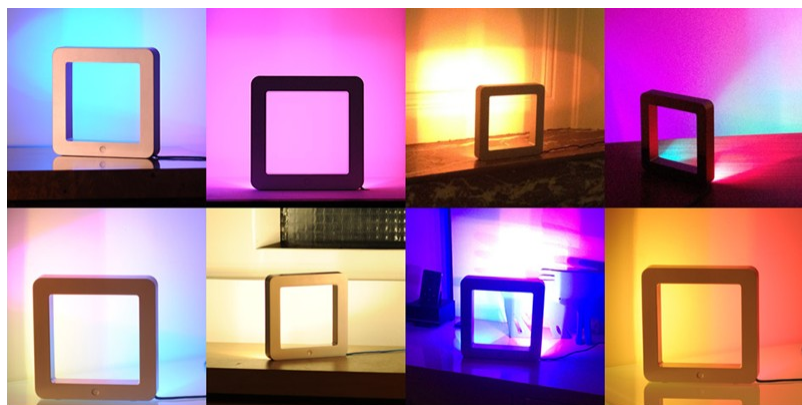


Philips



AwoX (Montpellier) Design and Engineering Awards – CES Las Vegas 2014

Multiplication de start-up, mais également des grands acteurs sur ce créneau. Quelques exemples...



FiveFive (Lyon) : une lampe de 500lm pilotable par Iphone...



Make light magical: beautiful & intelligent multicolor LED lights controlled through a simple mobile app,

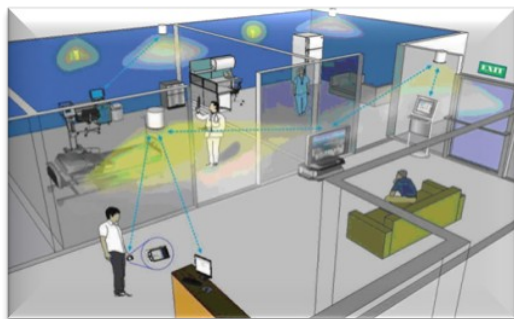


Fonkel : l'orientation, l'intensité et la taille du faisceau lumineux se règlent par de simples effleurements du boîtier tactile,

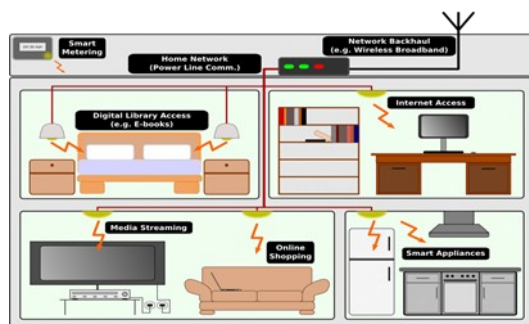


Le “LiFi” ou Visible Light Communication : utiliser les leds, non seulement pour éclairer, mais également pour transmettre de l’information

Access in office



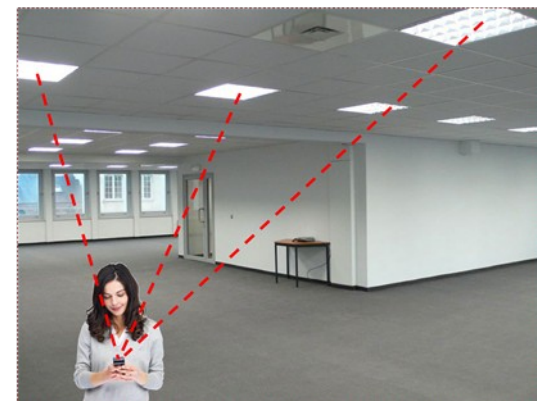
Home High-data Rate access



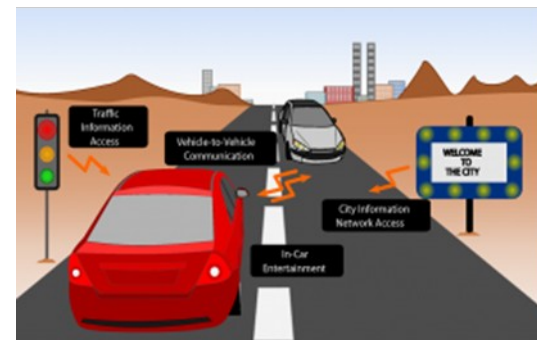
Hospitals



Indoor GPS



Car to car, car to infrastructure, intra-car communications

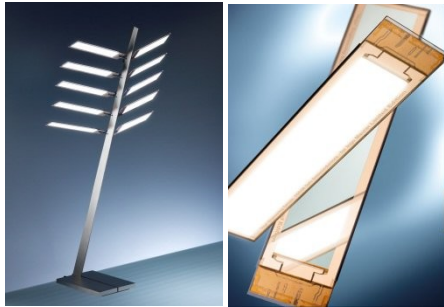


Aeronautics

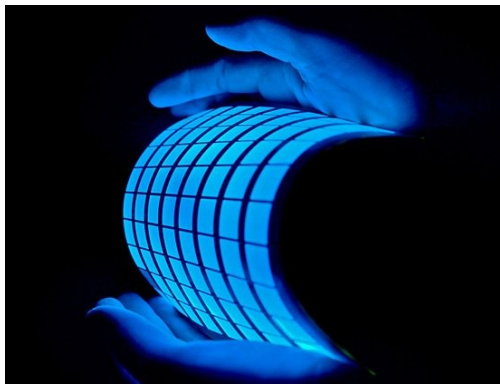


Light control & maintenance





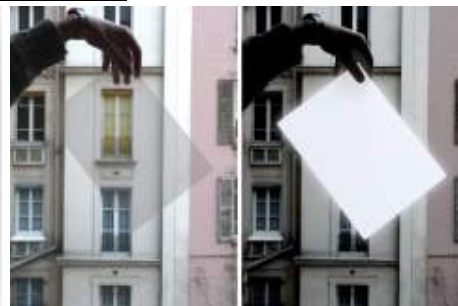
Les leds organiques



Réal. Blackbody



General Electric – Ecomagination



<http://jonathanrodi.blogspot.com>



<http://www.futura-sciences.com>

LED & OLED : 2 mondes totalement différents

LED

Inorganique (GaN)

Epitaxie

Très haute luminance ($>100\ 106\ \text{cd/m}^2$)

Source ponctuelle

Système optique requis

1mm^2

~ 100 à $200\ \text{lm/W}$

$30\ 000\ \text{h}$

$\sim <1\text{€}\ 100\text{lm}$

OLED

Produits organiques

Evaporation ou impression

Basse luminance ($< \text{qq}\ 1\ 000\ \text{cd/m}^2$)

Grande surface

Pas d'optique

Mince, plat, éventuellement flexible et/ou transparent

$\sim 45\ \text{lm/W}$

$<10\ 000\ \text{h}$ – Sensible à H_2O & O_2 *
encapsulation requise

Ordre de grandeur $\sim 100\text{€}$ les 200lm
(Lumiblade - Philips)

Conclusions

- Avec les leds, l'éclairage est entré de plain-pied dans l'ère du numérique
 - Cycles de développement très rapides
 - Vastes champs d'innovation
 - Emergeance de nouveaux acteurs – start-up
- En intégrant les nouvelles Technologies de l'Information et des Communications, le luminaire est capable d'offrir bien plus que la lumière...



Plateforme nationale mutualisée d'innovation de la filière éclairage



Créée en novembre 2011, 31 actionnaires, capital social 777 000€

Accompagnement des entreprises pour le développement et la mise en œuvre de sources et systèmes d'éclairage à LED innovants et performants

Basée à Vénissieux, à côté de Lyon



Caractérisation photométrique, électrique et thermique de sources et appareils d'éclairage

Fiabilité des systèmes d'éclairage à LED

Vérification réglementaire et normative

Expertise, conseil et formation dans le domaine de l'éclairage

Le Cluster Lumière

- Association fondée en juin 2008 pour favoriser
 - Innovation
 - Démonstration
 - Promotiondes nouvelles technologies d'éclairage
- Environ 150 sociétés adhérentes

Save the date now!

www.leti.fr **leti** Days
Grenoble • Paris • San Francisco • Tokyo
June 23-27, 2014 | MINATEC, **Grenoble**

2014





leti

LABORATOIRE D'ÉLECTRONIQUE
ET DE TECHNOLOGIES
DE L'INFORMATION

CEA-Leti
MINATEC Campus, 17 rue des Martyrs
38054 GRENOBLE Cedex 9
Tel. +33 4 38 78 36 25

www.leti.fr



Merci de votre attention



Patrick Mottier - ENOVA

| 44