

Cours E314

Principe d'éclairagisme

Module 2

Unités de Mesures
Appareils de mesures

Professeur:
Peer Eric Moldvar
Consultant en éclairage
peer-eric.moldvar@polymtl.ca



Module 2:

Unités de Mesures

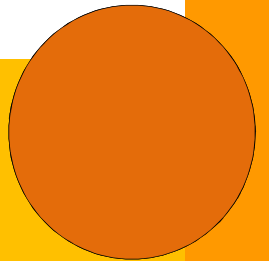
- Flux (lumen)
- Intensité (cd),
- Niveaux d'éclairement (lux ou fc),
- Luminance (cd/m^2)
- Exitance

Appareils de mesures:

- Photomètre, goniomètre, sphère intégrante, luminance mètre, spectromètre, chromamètre.

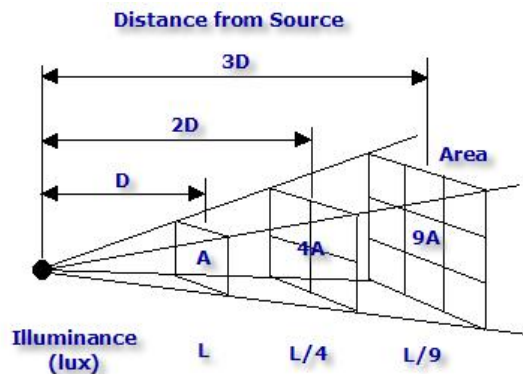


Unités de mesures

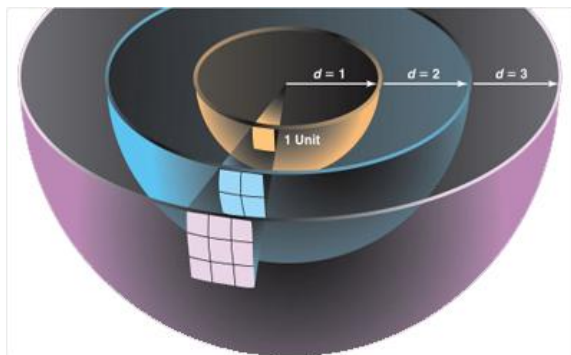
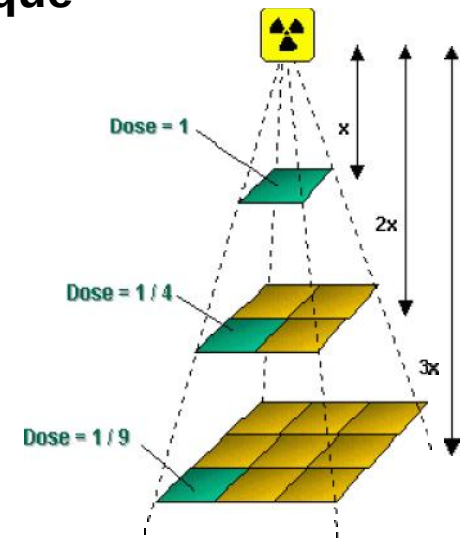


Équation fondamentale Loi de l'inverse du carré

S'applique à plusieurs domaine de la physique



Niveaux sonore en acoustique
Dose reçu d'une source radioactive
Force gravitationnelle
Lumière
Etc...



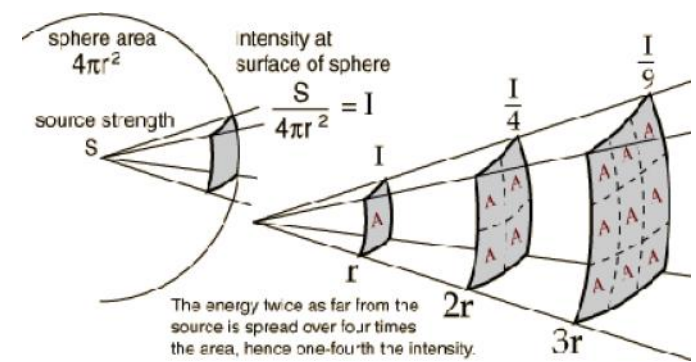
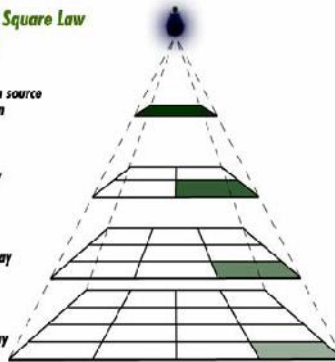
The Inverse Square Law for Lighting

ONE FOOT from source
full illumination

TWO FEET away
1/4 as bright

THREE FEET away
1/9 as bright

FOUR FEET away
1/16 as bright

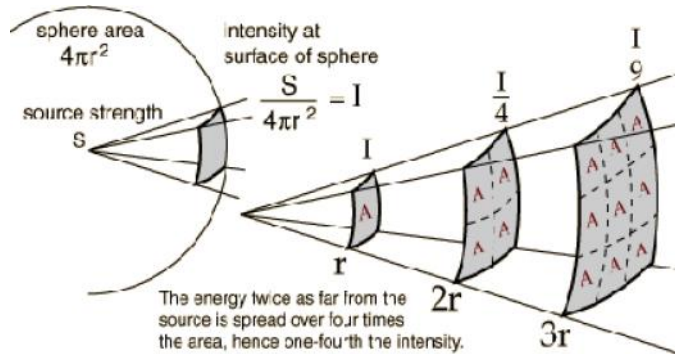


Équation fondamentale du Candle Power CP

$$CP \text{ (candela cd)} = E \text{ (lux)} \times D^2$$

Pour mieux comprendre Intensité lumineuse I Candela (cd)

(Luminance Primaire)

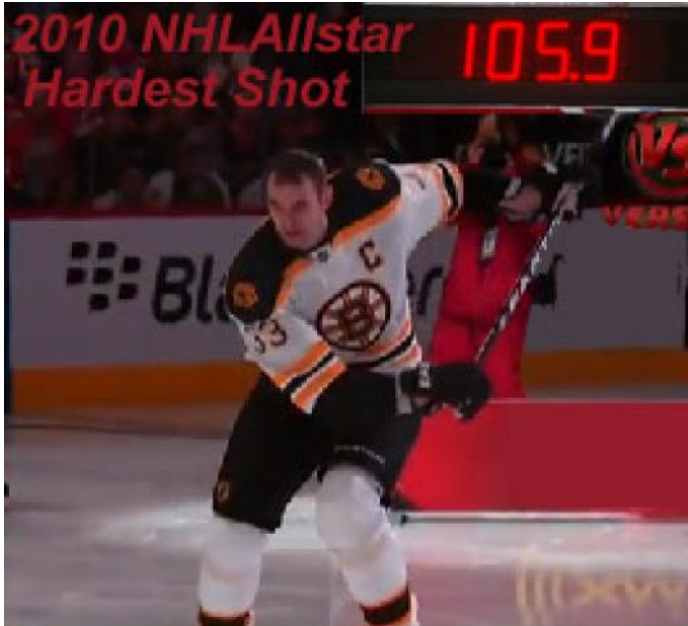


L'intensité du lancé frappé est le même qu'il soit fait de la ligne bleu ou du fond de la patinoire.



Unité de mesure

Pour mieux comprendre Éclairement ou illuminance: flux lumineux reçu par unité de surface
E Footcandle (fc) or Lux (lx)



Le FC ou lux en en relation avec la distance d'où a lieu le lancé frappé.

Pour mieux comprendre la luminance



Rebond, nouvelle intensité
Luminance secondaire
Luminance du poteau



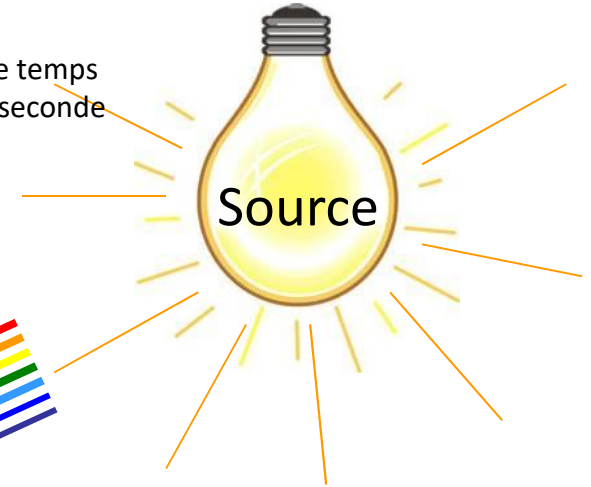
Intensité, du lancée frappé
Luminance primaire

Unité de mesure

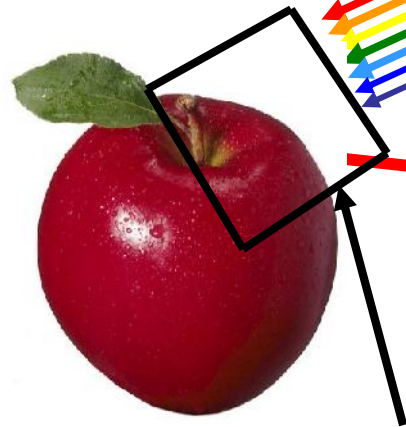
Unités de mesure en éclairage simplifié



Flux lumineux
énergie visible / unité de temps
Imaginer des photons / seconde
 Φ Lumen (lm)



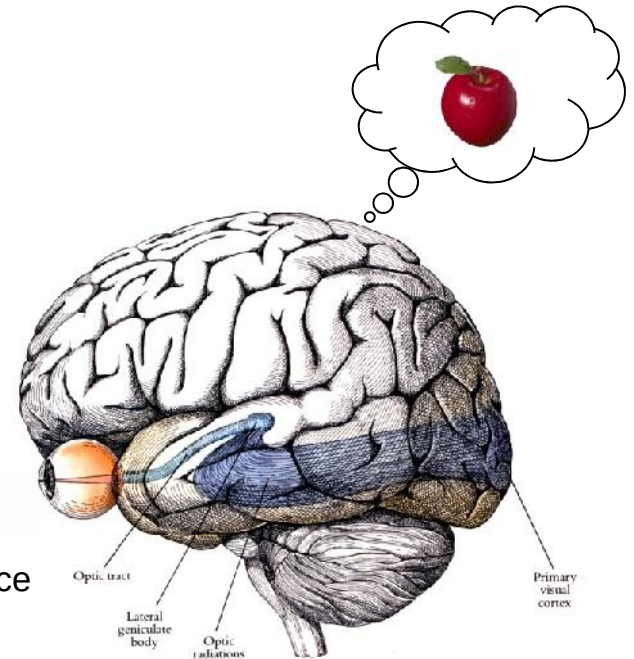
Intensité lumineuse (Candlepower)
dans une seule direction
 I Candela (cd)



Luminance (photometric brightness)
 L (cd/m^2) or NIT

l'intensité lumineuse d'une source
lumineuse dans une direction donnée,
divisée par l'aire apparente de cette source
dans cette même direction.

Éclairement ou illuminance:
flux lumineux reçu par unité de surface
 E Footcandle (fc) or Lux (lx)



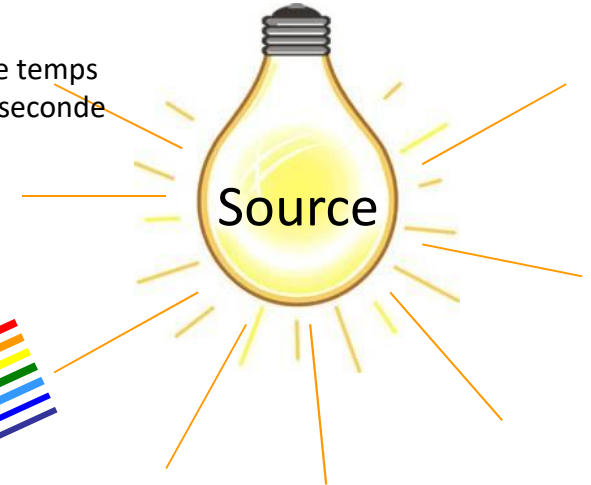
L'œil perçoit la luminance
et non l'éclairement

Unité de mesure

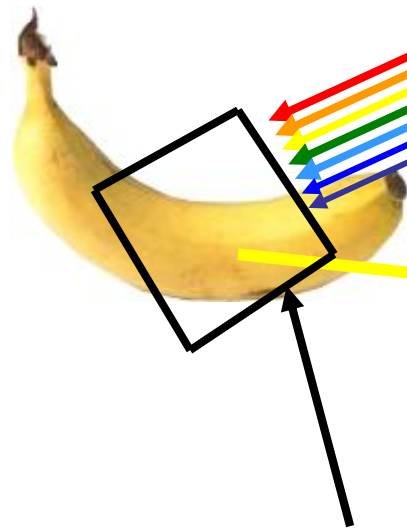
Unités de mesure en éclairage simplifié



Flux lumineux
énergie visible / unité de temps
Imaginer des photons / seconde
 Φ Lumen (lm)



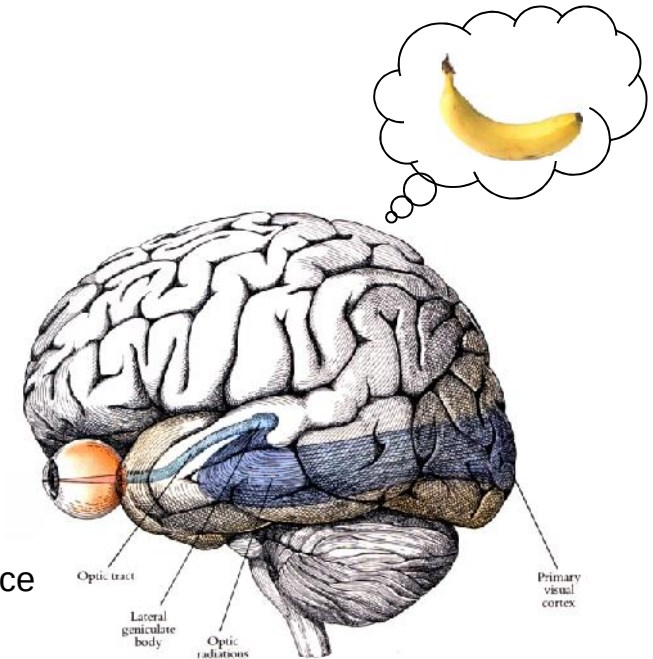
Intensité lumineuse (Candlepower)
dans une seule direction
 I Candela (cd)



Luminance (photometric brightness)
 L (cd/m^2) or NIT

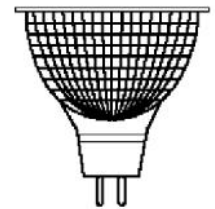
l'intensité lumineuse d'une source
lumineuse dans une direction donnée,
divisée par l'aire apparente de cette source
dans cette même direction.

Éclairement ou illuminance:
flux lumineux reçu par unité de surface
 E Footcandle (fc) or Lux (lx)



L'œil perçoit la luminance
et non l'éclairement

Pour mieux comprendre



Même flux en lumen mais pas du tout la même intensité

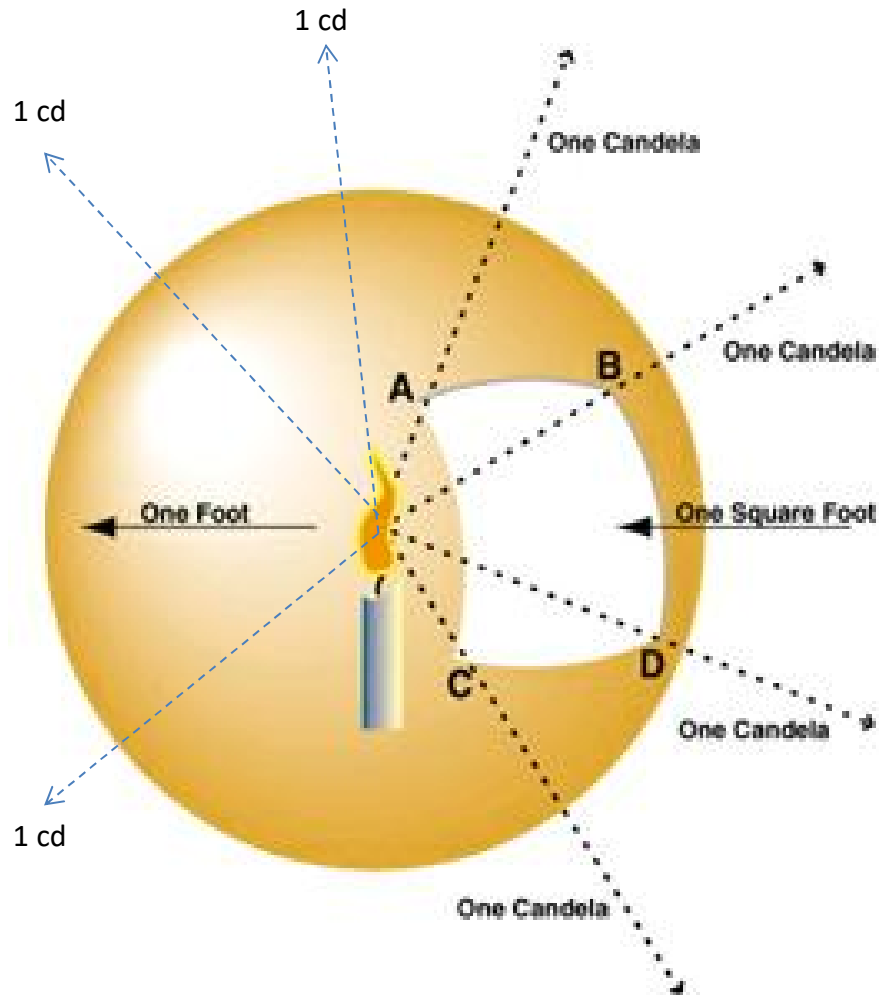
Flux lumineux Φ Lumen (lm) = Flux de l'eau par seconde . (ex 1 gallon/ seconde)

Intensité lumineuse I Candela (cd) = la puissance du jet dans une direction

Éclairement ou illuminance: E Footcandle (fc) or Lux (lx) La quantité d'eau reçu sur une surface donné dans un temps donnée; (ex: 1 gallon par pied carrée par seconde)

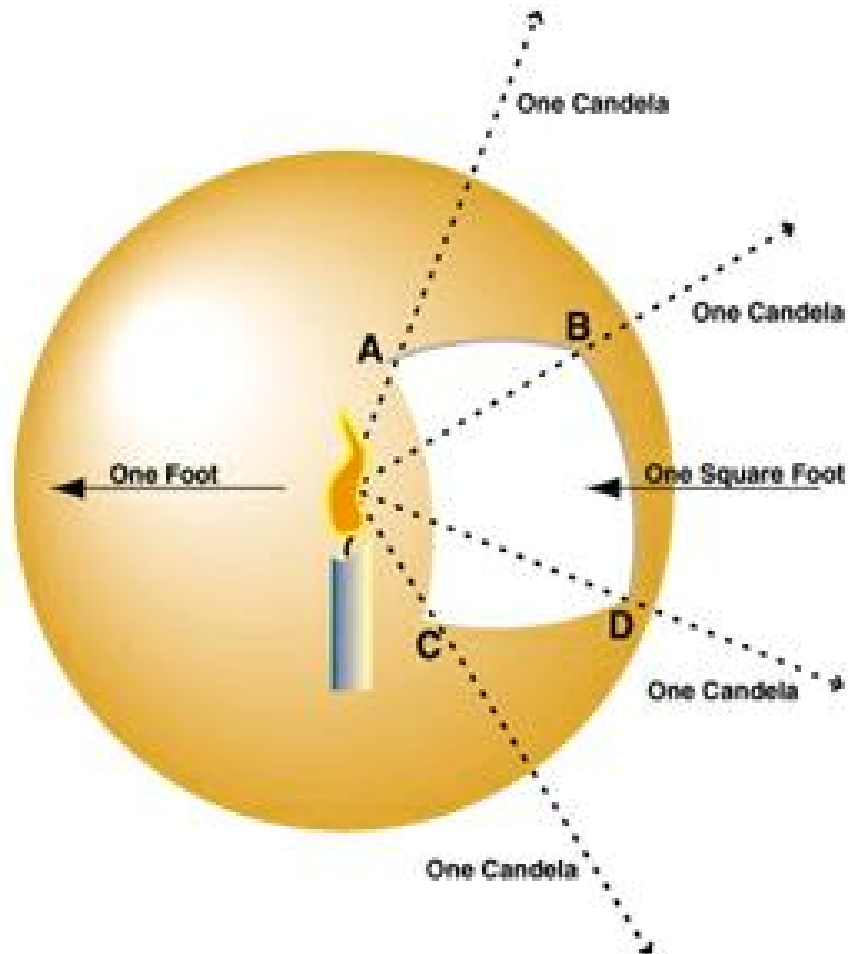
Luminance L (cd/m²) or NIT : Le résultat perceptible, un gazon plus vert et en santé que le voisin (ne s'applique pas vraiment à l'éclairage)

Unité de mesure



Candela (cd) : I Le Candela est l'unité de mesure internationale de base de l'éclairage. C'est l'équivalent approximatif de l'intensité de lumière émise par une chandelle dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence 540×10^{12} hertz (correspondant à une longueur d'onde dans le vide de 555 nm) et dont l'intensité énergétique dans cette direction est précisément 1 / 683 watt par stéradian.

Unité de mesure



L'unité SI de flux lumineux est le lumen, symbole **lm** (du mot latin signifiant *lumière*). Il correspond au flux émis dans un angle solide de 1 stéradian par une source dont l'intensité uniforme vaut 1 candela.

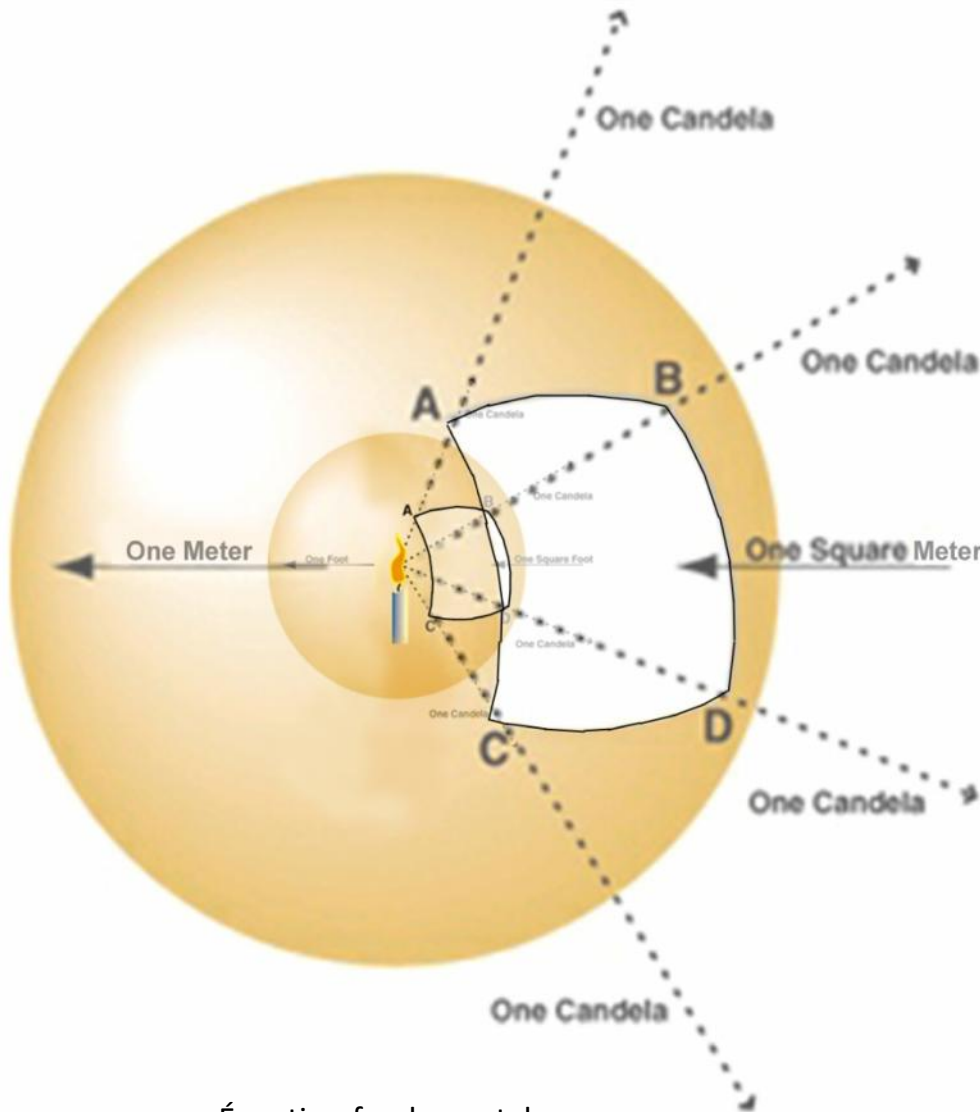
Lumen (Lm) : Φ Lumen (lm)

Le lumen est une unité de mesure du flux de lumineux émis par une source . Une source de un candela produit dans toutes les directions (sphère) environ 12.57 lumens

Superficie d'une sphère:

$$4 \pi r^2 = 4 \pi 1^2 = 12.57$$

Unité de mesure



Équation fondamentale
 $CP \text{ (candela cd)} = E \text{ (lux)} \times D^2$

$$E = \frac{CP}{D^2}$$

Lux (Lx) : Le lux est l'unité de mesure du niveau d'illumination sur une surface donné. $1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen } 1\text{m}^2$

Pied Bougie ou (Footcandle) (Fc) :

Le Pied Bougie est l'unité de mesure du niveau d'illumination sur une surface donné. $1 \text{ FC} = 1 \text{ lumen } 1\text{pi}^2$

$1 \text{ Fc} = 10.76 \text{ lux}$ (Fc= foot candle)

$1\text{m}^2 = 10.76\text{pi}^2$

$1\text{m} = 3.28\text{pi}$ $3.28^2 = 10.76$

$1 \text{ lux} = 1/3.28\text{pi}^2 = 1/10.76 \text{ } 0.093 \text{ FC}$

$1\text{pi}^2 = 0.093\text{m}^2$

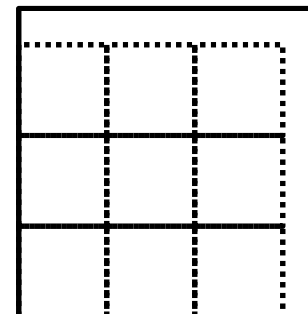
$1\text{pi} = 0.305\text{m}$

En général on considère $1\text{FC} = 10\text{lux}$

1pi^2



$1\text{m}^2 = 10.76\text{pi}^2$

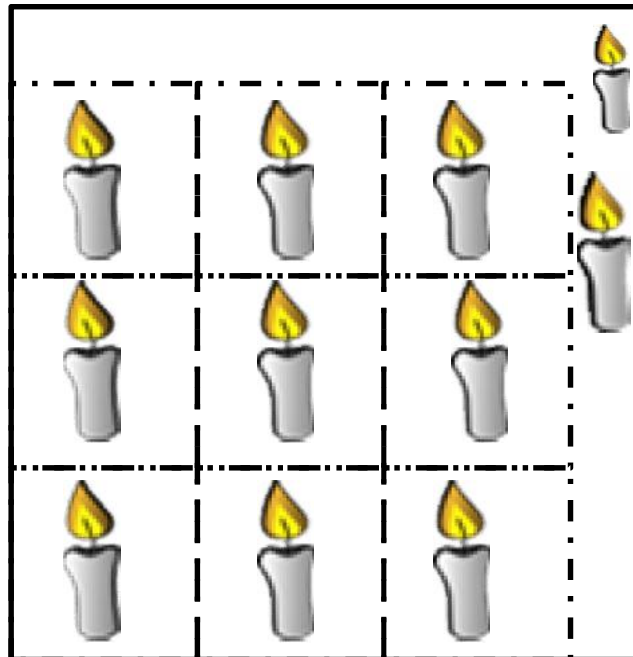


$$1 \text{ Fc} = 10.76 \text{ lux}$$

$$1\pi^2$$



$$1\text{m}^2 = 10.76\pi^2$$

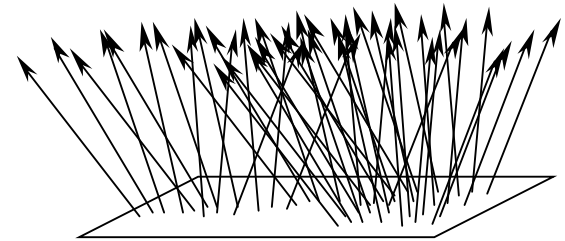


L'exittance

L'exittance désigne le flux lumineux émis par une surface lumineuse (par opposition à la mesure du flux lumineux d'une source lumineuse ponctuelle).

En photométrie visuelle l'exittance s'exprime en lumens par mètre carré. Lm/m^2

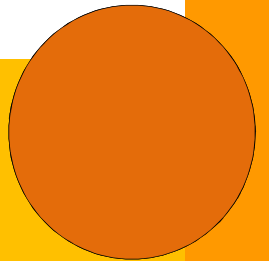
$$\overline{M} = \frac{\Phi_{\text{total off}}}{A} = \frac{\text{Flux total réfléchi en Lumen}}{\text{surface}}$$



Symbole M (exittance diffuse $M = \pi L$)

I	Intensité lumineuse	candela (cd)
Φ	Flux lumineux	lumen (lm)
E	Illuminance (éclairage)	lumen/m^2 (lux)
M	Exittance lumineuse	lumen/m^2 (lux réfléchis)
L	Luminance	cd/m^2 selon un angle de vue
ρ	Réflectance	facteur en %

Appareils de mesures



Appareils de mesures

Luxmètre

L'éclairement se mesure avec un luxmètre. C'est un appareil muni d'une cellule photoélectrique (qui transforme l'énergie de rayonnement en énergie électrique. Pour que la lecture ne soit pas qu'une lecture de courant électrique (en Ampères) il est nécessaire d'interposer dans le circuit un filtre qui restitue une courbe de réponse identique à celle de l'œil humain standard. La surface de la cellule doit en outre être revêtue d'un filtre diffusant qui joue le rôle de correcteur d'incidence.



Appareils de mesures

Luminancemètre

Un Luminancemètre se présente comme une caméra. Cet appareil utilise un viseur, qui au moyen d'un jeu de miroirs (pour la visée) et d'un photomultiplicateur (pour la mesure) permet de mesurer en continu les valeurs de luminance en tout point. L'angle de visée du luminancemètre peut être très réduit (1° voire moins).



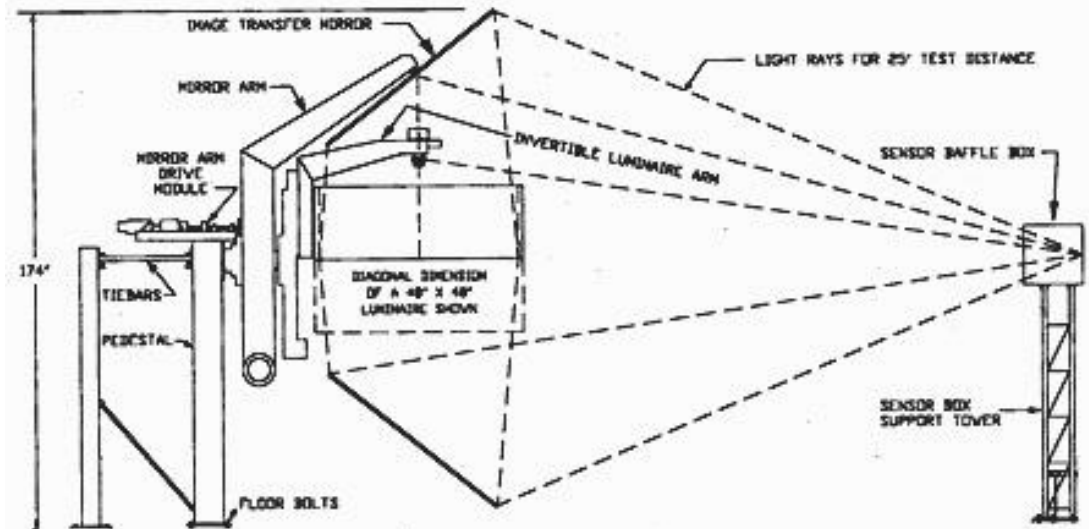
Appareils de mesures

Sphère intégrante

La sphère intégrante permet de valider le flux d'une source. Elle est équipée d'un luxmètre pour le flux et peut aussi être équipée de spectromètre et chromamètre



La photométrie d'un luminaire est réalisée en laboratoire avec un Photogoniomètre à miroir (Mirror goniophotometer)



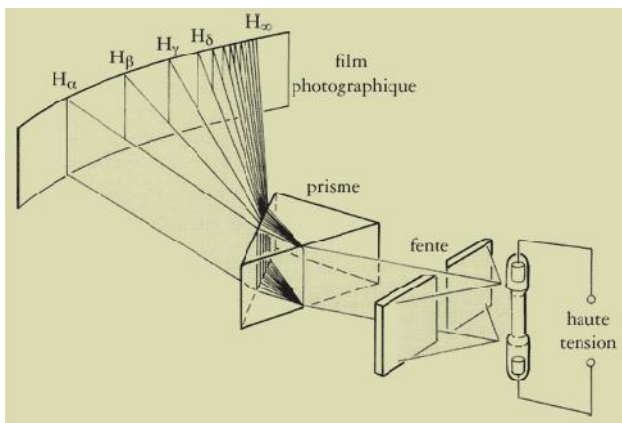
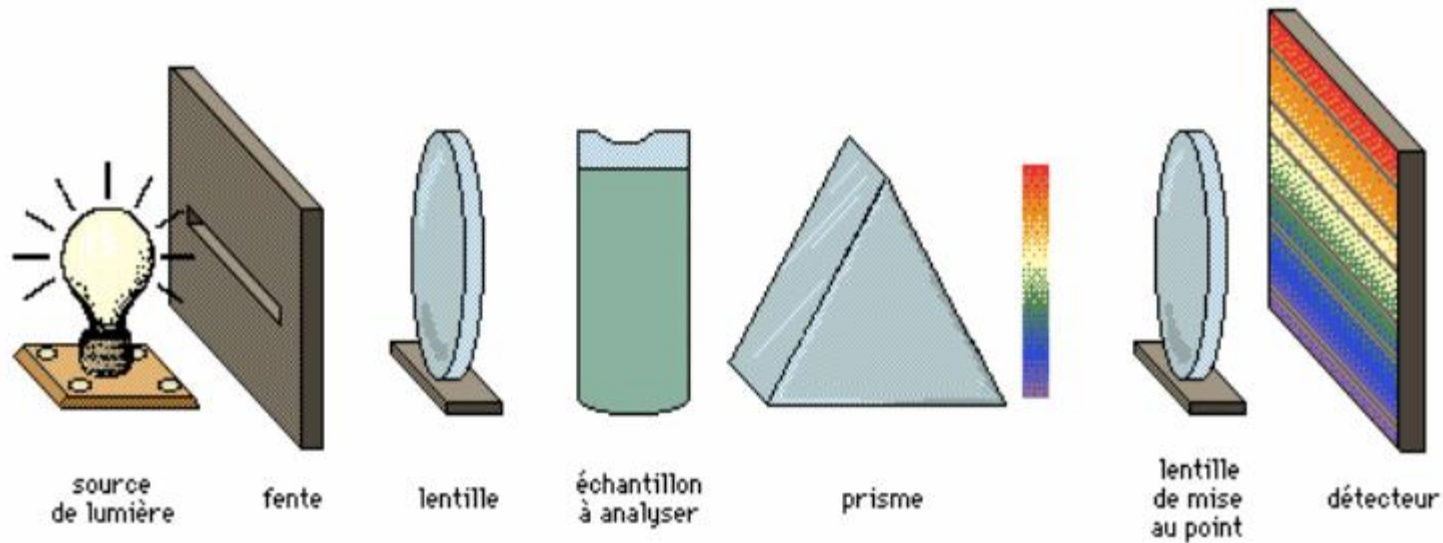
Équation fondamentale du Candle Power CP
$$CP \text{ (candela cd)} = E \text{ (lux)} \times D^2$$



Appareils de mesures

Spectromètre

Un spectromètre est un appareil de mesure permettant de décomposer une quantité observée. En optique, il s'agit d'obtenir les longueurs d'onde spécifiques constituant le faisceau lumineux (spectre électromagnétique)



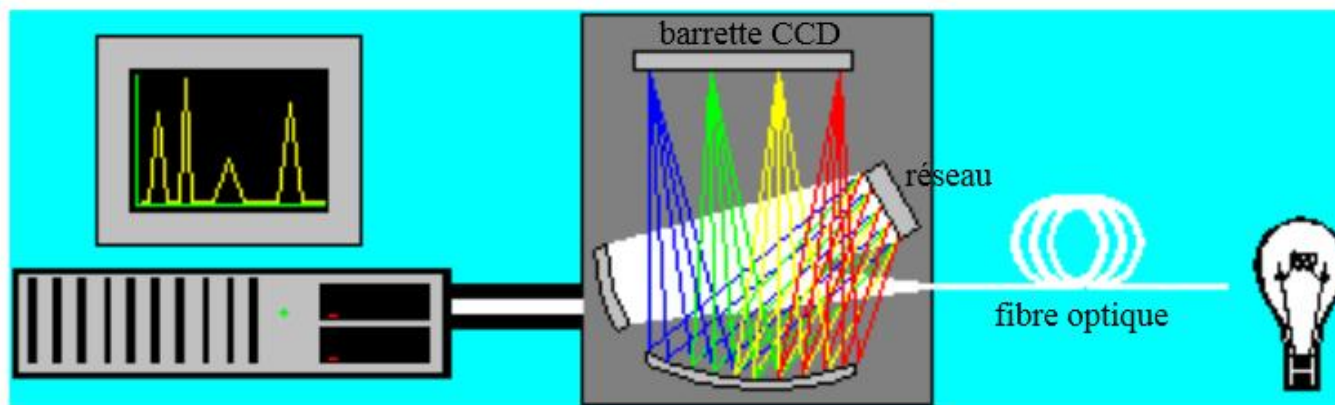
Appareils de mesures

Spectromètre

Un spectromètre est un appareil de mesure permettant de décomposer une quantité observée. En optique, il s'agit d'obtenir les longueurs d'onde spécifiques constituant le faisceau lumineux (spectre électromagnétique)

I – PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU SPECTROMETRE :

La lumière à analyser est transmise au spectromètre par l'intermédiaire d'une fibre optique. Elle est alors collimatée par un premier miroir sphérique, qui renvoie un faisceau parallèle vers un réseau plan. La lumière diffractée par ce réseau est ensuite focalisée par un second miroir sphérique vers une barrette CCD, sur laquelle se forme le spectre :



La barrette CCD fournit un signal électrique reproduisant l'intensité lumineuse perçue par ses différents pixels. Ce signal analogique est converti en signal numérique (CAN 12 bits : signal de sortie variant entre 0 et 4095) et transmis à l'ordinateur via le port USB. Les données sont alors traitées par un logiciel (*OOIbase32* ou *Spectrasuite*, on utilisera plutôt ce dernier logiciel) qui, connaissant la loi d'étalonnage du spectromètre (correspondance entre pixel et longueur d'onde) affiche la courbe d'intensité spectrale $I(\lambda)$.

Le schéma suivant illustre le principe de conversion de la barrette CCD (Charge Coupled Device):

Appareils de mesures

Chromamètre Colorimètre

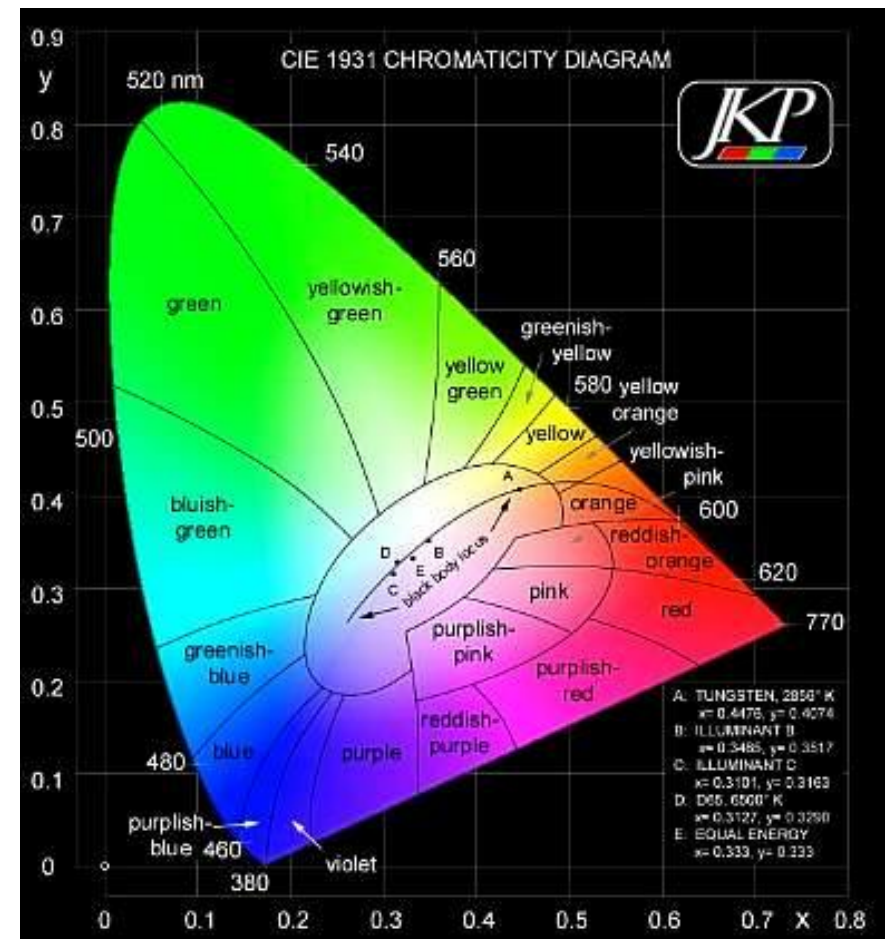
Appareil permettant de déterminer les composantes ou les coordonnées trichromatiques d'un stimulus de couleur dans des conditions d'éclairage et d'observation définies.

Luxmètre chromamètre CL-200

Solution parfaite pour les couleurs, la luminosité et la température de couleur

Instrument de poche léger pour les mesures de couleurs, de luminosité et de température de couleur.

Les colorimètres portables Konica Minolta conviennent idéalement non seulement pour mesurer la luminosité mais également la couleur d'une source lumineuse. Le large choix proposé permet de trouver l'instrument adapté à chaque application, du simple appareil trichromatique jusqu'au spectroradiomètre à objectifs spectraux.



Appareils de mesures

colorimètre

Appareil permettant de déterminer les composantes ou les coordonnées trichromatiques d'un stimulus de couleur dans des conditions d'éclairage et d'observation définies.



Appareils de mesures



IES LM-79-08

MEASUREMENT AND TEST REPORT
For

Shenzhen OKT Electronics & Technology Co., Ltd.
7F, Block 9, Huali Industrial Park, Fuyong Town, Bao'an District, Shenzhen,
Guangdong Province, China.

Test Model: C8-D40W-XX

C8-D40W-XX



General Information:

One sample was received on 2013-05-25 and used for testing.
Model Tested: C8-D40W-XX
Manufacturer: Shenzhen OKT Electronics & Technology Co., Ltd.
Product Designation: LED commercial downlight
Brand Name: OKT LIGHTING
Burning Time Before Test: 0 hours (for new product)

Rated Values:

Rated Voltage/Frequency: 100-277VAC 50/60Hz
Rated Power: 40W
Nominal CCT: 3000K

Tested By:

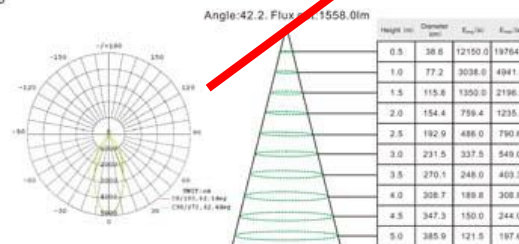
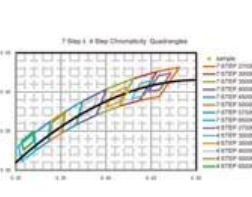
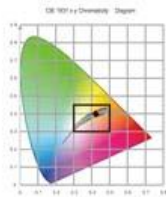
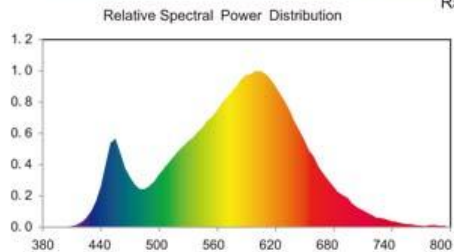
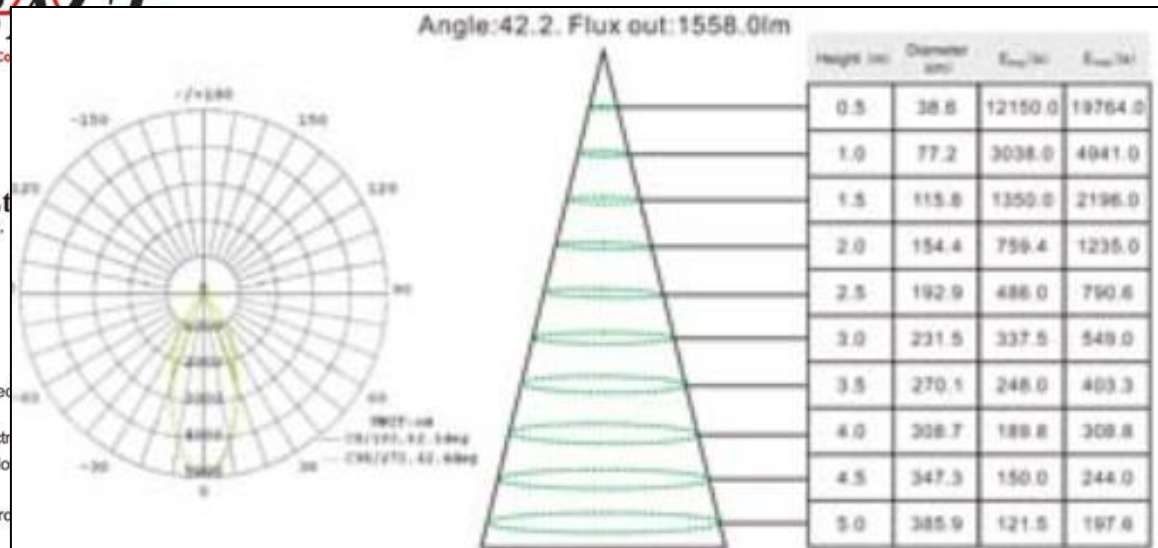
Jack Zhou

Jack Zhou

Reviewed By:

Jeanne Han

Jeanne Han



Electrical Measurement

Voltage(V)	Frequency(Hz)	Current(A)	Power(W)	Power Factor
120.0	60.0	0.3463	40.62	0.977

Photometric Measurement

Luminous Flux(lm)	Radiant Flux(W)	Efficacy(lm/W)	CCT(K)	Duv
3180.2	9.462	78.28	3214	1.31E-03

Chromaticity Coordinate

X	Y	u	v	u'	v'
0.4241	0.4024	0.2430	0.3495	0.2430	0.5188

Color Rendering Index

Ra

80.8

R1

78

R5

78

R9

1

R13

B1

R2

89

R6

86

R10

75

R14

98

R3

96

R7

83

R11

74

R15

72

R4

77

R8

58

R12

65

Photogoniomètre à miroir
comportant un luxmètre



Appareils de mesures



IES LM-79-08

MEASUREMENT AND TEST REPORT
For

Shenzhen OKT Electronics & Technology Co., Ltd
7F, Block 9, Huali Industrial Park, Fuyong Town, Bao'an District, Shenzhen,
Guangdong Province, China.

Test Model: C8-D40W-XX

C8-D40W-XX



General Information:

One sample was received on 2013-05-25 and used for testing.

Model Tested: C8-D40W-XX

Manufacturer: Shenzhen OKT Electronics & Technology Co., Ltd

Product Designation: LED commercial downlight

Brand Name: OKT LIGHTING

Burning Time Before Test: 0 hours (for new products)

Rated Values:

Rated Voltage/Frequency: 100-277VAC 50/60Hz

Rated Power: 40W

Nominal CCT: 3000K

Tested By:

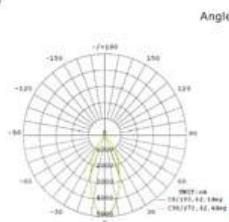
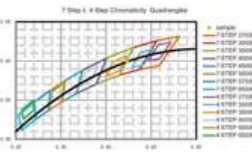
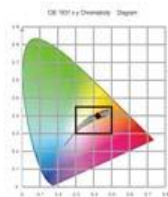
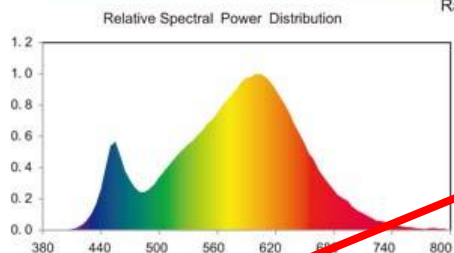
Jack Zhou

Reviewed By:

Jeanne Han

Jack Zhou

Jeanne Han



Height (m)	Diameter (mm)	E _{av} (lx)	E _{av} (fc)
0.5	38.8	12150.0	19764.0
1.0	77.2	3038.0	4941.0
1.5	115.8	1300.0	2196.0
2.0	154.4	799.4	1235.0
2.5	192.9	488.0	790.8
3.0	231.5	327.5	549.0
3.5	270.1	248.0	403.3
4.0	308.7	188.8	308.8
4.5	347.3	150.0	244.0
5.0	385.9	121.5	197.6

Electrical Measurement

Voltage(V)	Frequency(Hz)	Current(A)	Power(W)	Power Factor
120.0	60.0	0.3463	40.62	0.977

Photometric Measurement

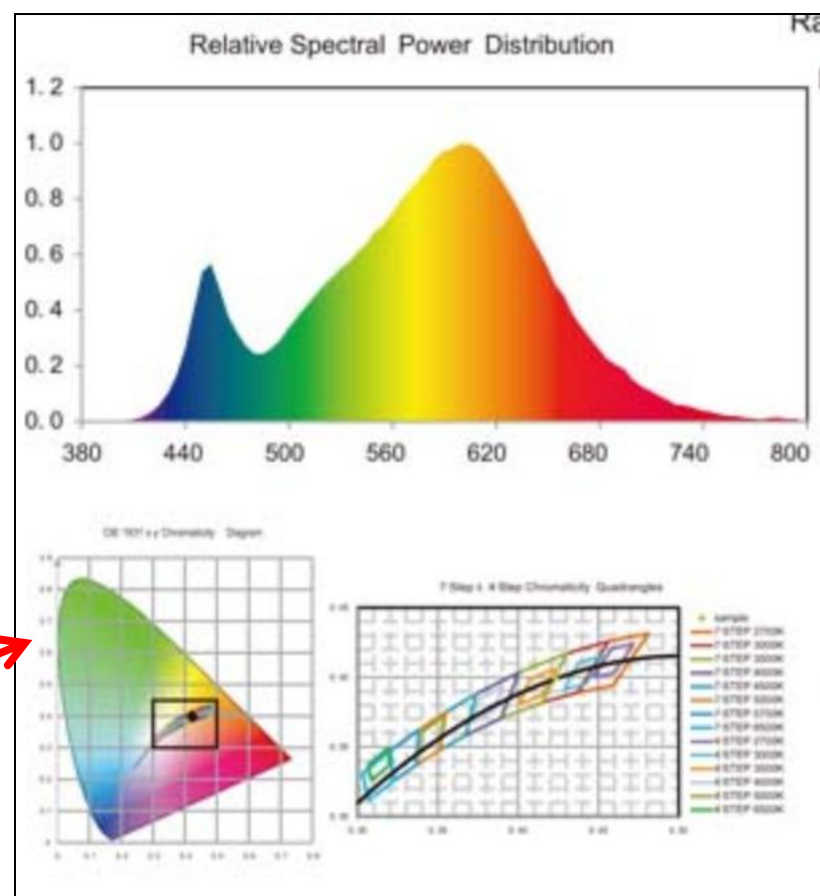
Luminous Flux(lm)	Radiant Flux(W)	Efficacy(lm/W)	CCT(K)	Duv
3180.2	9.462	78.28	3214	1.31E-03

Chromaticity Coordinate

X	Y	u	v	u'	v'
0.4241	0.4024	0.2430	0.3495	0.2430	0.5188

Color Rendering Index

Ra			
80.8			
R1	R2	R3	R4
78	89	96	77
R5	R6	R7	R8
78	86	83	58
R9	R10	R11	R12
1	75	74	65
R13	R14	R15	
B1	98	72	



Spectromètre



Appareils de mesures



IES LM-79-08

MEASUREMENT AND TEST REPORT For

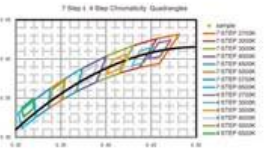
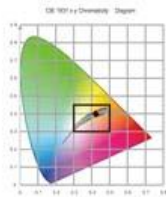
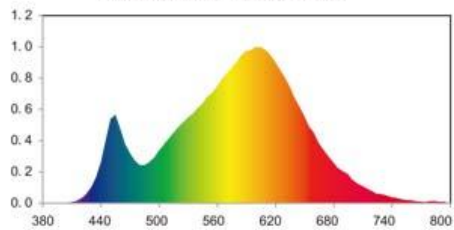
Shenzhen OKT Electronics & Technology Co., Ltd.
7F, Block 9, Huali Industrial Park, Fuyong Town, Bao'an District, Shenzhen
Guangdong Province, China.

Test Model: C8-D40W-XX

C8-D40W-XX



Relative Spectral Power Distribution



General Information:

One sample was received on 2013-05-25 and used for testing.
Model Tested: C8-D40W-XX
Manufacturer: Shenzhen OKT Electronics & Technology Co., Ltd.
Product Designation: LED commercial downlight
Brand Name: OKT LIGHTING
Burning Time Before Test: 0 hours (for new products)

Rated Values:

Rated Voltage/Frequency: 100-277VAC 50/60Hz
Rated Power: 40W
Nominal CCT: 3000K

Tested By:

Jack Zhou

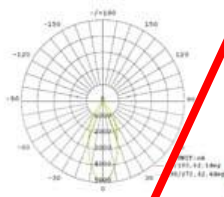
Jack Zhou

Reviewed By:

Jeanne Han

Jeanne Han

Angle: 42° Flux out: 1558.0lm



Height (m)	Diameter (mm)	E _{lm} (lm)	E _{lm} (lm)
0.5	38.8	12150.0	19764.0
1.0	77.2	3038.0	4941.0
1.5	115.8	1300.0	2196.0
2.0	154.4	799.4	1235.0
2.5	192.9	488.0	790.8
3.0	231.5	327.5	549.0
3.5	270.1	248.0	403.3
4.0	308.7	188.8	308.8
4.5	347.3	150.0	244.0
5.0	385.9	121.5	197.6

Electrical Measurement

Voltage(V)	Frequency(Hz)	Current(A)	Power(W)	Power Factor
120.0	60.0	0.3463	40.62	0.977

Photometric Measurement

Luminous Flux(lm)	Radiant Flux(W)	Efficacy(lm/W)	CCT(K)	Duv
3180.2	9.462	78.28	3214	1.31E-03

Chromaticity Coordinate

x	y	u	v	u'	v'
0.4241	0.4024	0.2430	0.3495	0.2430	0.5188

Color Rendering Index

Ra	80.8	R2	89	R3	96	R4	77
R1	78	R5	78	R6	86	R7	83
R8	58	R9	1	R10	75	R11	74
R12	65	R13	81	R14	98	R15	72

Photometric Measurement

Luminous Flux(lm)	Radiant Flux(W)	Efficacy(lm/W)	CCT(K)	Duv
3180.2	9.462	78.28	3214	1.31E-03

Chromaticity Coordinate

x	y	u	v	u'	v'
0.4241	0.4024	0.2430	0.3495	0.2430	0.5188

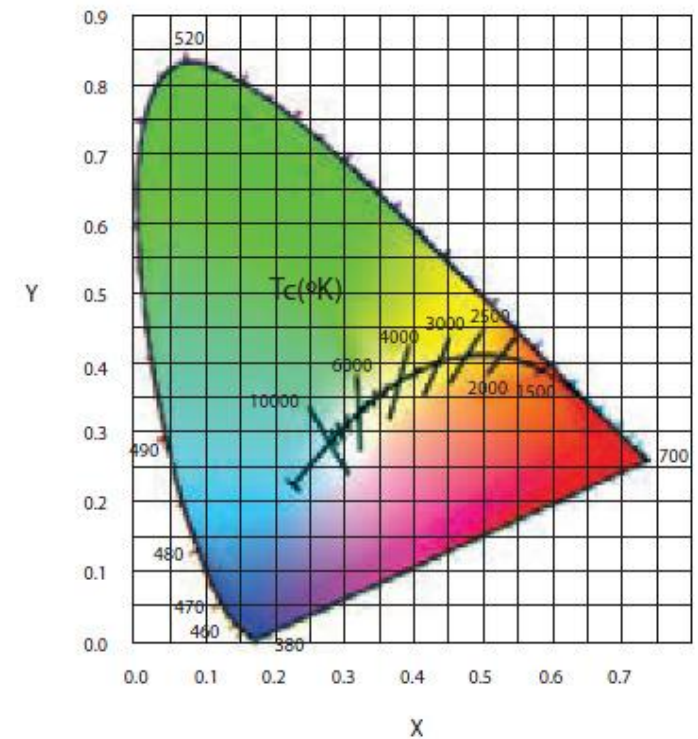
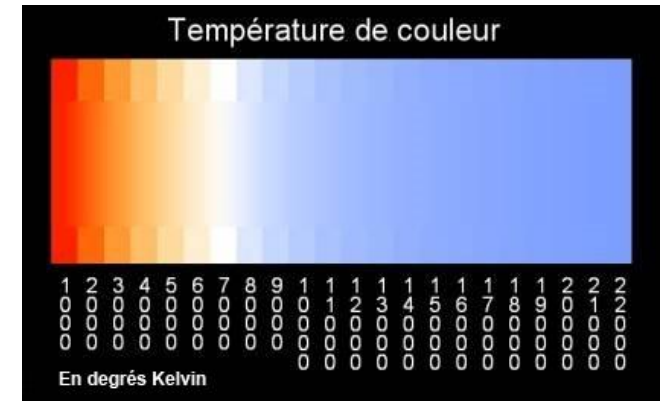
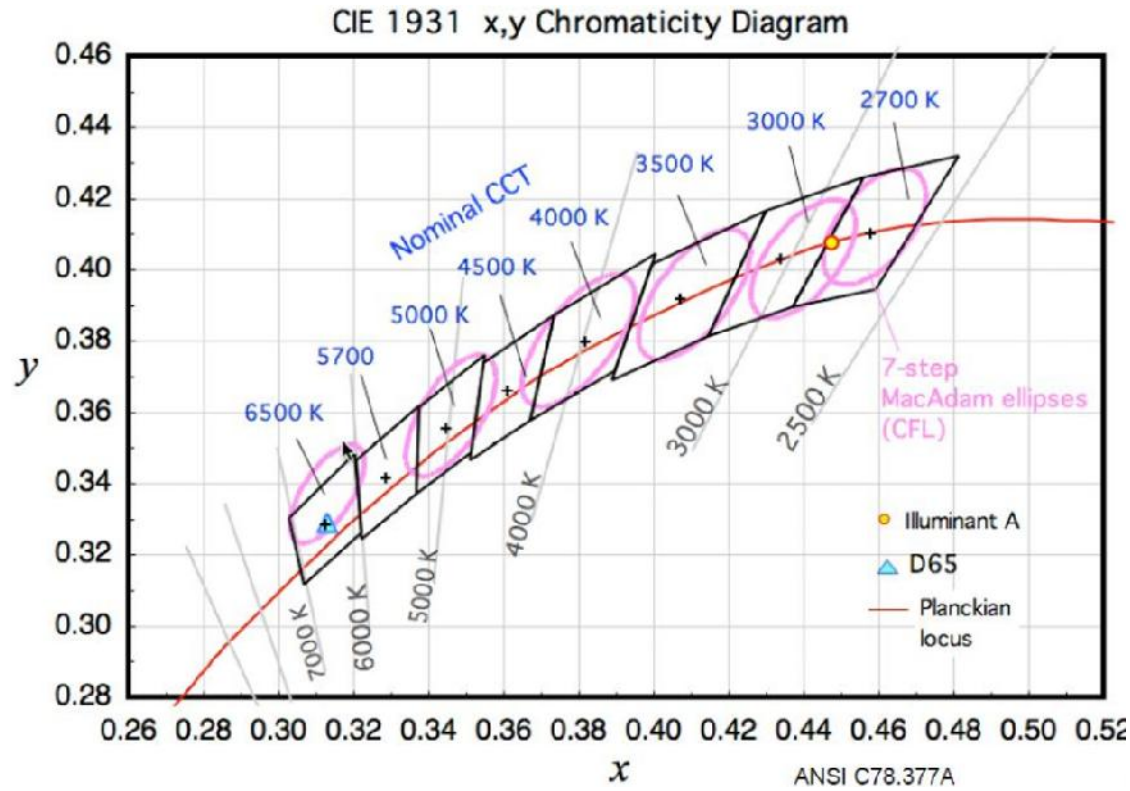
Color Rendering Index

Ra	80.8	R2	89	R3	96	R4	77
R1	78	R5	78	R6	86	R7	83
R8	58	R9	1	R10	75	R11	74
R12	65	R13	81	R14	98	R15	72

Sphère intégrante équipé de luxmètre et spectromètre



Appareils de mesures



Appareils de mesures



IES LM-79-08

MEASUREMENT AND TEST REPORT
For

Shenzhen OKT Electronics & Technology Co., Ltd
7F, Block 9, Huali Industrial Park, Fuyong Town, Bao'an District, Shenzhen,
Guangdong Province, China.

Test Model: C8-D40W-XX

Electrical Measurement

Voltage(V)	Frequency(Hz)	Current(A)	Power(W)	Power Factor
120.0	60.0	0.3463	40.62	0.977

C8-D40W-XX



General Information:

One sample was received on 2013-05-25 and used for testing.

Model Tested: C8-D40W-XX

Manufacturer: Shenzhen OKT Electronics & Technology Co., Ltd

Product Designation: LED commercial downlight

Brand Name: OKT LIGHTING

Burning Time Before Test: 0 hours (for new products)

Rated Values:

Rated Voltage/Frequency: 100-277VAC 50/60Hz

Rated Power: 40W

Nominal CCT: 3000K

Tested By:

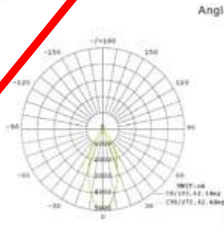
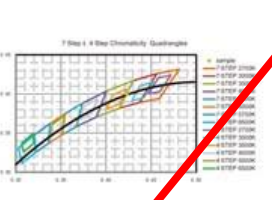
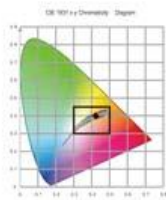
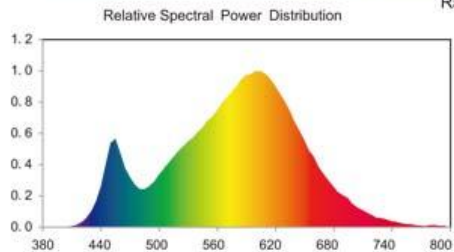
Jack Zhou

Jack Zhou

Reviewed By:

Jeanne Han

Jeanne Han



Angle: 42.2, Flux out: 1558.0lm

Height (m)	Diameter (mm)	E _{lm} (lm)	E _{lm} (lm)
0.5	38.8	12150.0	19764.0
1.0	77.2	3038.0	4941.0
1.5	115.8	1300.0	2196.0
2.0	154.4	799.4	1235.0
2.5	192.9	488.0	790.8
3.0	231.5	327.5	549.0
3.5	270.1	248.0	403.3
4.0	308.7	188.8	308.8
4.5	347.3	150.0	244.0
5.0	385.9	121.5	197.6

Electrical Measurement

Voltage(V)	Frequency(Hz)	Current(A)	Power(W)	Power Factor
120.0	60.0	0.3463	40.62	0.977

Photometric Measurement

Luminous Flux(lm)	Radiant Flux(W)	Efficacy(lm/W)	CCT(K)	Duv
3180.2	9.462	78.28	3214	1.31E-03

Chromaticity Coordinate

X	Y	u	v	u'	v'
0.4241	0.4024	0.2430	0.3495	0.2430	0.5188

Color Rendering Index

Ra

80.8

R1

78

R5

78

R9

1

R13

81

R2

89

R6

86

R10

75

R14

98

R3

96

R7

83

R11

74

R15

72

R4

77

R8

58

R12

65

Multimètre électrique



Références



Illuminating Engineering Society of North America (IES) Roadway Lighting , RP8-00R-2005 IESNA New York NY

Illuminating Engineering Society of North America (IES) IESNA recommended practice Tunnel Lighting ,RP22-05 New York NY

Illuminating Engineering Society of North America (IES) IESNA Sport and recreational area lighting , RP6, New York NY

Illuminating Engineering Society of North America (IES) IES Lighting Handbook 9th edition, New York NY

Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY 12180 USA <http://www.lrc.rpi.edu/>

Philips Lighting handbook, Philips Electronics Ltd, Lighting Division, 601 Milner Ave, Scarborough, Ontario, M1B 1M8

Wikipédia ,Le projet d'encyclopédie libre, <http://fr.wikipedia.org>

<http://www.darksky.org> IDA International Headquarters 3225 N. First Avenue Tucson, Arizona 85719

Commission internationale de l'éclairage CIE 2000 - 2010 | CIE Central Bureau, Kegelgasse 27, A-1030 Vienna, Austria
<http://www.cie.co.at>

Google Search images <http://www.google.ca>

Formation sur les lampes, IES Montréal, Francois Xavier Morin

Formation sur l'informatique au service de l'éclairage, IES Montréal, Peer Eric Moldvar

Formation sur la récolte de la lumière du jour, IES Montréal, Peer Eric Moldvar

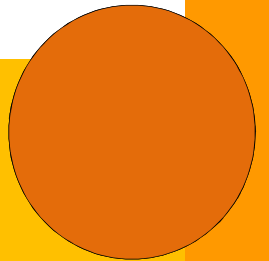
Le Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDCa), Les systèmes d'évaluation de LEED Canada nouvelle construction
<http://www.cagbc.org/leed/systemes/index.htm>

Lighting Analysts AGI32 content and Index, 10440 Bradford Road, Unit A , Littleton, Colorado USA 80127

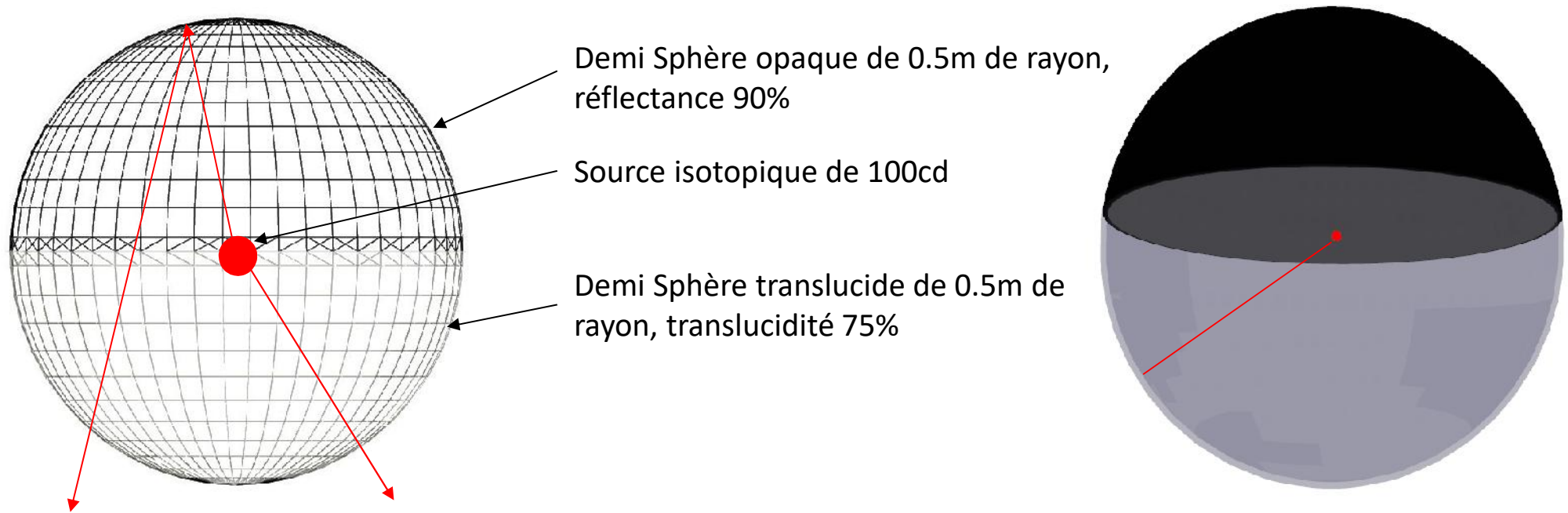
Philips Canlyte 3015 Louis-Amos, Lachine, Québec, Canada H8T 1C4 http://www.canlyte.com/fr_www/glossary.asp

Formation E314 Principe d'éclairagisme, École Polytechnique de Montréal, Prof. Jean-Pierre Riendeau

Devoir



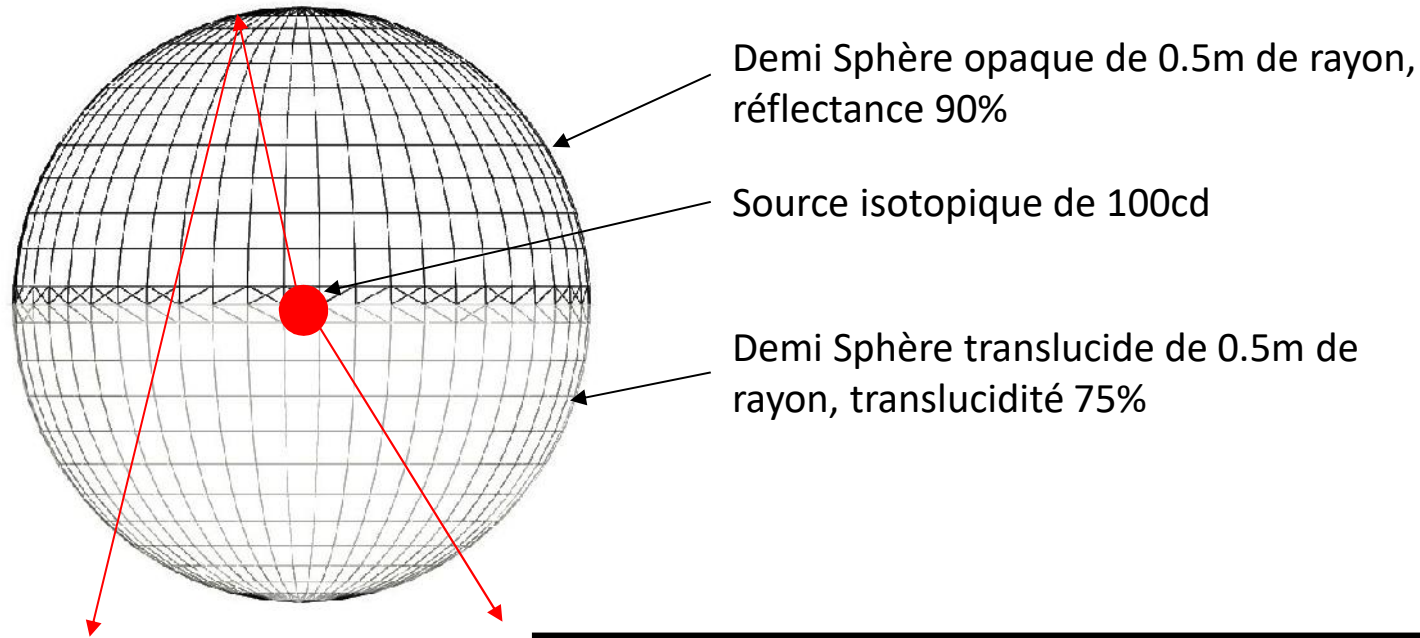
Problème 5 paramètres



Un globe de verre ayant sa partie supérieure interne argentée voit 90% de la lumière réfléchi vers la portion inférieure de la sphère. Cette partie en verre translucide a un facteur de translucidité de 75%. Donc une absorption de 25%. La sphère a un rayon de 0.5m avec une source isotrope de 100cd situé en son centre. La partie inférieure est parfaitement diffusante.

- A) Calculer l'illuminance (éclairement) à l'intérieur de la partie basse de la sphère.**
- B) Calculer l'excitance et la luminance à l'extérieur de la partie basse de la sphère.**
- C) Calculer l'intensité tel que vue directement au loin sur la sphère.**

Problème 5 paramètres de l'éclairagisme



I	Intensité lumineuse	candela (cd)
Φ	Flux lumineux	lumen (lm)
E	Illuminance (éclairage)	lumen/m ² (lux)
M	Exitance lumineuse	lumen/m ² (lux réfléchis)
L	Luminance	cd/m ² selon un angle de vue

Aire d'une surface

Cercle : $A = \pi \times \text{rayon}^2$

Sphère: $A = 4\pi \times \text{rayon}^2$