



From Applications to Technologies

Design and
Characterization of
Innovative Optical Systems

Rapport d'analyse critique Lampes LED Soraa Vivid 3 MR16 GU5.3 high CRI



Novembre 2017

Table des matières

Introduction

Caractérisation de la lampe Soraa Vivid 3 MR16 GU5.3

I. Mesures et essais

- Cadre des essais
- Photométrie : Flux, Efficacité, Faisceau
- Spectre d'émission
- Colorimétrie : IRC, CCT
- Thermique
- Mesures de luminance
- Comparaison avec la spécification Soraa

II. Analyse structurelle

- Composants
- Assemblage

Corrélation performances / construction

I. Analyse spectrale

- Comparaison avec une LED traditionnelle
- Comparaison avec l'illuminant de référence
- Impact de l'architecture de la source

II. Optique

- Collimateur (TIR RXI)
- Source utilisée (Chip on Board)
- Profil d'émission

III. Thermique

- Calcul de température de jonction
- Lien entre l'échauffement et la structure de la lampe

IV. LED

- Luminance
- Uniformité
- Nombre de die

V. Analyse critique de l'assemblage

- Synoptique d'assemblage
- Maitrise de la chaîne de cotes

Positionnement et utilisation

- Fiabilité : Tenue au vieillissement
- Avantages et inconvénients
- Cas d'utilisation
- Synthèse



From Applications to Technologies

Design and
Characterization of
Innovative Optical Systems

Introduction

- Objectifs de l'analyse critique
- Présentation de Soraa
- Présentation des lampes testées

Objectifs de l'analyse critique

PISEO, centre technique indépendant spécialisé dans l'intégration des technologies photoniques (LED, VCSEL, Capteurs d'imagerie...) et leurs applications dispose de compétences et d'équipement d'essais pour analyser la performance et la fiabilité de systèmes d'illuminations.

Les lampes Soraal analysées dans ce rapport présentent des originalités que nous avons souhaité évaluer.

Ce rapport contient une analyse exhaustive des performances photométriques, colorimétriques, électriques, thermiques et de la construction de ces lampes, réalisée en toute indépendance et impartialité.

Ce rapport permet ainsi au lecteur d'avoir accès à des données techniques détaillées sur ces produits, ainsi que de connaître l'avis de PISEO concernant les résultats obtenus.

Soraa en bref...

- **Qui ?**
 - Shuji Nakamura : inventeur de la LED Bleue, et lauréat du prix Nobel de la science en 2014
 - Dr Steven DenBaars
 - Dr James Specks
- **Quand ?**
 - 2008
- **Quoi ?**
 - Lampes, optiques, accessoires
 - Indice de rendu des couleurs élevé
 - Systèmes lumineux customisables
- **Comment ?**
 - LED violette + Technologie GaN on GaN pour un meilleur IRC
 - Système aimanté pour accessoriser / diversifier les lampes
- **Où ?**
 - Siège social : Fremont aux Etats-Unis
 - Distributeurs : sur tous les continents

SORAA[®]
Simply Perfect Light[™]



Présentation de la lampe Soraa Vivid 3 MR16 GU5.3

- **Technologie « GaN on GaN »**

Soraa maîtrise la fabrication de ses LED par croissance du semiconducteur sur un substrat GaN, en remplacement d'un substrat saphir ou en carbure de silicium. Cela permet de réaliser un semi-conducteur de grande qualité, exempt des défauts microstructuraux habituellement observés sur des substrats conventionnels en raison des mailles cristallines différentes entre les matériaux superposés.

Comparé aux autres technologies, Soraa revendique :

- Une plus grande pureté cristalline avec 1000 x moins de défauts qu'avec un substrat conventionnel
- Une grande puissance et une meilleure efficacité de production de lumière : 10 x plus de lumière par unité de surface qu'une LED conventionnelle



- **Spécifications / diversité de la lampe Soraa Vivid 3 MR16 GU5.3**

Cette technologie est à la base de la lampe Vivid 3 MR16 GU5.3, et est utilisée pour produire une quantité de lumière importante dans un encombrement réduit. Soraa exploite ces caractéristiques sous forme de faisceaux étroits à forte intensité, et les accompagne par une qualité spectrale élevée et par des faisceaux étroits:

- CRI 95, R9 – 95
- CCT : 2700K, 3000K, 4000K, 5000K
- Angles de faisceau : 10°, 25° et 36°
- Puissances : 6W, 7.5W et 9W



Lampes halogènes MR16 GU5,3 - Osram



Lampes LED MR16 GU5,3 - Soraa



From Applications to Technologies

Design and
Characterization of
Innovative Optical Systems

Caractérisation de la lampe Soraa Vivid 3 MR16 GU5.3

I. Mesures et essais

- Cadre des essais
- Photométrie : Flux, Efficacité
- Photométrie : caractérisation du faisceau
- Colorimétrie : IRC, CCT
- Colorimétrie dans le faisceau
- Distribution spectrale
- Thermique
- Comparaison avec la spécification Soraa
- Mesures de luminance

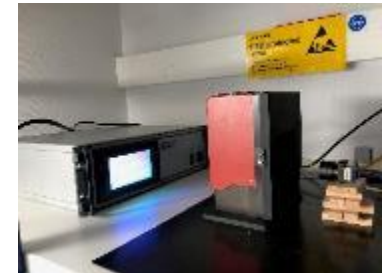
II. Essai de fonctionnement à 6000h

III. Analyse structurelle

- Composants
- Assemblage

Moyens d'essais de PISEO

- Goniophotometre LMT C-Type GO 2000
- Sphères intégrantes Instrument Systems 2m & 50cm
- Spectroradiomètres CAS 120 et CAS 140D Instrument Systems
- Spectrophotomètre-colorimètre BTS256-EF Gigahertz Optik
- Videoluminancemètre Westboro Photonics PF 501A 5MPx
- Banc radiométrique Everfine OST 300 (200nm-3000nm)
- Caméra thermique Infratek Variocam
- Corps noir HGH DCN 1000H4
- Puissancemètres YOKOGAWA WT 3000
- Alimentations stabilisée et centrales : Chroma, TTI, Keithley...
- Réseau de partenaires (Serma Technologies, labos...)



Mesures et essais des lampes Soraa

Cadre des essais

2 Lampes Soraa Vivid MR16 GU5.3 testées :

- Température de couleur 3000 K
- Température de couleur 4000 K

Mesures réalisées :

- Spectrophotométrie en Sphère Intégratrice 2m
- Colorimétrie
- Mesures après vieillissement : 2000h et 6000h
- Mesures thermiques
- Luminancemétrie

Instruments de mesures :

- Sphère 2m Instrument Systems ISP2000-124 VIS
- Spectrophotomètre Instrument Systems CAS120-151 VIS
- Thermomètre RS1314 - Type K
- Puissancemètre Yokogawa WT3000
- Alimentation AC stabilisée Chroma 6408

- Video-luminancemètre Westboro Photonics PF501A



Caractéristiques des composants testés

SPECIFICATIONS BY MODEL NUMBER* SORAA LED MR16 7.5W

Model #	Product Code	CCT (K)	Beam Angle	Field Angle	Peak Intensity	Total Flux (Lm)	Efficacy (Lm/W)	90° Lumens	McA	EI	SNAP
VIVID SERIES											
SM16-07-10D-927-03-S3	01185	2700	10	20	5710	390	52	345	3	A	YES
SM16-07-25D-927-03-S3	01197	2700	25	40	2260	410	55	385	3	A	-
SM16-07-36D-927-03-S3	01209	2700	36	57	1070	410	55	375	3	A	-
SM16-07-10D-930-03-S3	01189	3000	10	20	6000	410	55	360	3	A	YES
SM16-07-25D-930-03-S3	01201	3000	25	40	2400	435	58	410	3	A	-
SM16-07-36D-930-03-S3	01213	3000	36	57	1130	435	58	400	3	A	-
SM16-07-10D-940-03-S3	01191	4000	10	20	6290	430	57	380	4	A	YES
SM16-07-25D-940-03-S3	01203	4000	25	40	2510	455	61	430	4	A	-

PHOTOMETRIE : FLUX ET EFFICACITE

- Deux échantillons neufs sont mesurés en sphère intégratrice.
- Les valeurs sont comparées aux spécifications présentes sur la documentation technique en ligne des produits
 - Flux total : 410lm (3000K) et 430lm (4000K)
- Les valeurs de flux sont supérieures aux spécifications fournies par Soraa
- La puissance consommée dépasse la valeur indiquée par Soraa, et l'efficacité résultante est légèrement inférieure à celle calculée d'après les informations flux/puissance



Flux conforme, mais puissance consommée supérieure à la documentation technique (5% et 7%), ce qui réduit légèrement l'efficacité

MR16 Vivid S3 GU5.3 3000K

Paramètres	Mesuré	Spécification
Flux lumineux nominal	406.4 lm +/- 4.0%	410 lm
Efficacité lumineuse	50.4 lm/W +/- 5.5%	54,7 lm/W
Puissance consommée du système	8.06 W +/- 1.5%	7,5 W
Facteur de puissance	0.904 +/- 0.15	

MR16 Vivid S3 GU5.3 4000K

Paramètres	Mesuré	Spécification
Flux lumineux nominal	441.8 lm +/- 4.0%	430 lm
Efficacité lumineuse	56.1 lm/W +/- 5.5%	57,3 lm/W
Puissance consommée du système	7,88 W +/- 1.5%	7,5 W
Facteur de puissance	0.904 +/- 0.15	

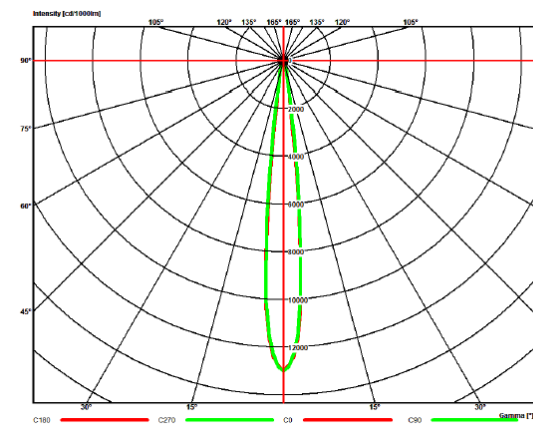
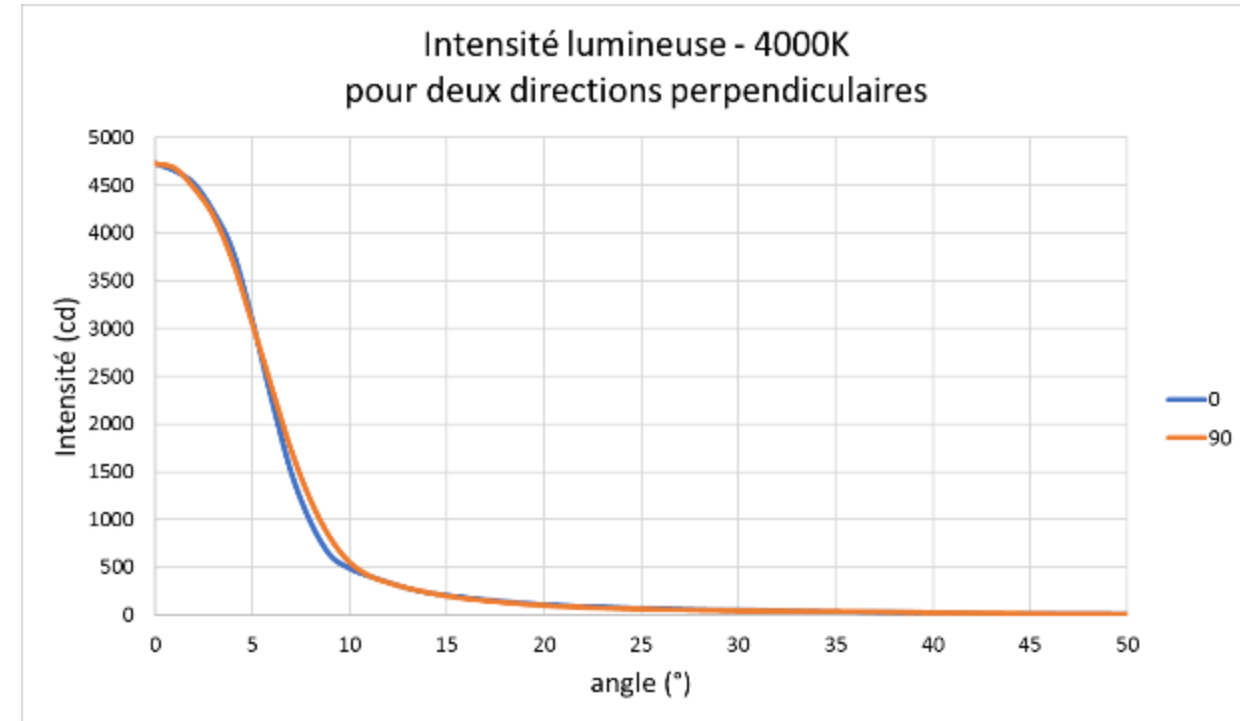
Résultats d'essais

PHOTOMETRIE : CARACTERISATION DU FAISCEAU

- Le faisceau a été caractérisé sur la référence 4000K
- La distribution de lumière correspond à celle d'un faisceau étroit.
 - L'intensité à mi-hauteur (« Beam Angle ») est obtenue pour un angle de $5,9^\circ$, ce qui en fait un faisceau de $11,8^\circ$ de largeur d'angle
 - Ce faisceau est légèrement plus ouvert que celui spécifié par Soraa, qui est de $10,3^\circ$
 - L'intensité à $I_{max}/10$ est obtenue pour un angle de 10° , soit un « Field Angle » de $20,5^\circ$, du même niveau que celui spécifié par Soraa.
- L'intensité dans l'axe est mesurée à 4725cd (± 200) et est inférieure à la valeur spécifiée de 6000cd
 - L'écart observé est de 25%. Il est cohérent avec la différence de largeur de faisceau : le faisceau est plus large, et moins intense au centre



Faisceau très étroit et intense, mais les valeurs de Beam Angle et d'intensité max sont légèrement inférieures à celles indiquées par le fabricant



Caractérisation du faisceau : Forme et défauts du faisceau

Définitions :

Pour terminer, la qualité du faisceau passe bien entendu par sa forme et sa répartition. Nous avons choisi quatre critères pour caractériser le faisceau et en identifier les principaux défauts

- **Flower effect** : légères variations d'intensité visibles sur le bord circulaire du faisceau
- **Cut-off effect** : forte baisse d'intensité lumineuse responsable de discontinuité(s) dans le faisceau
- **Ring effect** : variation d'intensité à une distance fixe du centre du faisceau visible sur toute la circonférence et donnant l'impression d'avoir des anneaux de lumière
- **Spilling effect** : quantité importante de lumière diffusée en dehors de la zone d'éclairage souhaitée, donnant une impression de non efficacité de la lampe

Le faisceau de la lampe Soraa 3000 K est d'assez bonne qualité. Il ne présente pas particulièrement de défaut du type Flower effect ou Cut-off effect. Ses contours sont très bien délimités, la lumière est bien centrée et intense. On observe peu de lumière diffuse en périphérie.



Illustration des défauts de faisceau : Flower effect, cut-off effect, ring effect

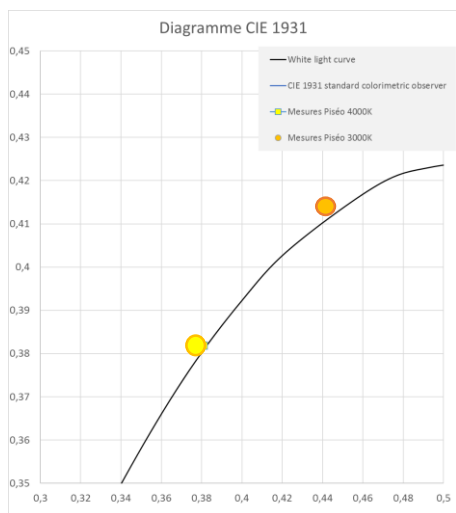


Faisceau lampe Soraa 3000 K

Résultats d'essais

COLORIMETRIE

- Les performances colorimétriques s'appuient sur plusieurs paramètres et indices, mesurés en sphère intégratrice
 - CCT
 - IRC (indice CIE Ra)
 - Rf et Rg (indices normes US TM30)
- Les points de couleurs sont situés à proximité de la courbe du corps noir.



La colorimétrie montre un faisceau de très bonne qualité, conforme aux indications du fabricant

MR16 Vivid S3 GU5.3 3000K

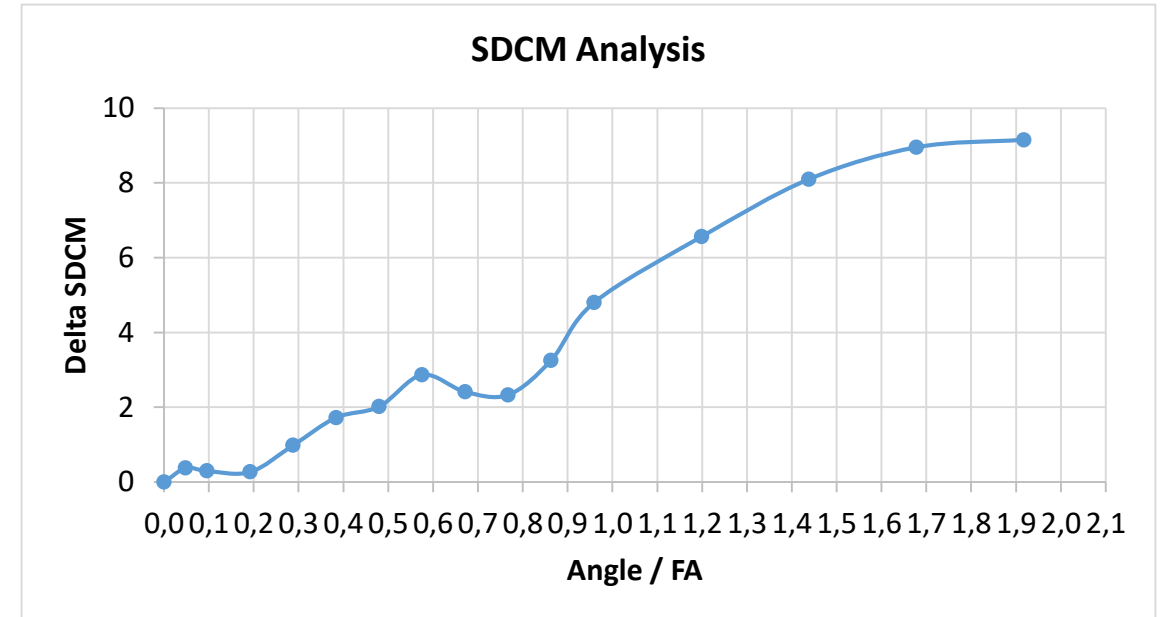
Paramètres	Mesuré	Spécification
CCT – température de couleur	2954 K +/- 16K	3000K
Coordonnées chromatiques	0.4447; 0.4142	
IRC – indice de rendu des couleurs (CIE Ra))	95.8 +/- 0.3	95
Rf – indice de rendu de fidélité (TM30)	92	90
Rg – indice de rendu d'accentuation de teintes (TM30)	97	100

MR16 Vivid S3 GU5.3 4000K

Paramètres	Mesuré	Spécification
CCT – température de couleur	4024 K +/- 16K	4000K
Coordonnées chromatiques	0.3810; 0.3819	
IRC – indice de rendu des couleurs (CIE Ra)	96,3 +/- 0.3	95
Rf – indice de rendu de fidélité (TM30)	94	90
Rg – indice de rendu d'accentuation de teintes (TM30)	99	100

DEVIATION COLORIMETRIQUE DANS LE FAISCEAU

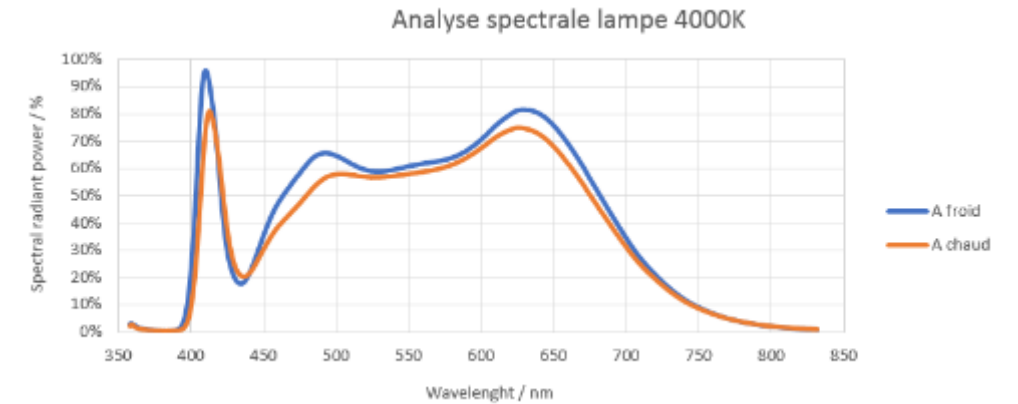
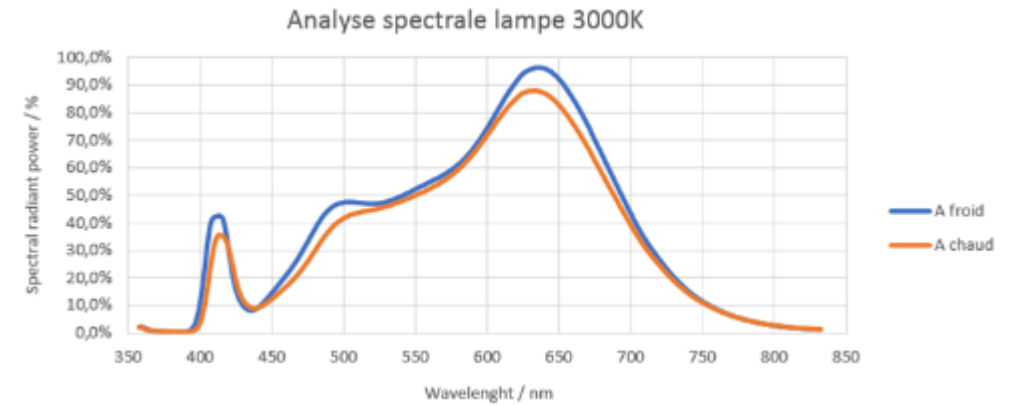
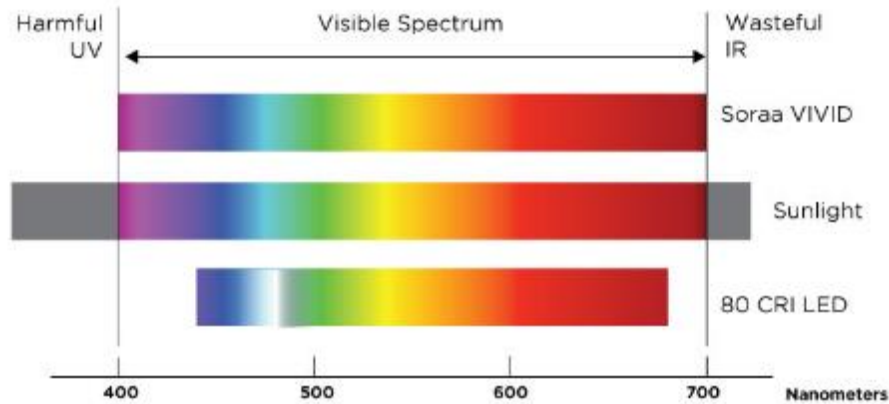
- La variation de colorimétrie dans le faisceau est exprimée en SDCM et mesurée au photogoniomètre
- Cette variation montre une légère déviation de colorimétrie en s'éloignant du centre du faisceau.
 - Déviation de 2 SDCM dans le Beam Angle
 - Déviation de 5 SDCM dans le Fiedl Angle
- Ces variations sont peu perceptibles et sont cohérentes avec la bonne qualité affichée de ce produit.



Résultats d'essais

DISTRIBUTION SPECTRALE

- Le spectre comprend un pic d'émission autour de 405nm et une distribution étalée autour de 500nm et de 650nm. Ce spectre s'appuie sur l'excitation d'un mélange de luminophores à bandes larges par une LED violette à 405nm. La réponse de ces luminophores, probablement complexe dans le sens où, étant multiples, ils peuvent avoir des excitations et réponses croisées, permet d'enrichir le spectre lumineux résultant.
- Le spectre est relativement stable lors de l'utilisation de la lampe



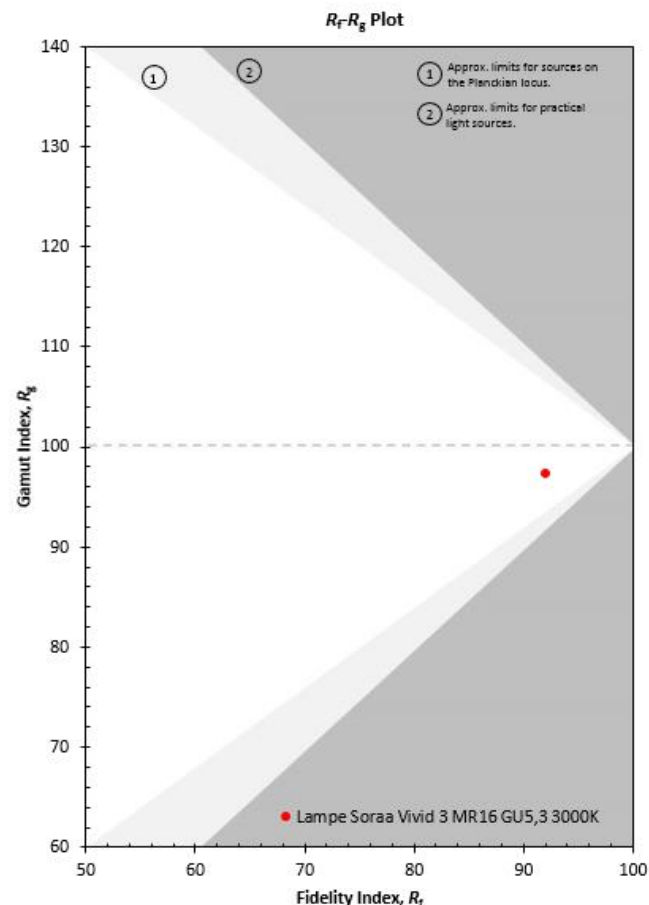
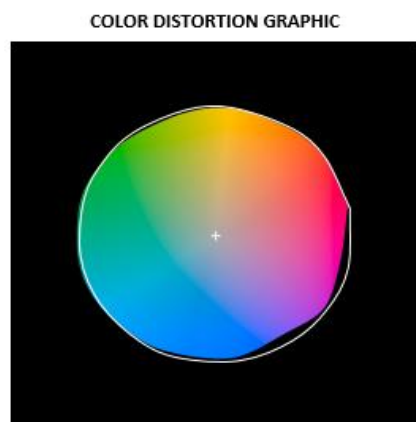
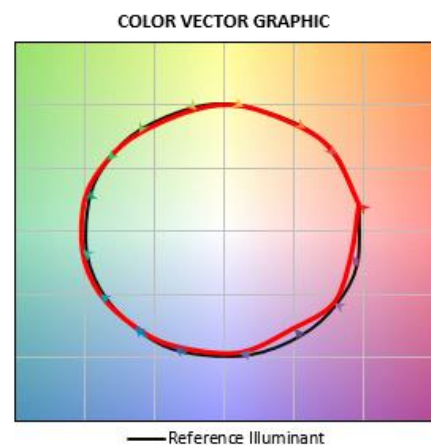
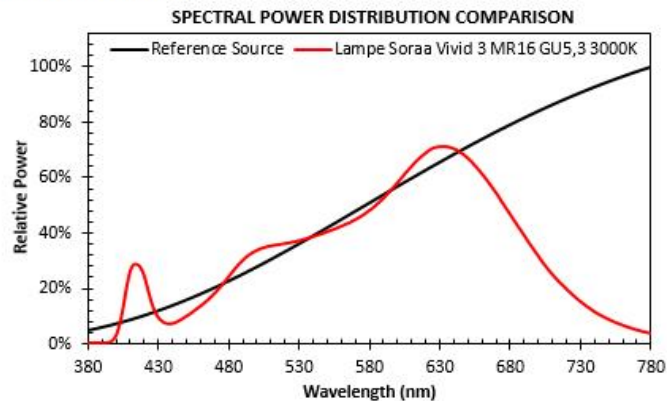
Résultats d'essais

CARACTERISATION SPECTRALE ET COLORIMETRIQUE LAMPE 3000 K – DETAIL

Source:

Lampe Soraa Vivid 3 MR16 GU5,3 3000K

R_f	92
R_g	97
CCT (K)	2955
D_{uv}	0,0029
x	0,4447
y	0,4142
CIE R_s	96



• Obtention des graphes

Utilisation du spectre d'émission mesuré en sphère, reconstruit nanomètre par nanomètre.

• Définition des indices

R_f : Indice de Fidélité des couleurs.

Comparaison des couleurs par rapport à l'illuminant de référence de même CCT.

R_g : Indice de Gamut / Indice de saturation.

Hausse ou baisse de saturation des couleurs d'une source lumineuse.

• Caractérisation des couleurs

Color vector graphic: Représentation des écarts de saturation entre la source de référence (en noir) et la source testée (en rouge)

Color distortion graphic: Représentation de la distorsion des couleurs par rapport à la source de référence

Représentations graphiques : variations de saturation (milieu) et distorsions de teintes (à gauche), position dans l'échelle d'indices (à droite)

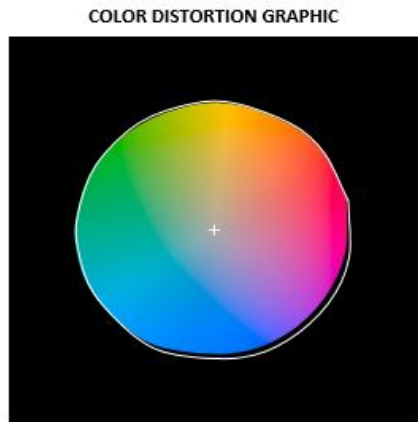
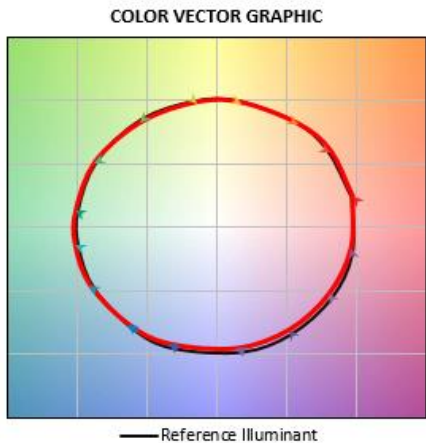
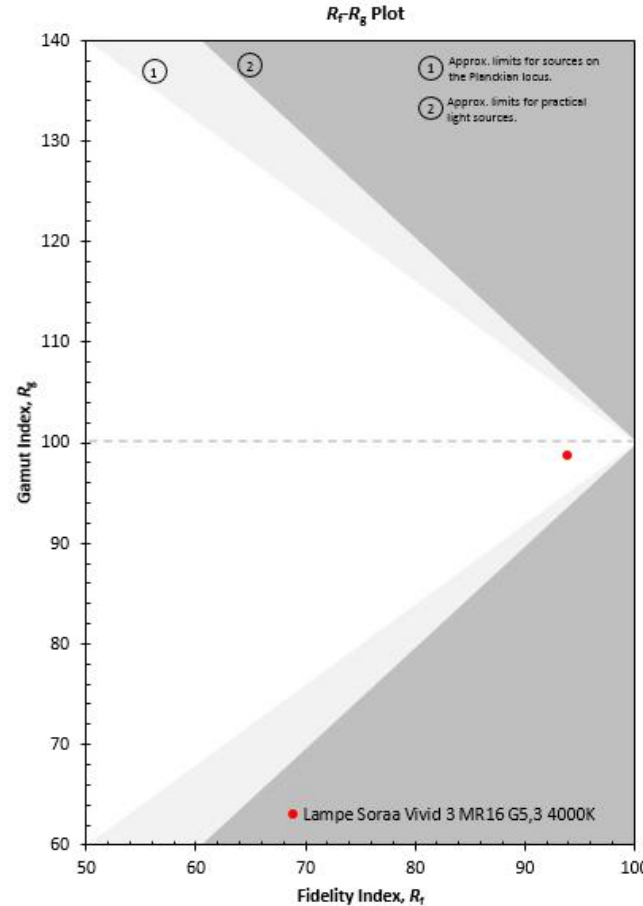
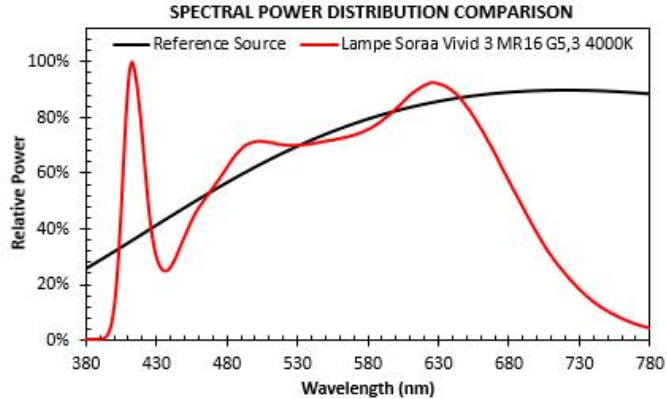
Résultats d'essais

CARACTERISATION SPECTRALE ET COLORIMETRIQUE LAMPE 4000 K – DETAIL

Source:

Lampe Soraa Vivid 3 MR16 G5,3 4000K

R_f	94
R_g	99
CCT (K)	4023
D_{uv}	0,0023
x	0,3810
y	0,3819
CIE R_a	96



Représentations graphiques : variations de saturation (milieu) et distorsions de teintes (à gauche), position dans l'échelle d'indices (à droite)

- **Obtention des graphes**

Utilisation du spectre d'émission mesuré en sphère, reconstruit nanomètre par nanomètre.

- **Définition des indices**

R_f : Indice de Fidélité des couleurs.

Comparaison des couleurs par rapport à l'illuminant de référence de même CCT.

R_g : Indice de Gamut / Indice de saturation.

Hausse ou baisse de saturation des couleurs d'une source lumineuse.

- **Caractérisation des couleurs**

Color vector graphic : Représentation des écarts de saturation entre la source de référence (en noir) et la source testée (en rouge)

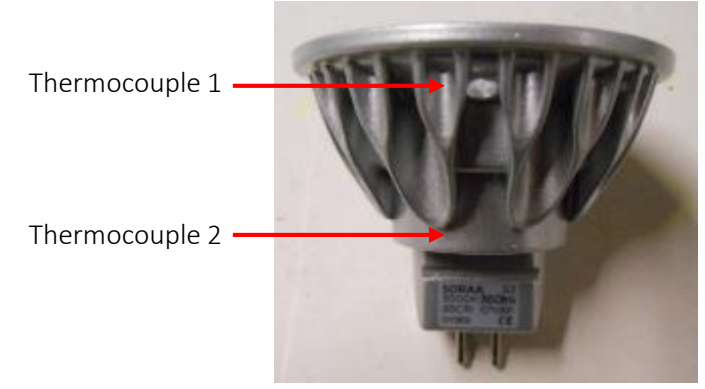
Color distortion graphic : Représentation de la distorsion des couleurs par rapport à la source de référence

CARACTERISATION THERMIQUE : RELEVES DE TEMPERATURES

- **Cadre des mesures :**

Lors de la réalisation des premiers essais, nous avons rapidement noté un échauffement important de la lampe. Pour vérifier et quantifier cet échauffement, nous avons effectué des relevés de températures à deux endroits stratégiques sur la lampe 3000K :

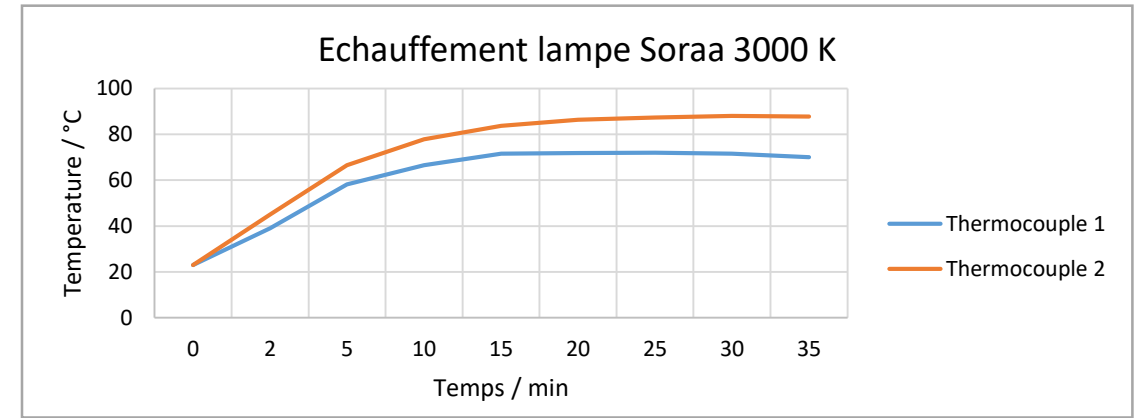
- Entre les ailettes du radiateur situées à proximité du collimateur
- A la base du radiateur, à la limite avec le culot



- **Relevés de températures :**

Temps (min)	Thermocouple 1	Thermocouple 2
0	23	23
2	45	39
5	66,6	58,2
10	77,8	66,6
15	83,7	71,5
20	86,3	71,8
25	87,3	72
30	88	71,5
35	87,7	70

- **Tendance observée :**



La température de surface de la lampe Soraa vivid3 MR16 GU5.3 3000K se stabilise entre 80°C et 88°C selon les points de mesure et pour une température ambiante de 25°C.. La durée de stabilisation est de 15 minutes.

CARACTERISATION THERMIQUE : IMPACT DE L'ÉCHAUFFEMENT SUR LE FLUX LUMINEUX

- **Stabilité du flux lumineux :**

Pour vérifier la stabilité de la lampe lorsqu'elle est allumée, nous avons réalisé des essais d'échauffement jusqu'à stabilisation du flux, soit environ 45 minutes.

- **Perte de flux :**

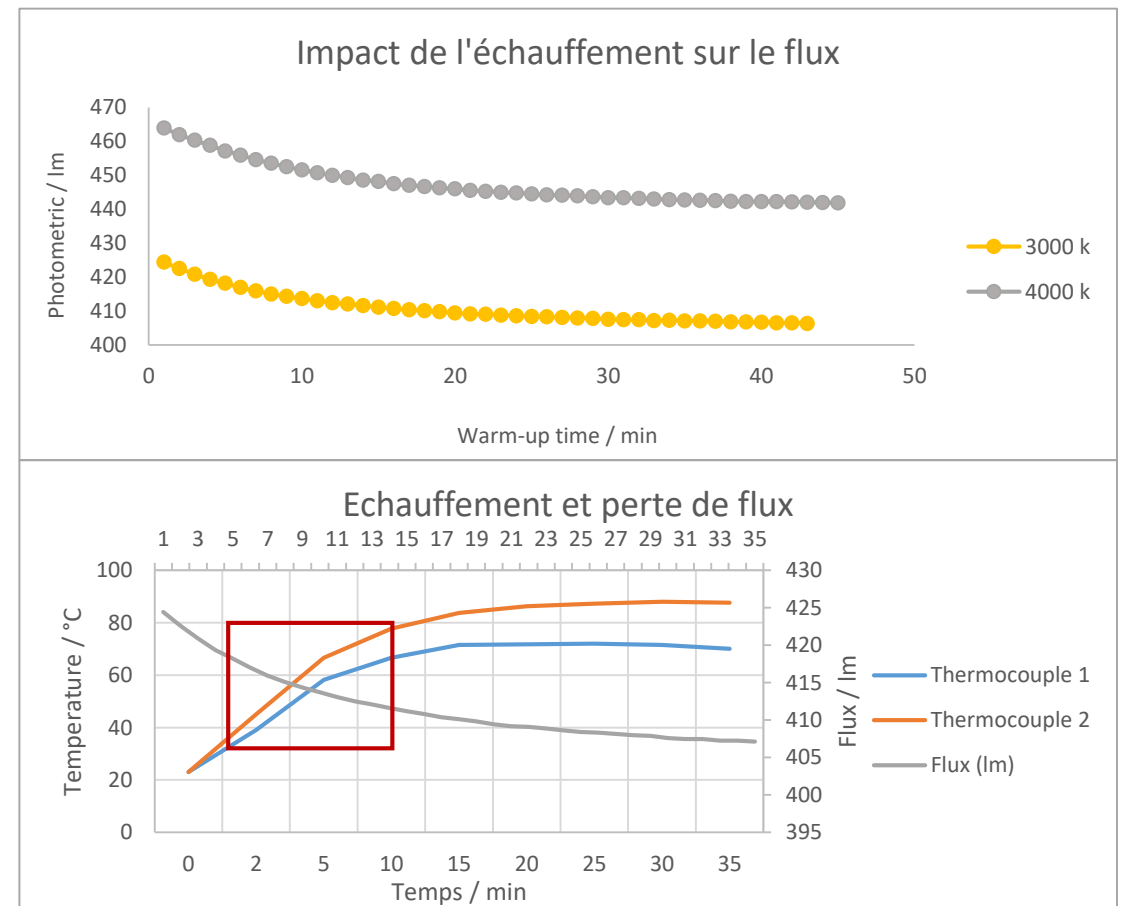
Le flux des 2 lampes Soraa testées diminue de façon régulière et identique en fonction de la durée d'allumage.

% flux perdu :

- Lampe 3000 K : 4,26 %
- Lampe 4000 K : 4,76 %

- **Relation flux / température :**

La forme et la zone d'inflexion des courbes montrent que la perte de flux lumineux de la lampe est corrélée avec l'échauffement de la lampe.



COMPARAISON AVEC LA SPECIFICATION SORAA: DEFINITION DU RAPPORT IES LM-79

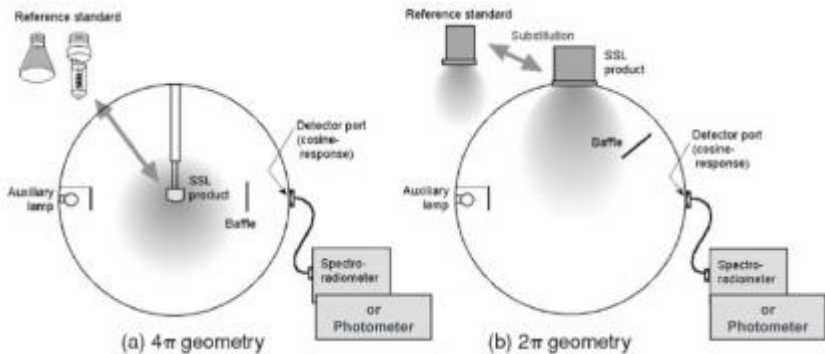
• Définition

- Le rapport IES LM-79 est basé sur une méthode reconnue en Amérique du nord, décrivant les procédures et les précautions de mesures électriques et photométriques des produits LED (Solid State Lighting)
- Les données mesurées sont :
 - Le flux lumineux total (lm)
 - La puissance électrique (W)
 - L'efficacité lumineuse (lm/W)
 - La chromaticité

• Produits concernés

- Elle s'applique aux produits LED incorporant des contrôles électroniques et des systèmes de refroidissement, elle ne s'appliquent pas aux boîtiers de LED ou modules seuls

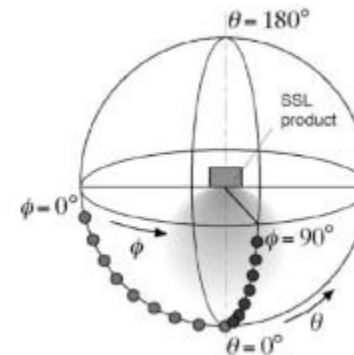
• Matériel de mesure concerné



Sphères intégratrices

Mesures concernées :

- Flux lumineux total
- Flux radiométrique : colorimétrie, spectre d'émission



Goniophotomètre

Mesures concernées :

- Intensité lumineuse
- Colorimétrie : IRC, CCT

Source : Expertenergy.com.au

COMPARAISON AVEC LA SPECIFICATION SORAA: MESURES EN SPHERE ET AU GONIOPHOTOMETRE

La lampe utilisée pour la comparaison est la Soraa vivid 3 MR16 GU5.3 3000K

On observe un léger écart entre les résultats de Soraa et ceux de PISEO, le plus souvent en faveur de Soraa.

Néanmoins, cette différence reste tout à fait acceptable et peut s'expliquer par la différence entre les échantillons mesurés et par les incertitudes des instruments de mesures.

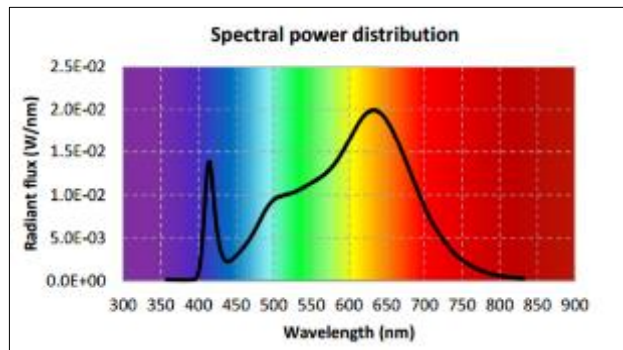
Élément mesuré	Mesures PISEO	Rapport LM-79 SORAA	Ecart
Flux lumineux nominal du luminaire ou système (lm)	406,4	410	0,9%
Efficacité lumineuse (lm/W)	50,4	52	3,1%
Puissance consommée du système (W)	8,06	7,9	-2,0%
Facteur de puissance	0,904	0,914	1,1%
Coordonnées chromatiques x ; y	0,4447 ; 0,4142	0,4399 ; 0,4000	-
CCT (K)	2954	2977	0,8%
IRC	95,8	96	0,2%
Beam Angle (°)	6,0	6,5	7,3%
Field angle (°)	10,4	10	-4,3%
Rf TM-30	92	90	-2,2%
Rg TM-30	97	100	3,0%
Ra TM-30	96,0	95	-1,1%

Résultats d'essais

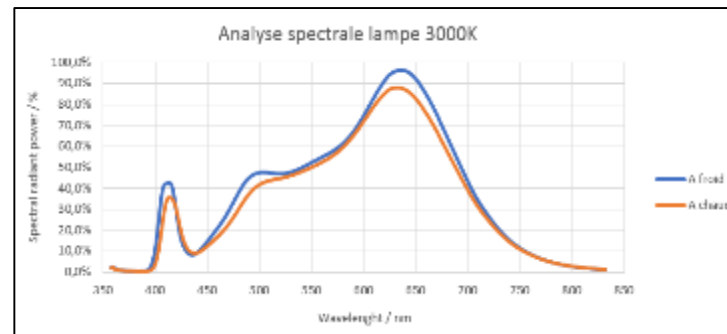
Comparaison avec la spécification Soraa : Spectres lumineux

- **Méthode de comparaison :**

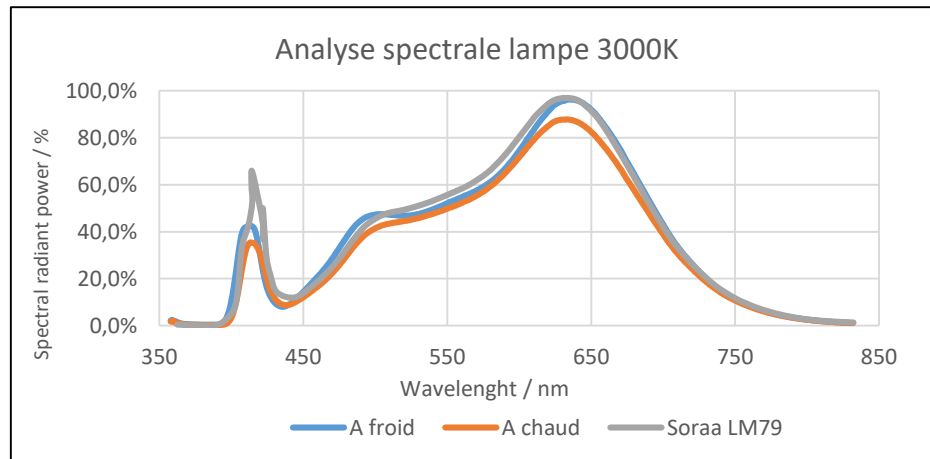
Nous avons récupéré le spectre d'émission fourni par Soraa, puis l'avons reconstruit pour le comparer sur une même échelle de valeurs avec les spectres à chaud et à froid mesurés en sphère chez Piséo :



Données Soraa



Données Piséo



Comparaison des spectres

- **Comparaison des spectres d'émission :**

Les spectres présentent tous 3 pics :

- Violet ~ 420 nm
- Vert ~ 500 nm
- Rouge ~ 620 nm

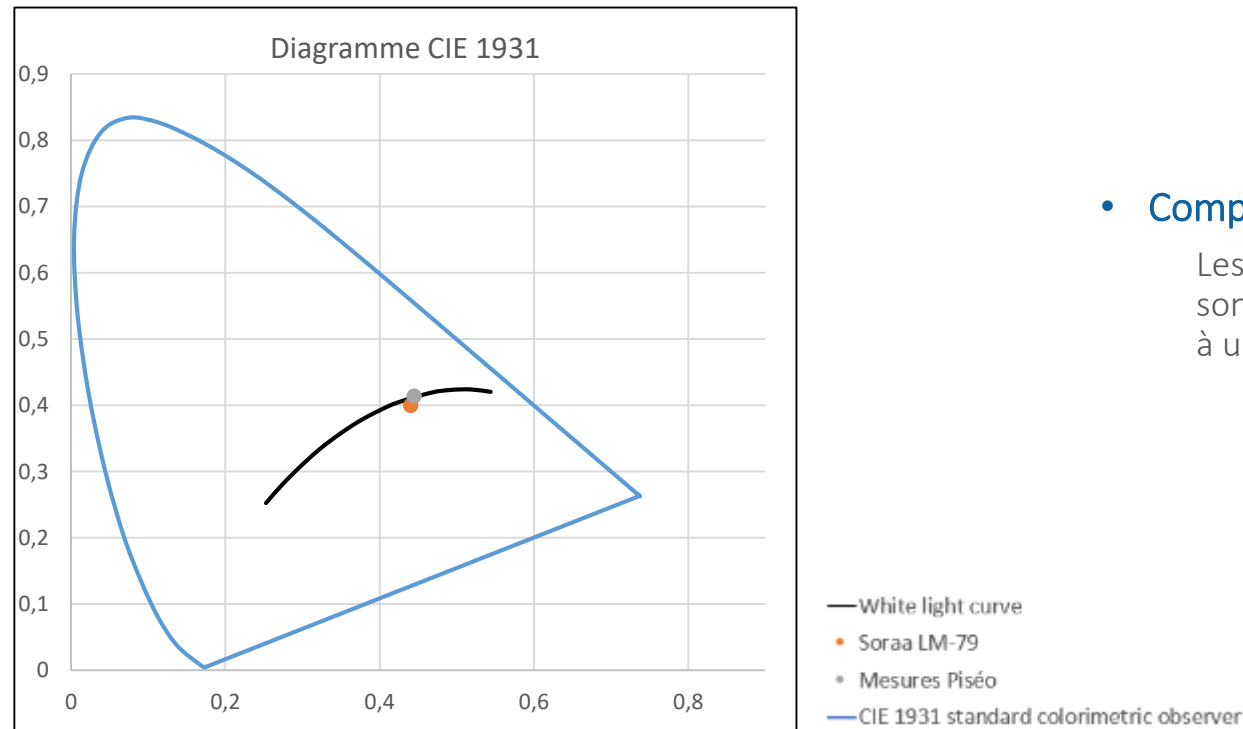
Cependant, le pic violet du spectre établi par la LM - 79 de Soraa est plus élevé que celui des spectres mesurés chez Piséo.

Résultats d'essais

Comparaison avec la spécification Soraa : Diagramme CIE 1931

- **Méthode de comparaison :**

Nous avons récupéré les coordonnées chromatiques fournies par Soraa, puis les avons intégrées à un diagramme CIE 1931 pour le comparer sur une même échelle de valeurs avec les données mesurées chez Piséo :



- **Comparaison :**

Les coordonnées chromatiques mesurées sont assez semblables, et correspondent bien à un blanc chaud.

Essai de fonctionnement à 6000h

Vieillessement des lampes : Description et conditions des essais

- **Description des mesures :**

Pour vérifier la durabilité dans le temps de la lampe, nous avons réalisé des essais de performance photométrique et colorimétrique après 2000h et après 6000h d'utilisation

L'essai de fonctionnement à 6000h permet de vérifier le maintien des caractéristiques essentielles de la lampe sur une durée suffisamment significative pour tirer des informations concernant les caractéristiques suivantes :

- Flux,
- Rendu des couleurs (IRC)
- Température de couleur (CCT)



Sphère 2m Instrument Systems ISP2000-124 VIS

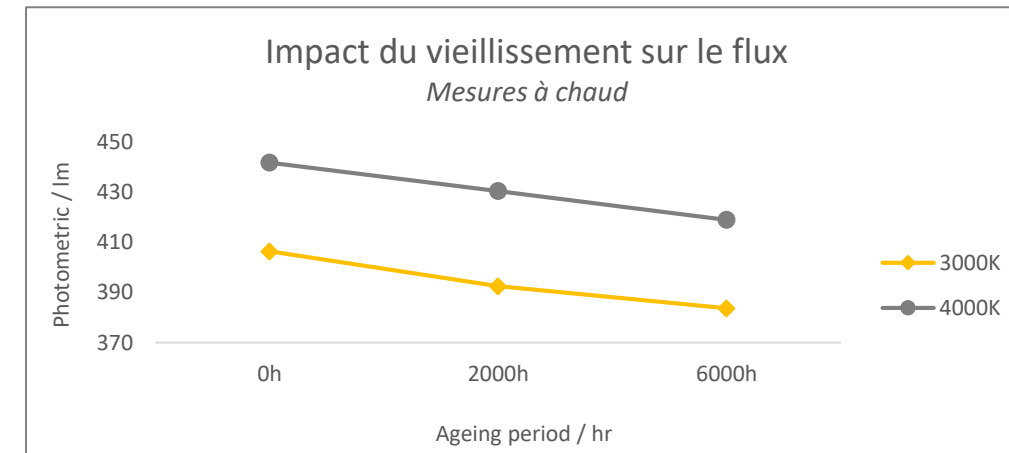
Essai de fonctionnement à 6000h

Vieillessement des lampes

- Evolution du flux :

Le flux des lampes Soraa Vivid Series diminue de façon régulière, mais importante au cours de son utilisation : jusqu'à plus de 5% après 6000h d'utilisation. Il s'agit d'une dépréciation élevée, plus importante que la moyenne des lampes LED

	Lampe	T	Flux	x	y	CCT	CRI	U	I	P	Ecart flux
0h	3000K	24,8	406,4	0,4447	0,4142	2954	95,8	12,1	739,3	8,1	0,00%
	4000K	24,7	441,8	0,381	0,3819	4024	96,3	12,0	727,2	7,9	0,00%
2000h	3000K	24,3	392,5	0,4449	0,4145	2953	96,2	12,0	736,5	8,1	3,42%
	4000K	24,3	430,5	0,3818	0,3824	4008	96,7	12,1	719,1	7,9	2,56%
6000h	3000K	25,11	383,7	0,4505	0,417	2885	96,7	12,0	666,6	8,0	5,59%
	4000K	24,74	419	0,3902	0,3898	3845	97,3	12,0	647,1	7,8	5,16%



- CCT et IRC :

L'IRC et le CCT sont peu influencés par le vieillissement des lampes. L'IRC s'améliore même avec le temps

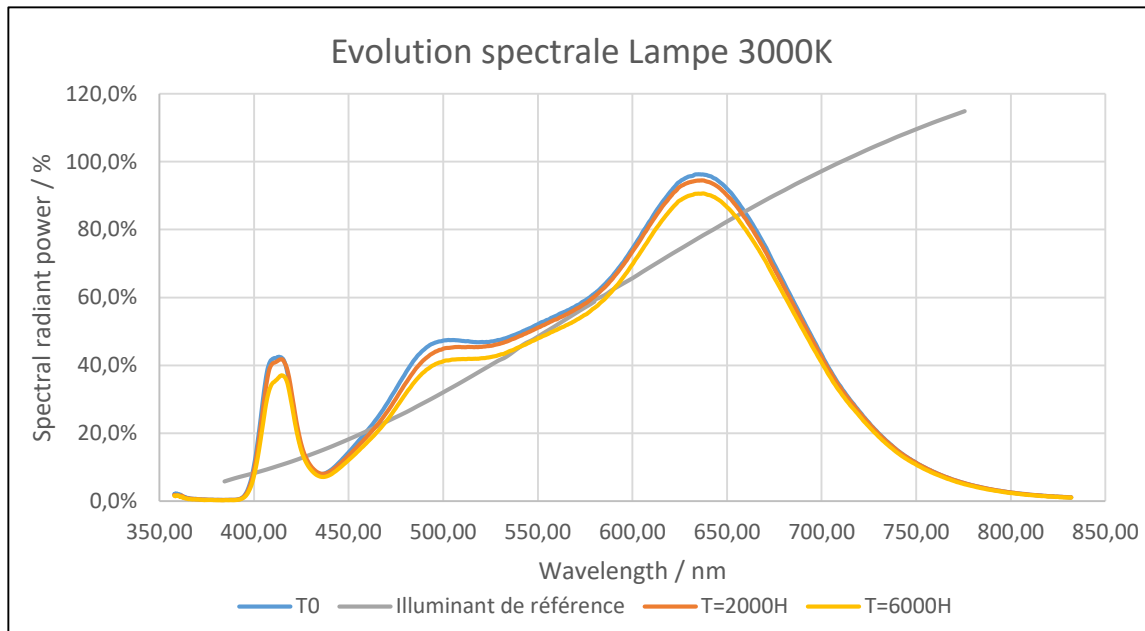


La stabilité dans le temps de la lampe Soraa Vivid 3 MR16 GU5.3 est plutôt décevante.
La dépréciation de flux est relativement importante pour ce genre de lampes

Essai de fonctionnement à 6000h

Vieillessement des lampes : Evolution spectrale

Soraa Vivid 3 MR16 GU5.3 3000K

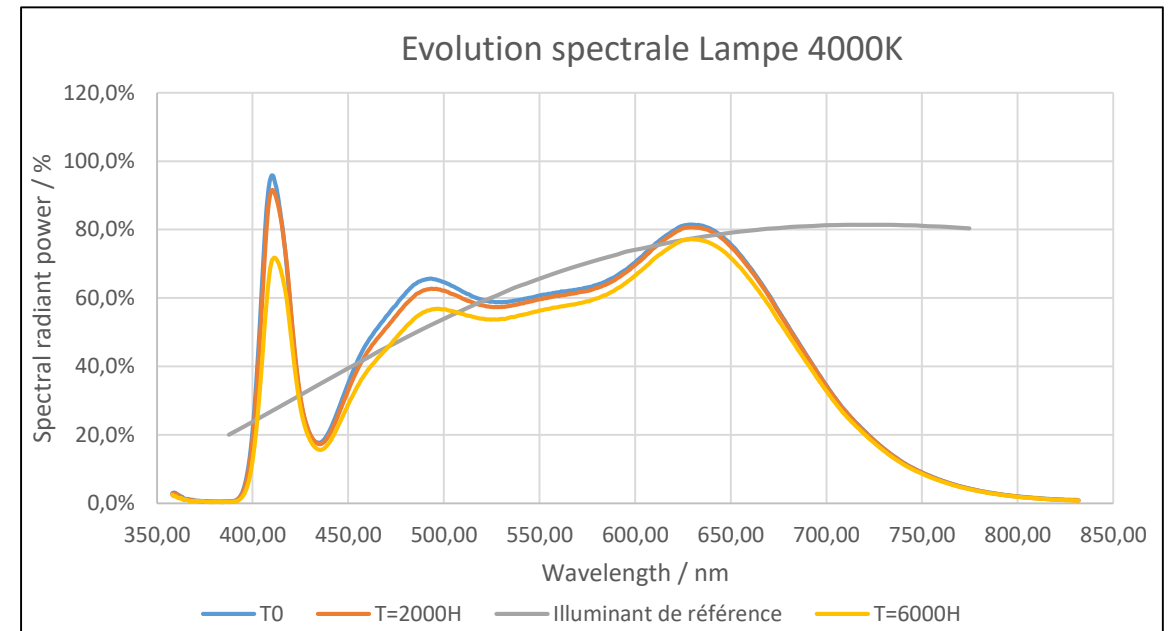


On note peu d'évolution du spectre de la lampe 3000 K lors de son vieillissement.

Sa température de couleur variera peu au fur et à mesure de son utilisation. La légère réduction du pic violet rendra la lampe légèrement plus chaude.

L'IRC de la lampe sera sûrement légèrement meilleur après 2000 et 6000 h d'utilisation car son spectre est plus proche de l'illuminant de référence

Soraa Vivid 3 MR16 GU5.3 4000K



Le spectre de la lampe évolue peu après 2000h d'utilisation.

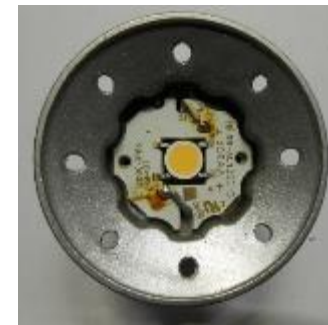
Après 6000h, on note une nette diminution du pic violet, ce qui va entraîner une diminution de CCT et la température de couleur de la lampe sera donc plus chaude.

L'IRC de la lampe sera sûrement légèrement meilleur après 2000 et 6000 h d'utilisation car son spectre est plus proche de l'illuminant de référence

Analyse structurelle

STRUCTURE GENERALE DU COMPOSANT

- Cette lampe respecte le format GU5.3
- Le corps du produit supporte des formes fines, pouvant constituer des ailettes de refroidissement.
- La face avant est constituée par une pièce optique de structure complexe. Celle-ci comprend une zone centrale opaque et une zone périphérique striée et présentant un effet moiré.
- La source de lumière est placée sous le composant optique, et est constituée d'un LED de type Chip-On-Board (COB), rapporté sur un circuit imprimé fixé au boîtier et sur lequel sont soudés deux fils souples.
- Sous la source de lumière se trouve le circuit imprimé supportant les fonctions électroniques de conversion d'alimentation, protégé par une résine souple. Le connecteur deux voies GU5.3 est câblé sur le PCB et inséré dans la partie inférieure du boîtier



Analyse structurelle

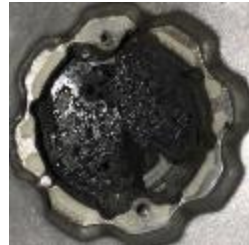
LIAISONS ENTRE COMPOSANTS ET ASSEMBLAGE DU PRODUIT



Connecteur GU5.3



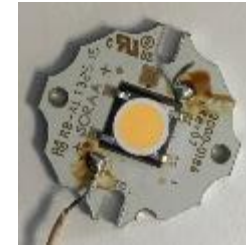
Boitier



Profil en résine



Circuit imprimé



PCB + COB



Collimateur TIR RXI

- Le PCB Driver et le connecteur sont insérés dans le corps du boîtier jusqu'en butée, puis résinés. Le corps du produit supporte des formes fines, pouvant constituer des ailettes de refroidissement.
- Le PCB LED est posé sur un épaulement du boîtier et fixé à l'aide de deux vis. La liaison thermique est assurée par contact et par une pâte thermique localisée sur cet épaulement. Les lumières latérales laissent passer les câbles souple provenant du PCB Driver, de façon à les souder au fer dans le produit
- Le collimateur est fixé par clippage sur le boîtier

Corrélation performances / construction

I. Analyse spectrale

- Comparaison avec une LED traditionnelle 450nm
- Comparaison avec l'illuminant de référence
- Impact de l'architecture de la source

II. Optique

- Collimateur
- Source utilisée
- Profil d'émission

III. Thermique

- Calcul de température de jonction
- Lien entre l'échauffement et la structure

IV. LED

- Luminance
- Uniformité
- Nombre de dies

V. Analyse critique de l'assemblage

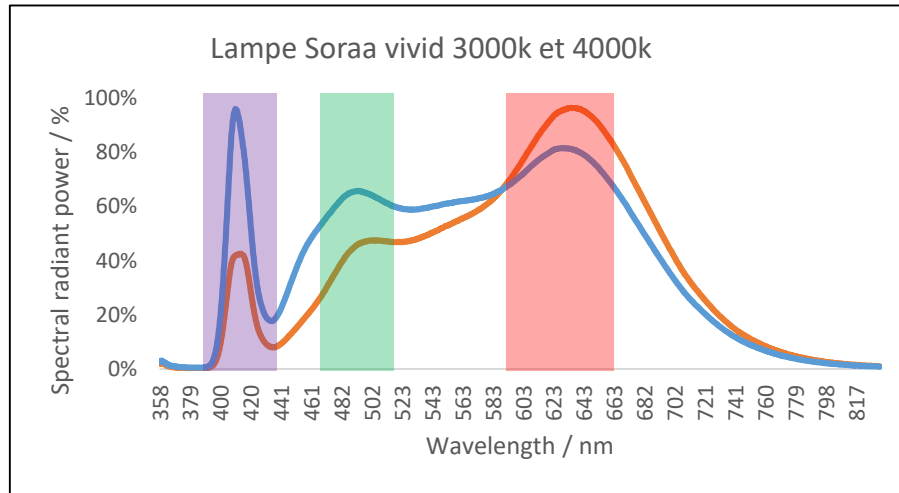
- Synoptique d'assemblage
- Qualité de l'électronique

VI. Benchmark avec des produits comparables

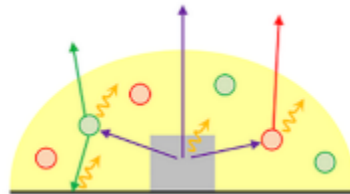
Analyse spectrale

Impact de l'architecture de la source

- Conséquence de l'architecture de la source sur la forme du spectre lumineux



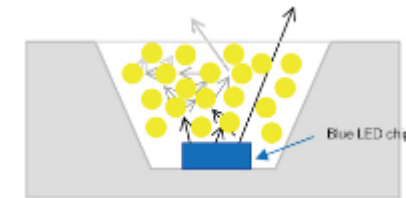
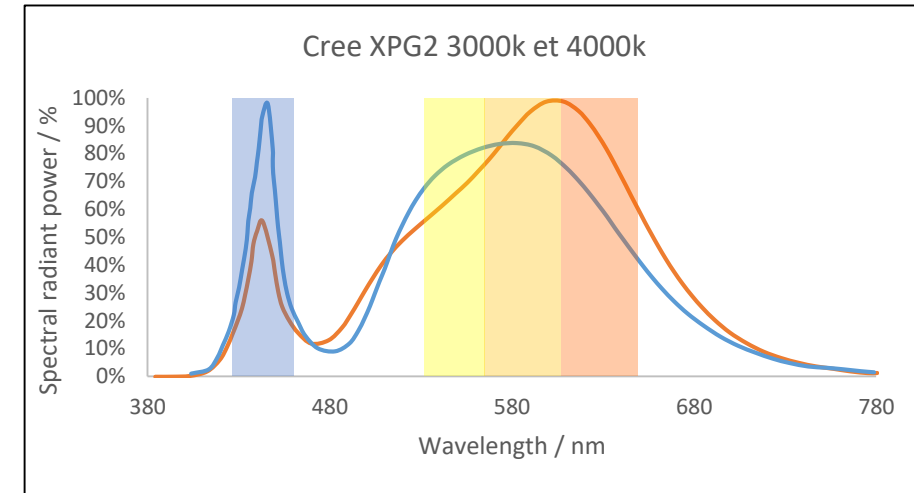
Source : Soraa



Les 3 zones caractéristiques de la lampe Soraa sont dans les zones de couleurs : violette, bleue et rouge

Ceci s'explique par la structure de la source qui est constituée ainsi :

- LED Violette
- Mélange de particules de phosphores verts et de particules de phosphores rouges



Source : www.neg.co.jp

Les 2 zones caractéristiques des LED Cree sont dans le bleu et l'orangé – rouge

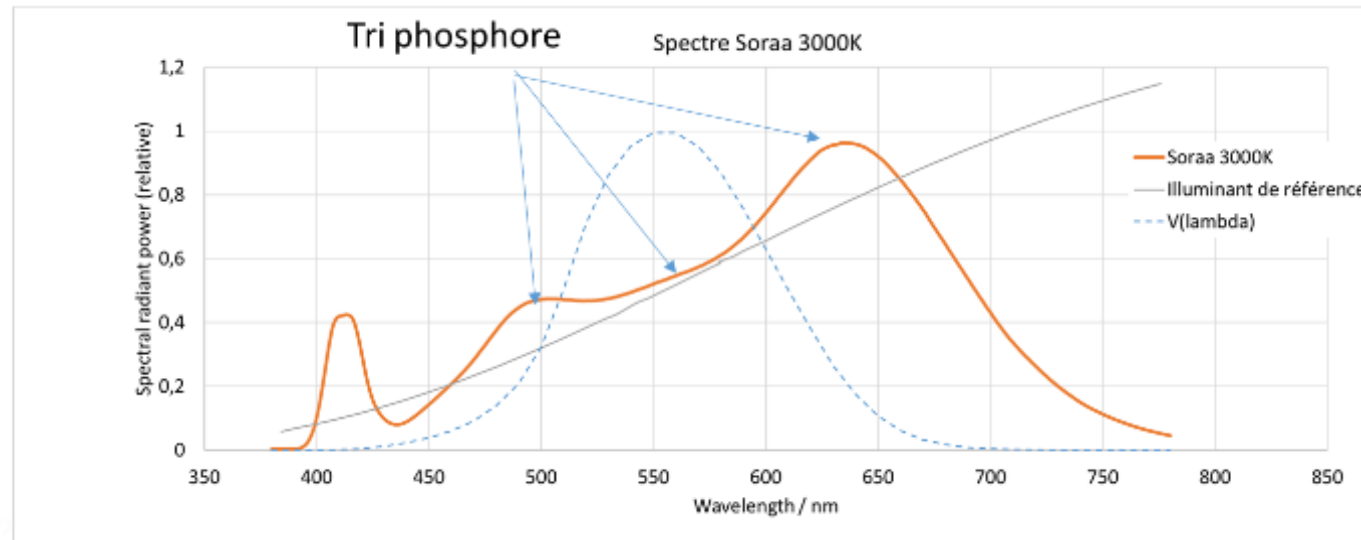
Ceci s'explique par la structure de la LED qui est constituée ainsi :

- LED bleue
- Phosphore jaune YAG

Analyse spectrale

ANALYSE SPECTRALE

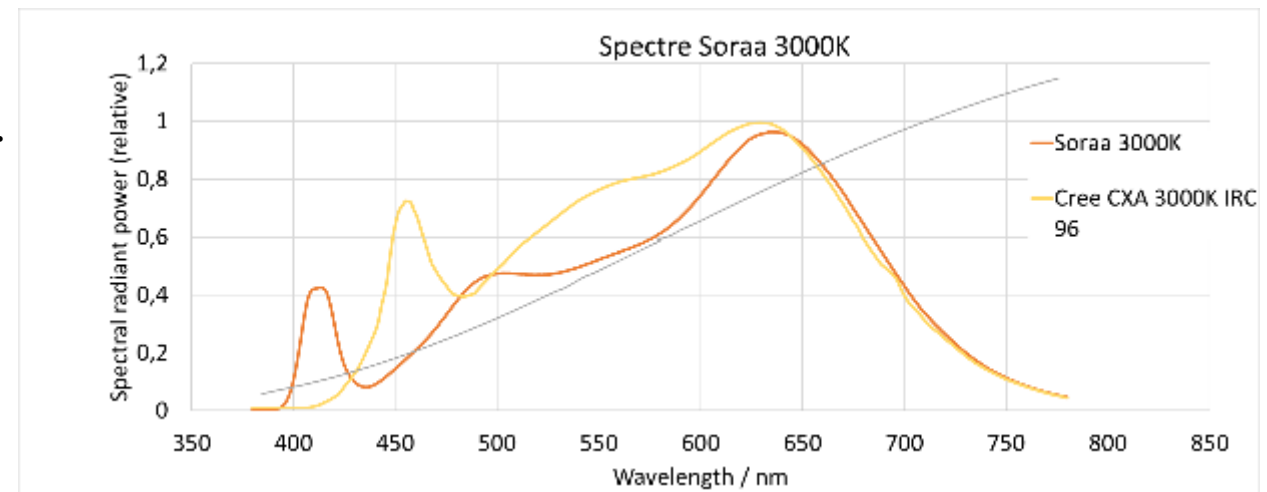
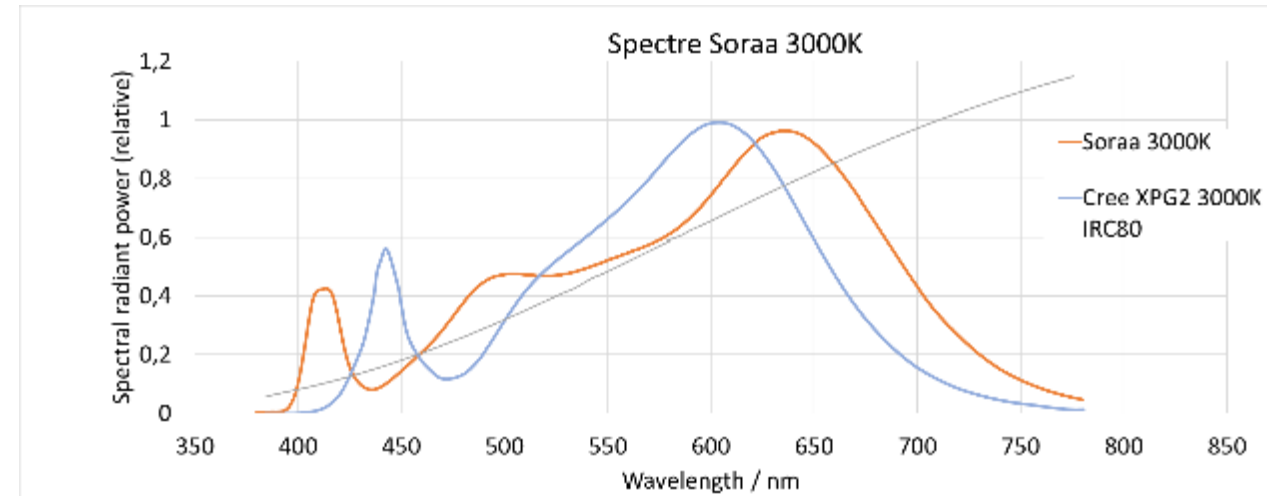
- Le rendu de colorimétrique de grande qualité (IRC 96) est obtenu au moyen d'un mélange de luminophores (probablement trois : vert, jaune et rouge) qui étale largement le spectre.
- La composante d'excitation, centrée sur une longueur d'onde de 405nm, participe peu au rendu colorimétrique et photométrique et représente une énergie perdue. Elle est éventuellement compensée par de meilleurs taux de conversion des luminophores.
- Le rendu spectral suit d'assez près la forme de l'illuminant de référence dans la partie où l'œil est le plus sensible (460nm – 680nm)
- Cette solution spectrale permet de disposer d'un spectre étalé et riche en composantes participant au rendu colorimétrique



Analyse spectrale

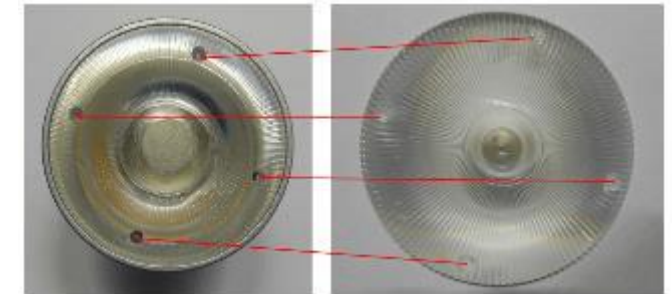
COMPARAISON AVEC TECHNOLOGIE LED « 450nm »

- La comparaison avec une LED d'indice plus faible (XPG2 3000K IRC 80), représentative d'une technologie de grande diffusion, montre que le spectre de la lampe Soraa comble les lacunes des plages situées autour de 480nm et au dessus de 7650nm
- La lampe Soraa 3000K est comparée à une LED d'indice élevé (CREE CXA IRC 96) de technologie classique basée sur un enrichissement des composants rouges d'un phosphore type YAG.
 - On constate une grande similitude dans la réponse spectrale située au dessus de 650nm.
 - Les comportements sont différents en dessous de 500nm. La lampe Soraa utilise la conversion d'un luminophore pour produire des photons dans la plage située autour de 480nm, alors que la LED CREE bénéficie de l'étalement de la LED d'excitation, poussée à 460nm dans ce cas.



ANALYSE DU COLLIMATEUR (1/2)

- L'optique de la lampe consiste en un collimateur de type TIR (Total Internal Reflection) RXI (R pour « Refraction », X pour « Reflection », I pour « total Internal reflection »). Il s'agit d'une optique plutôt rare dont les caractéristiques permettent de gagner en épaisseur et en capacité de mixage.
- Contrairement aux collimateurs TIR conventionnels, qui sont partiellement métallisés, l'optique utilisée par Soraal est entièrement en plastique (probablement en PMMA). En l'absence de métal, un système de rainures sur la surface inférieure du collimateur, assure deux réflexions totales internes des rayons au sein de l'optique.
- Parcours de la lumière dans le collimateur
 - En sortie de la source, la lumière est réfléchiée une première fois sur la surface supérieure de l'optique, puis redirigée vers l'intérieur du collimateur où elle se réfléchira une seconde fois avant propagation.
 - Ce procédé permet de centrer le faisceau autour de l'axe central. C'est ce qui explique l'étroitesse du faisceau de la lampe en question (10°).



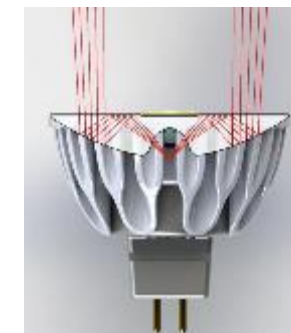
Points de fixation du collimateur



Collimateur de type TIR RXI de la lampe Soraal



Vue de détail des rainures

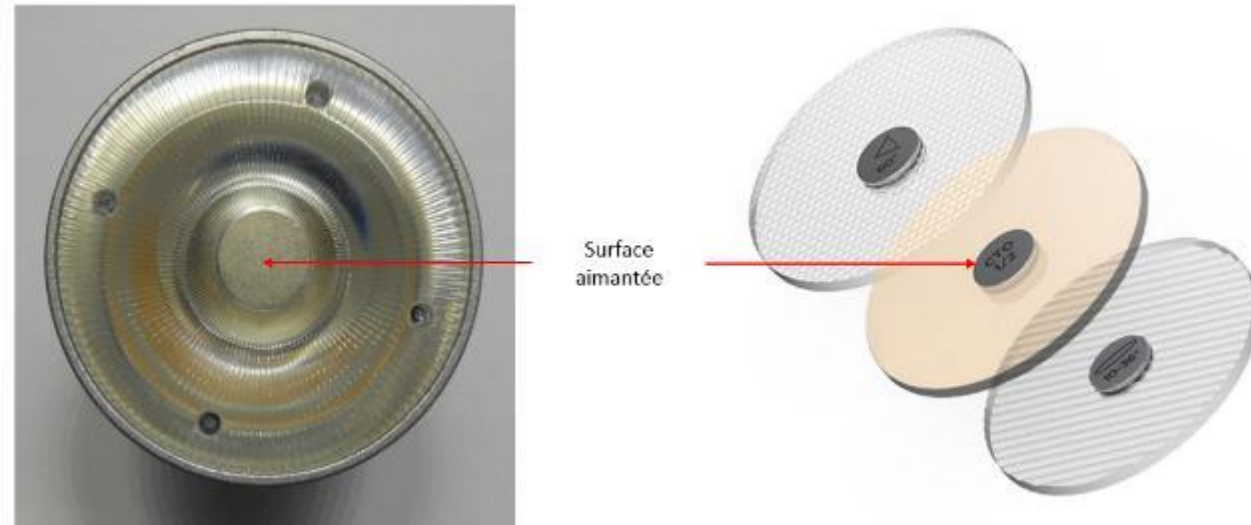


Réflexion des rayons lumineux par le collimateur à réflexion totale interne

(Source : www.archlighting.com)

ANALYSE DU COLLIMATEUR (2/2)

- Dans le cas particulier de ce produit, les avantages de cette technologies sont :
 - d'avoir un facteur de forme adapté à la configuration géométrique du produit.
 - D'assurer une répartition uniforme des couleurs dans le faisceau, participant ainsi à la qualité colorimétrique globale du produit
- Personnalisation du faisceau et de la température de couleurs :
 - On observe la présence d'un cercle métallique au centre du collimateur. Cet élément peu ordinaire permet d'attacher un diffuseur ou une plaque optique supplémentaire sur l'optique standard pour transformer le faisceau et/ou la température de couleur de la lampe.

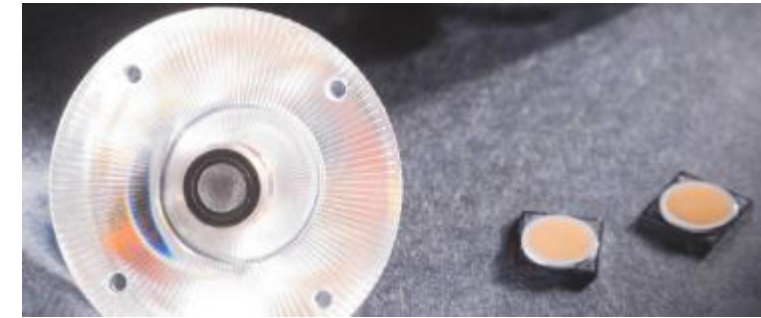
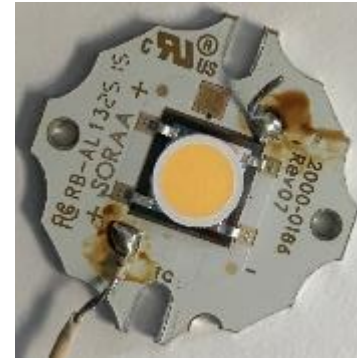


Aimant central pour fixer un nouveau diffuseur et/ou une nouvelle optique

CIRCUIT IMPRIME LED

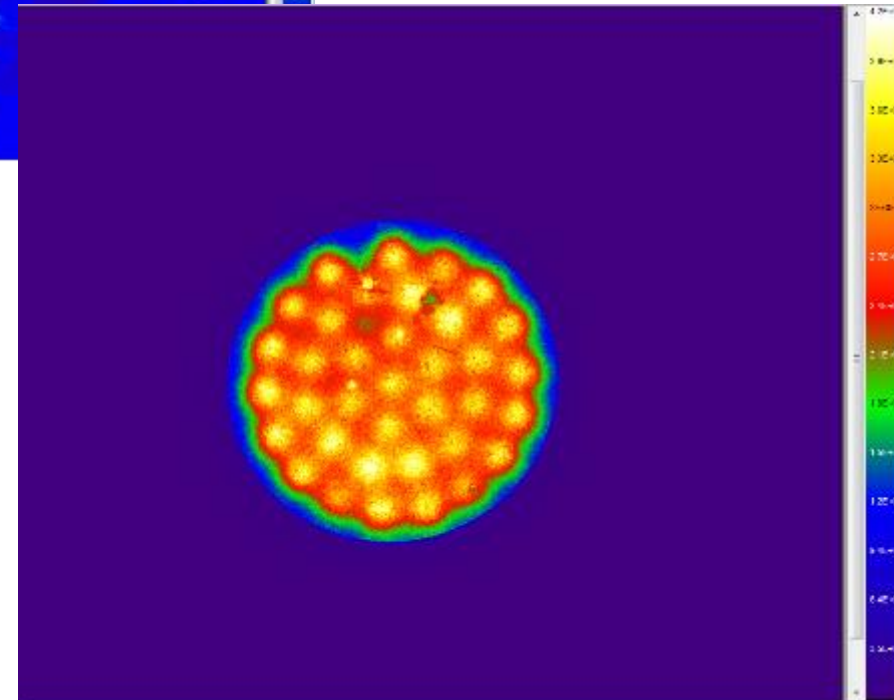
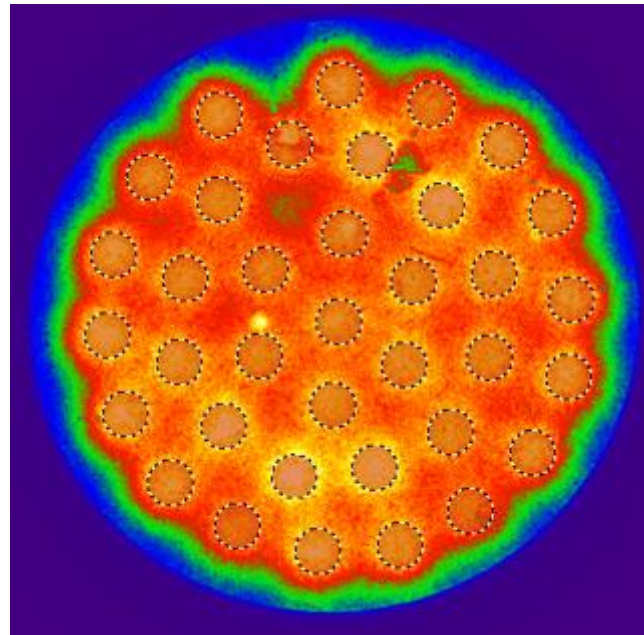
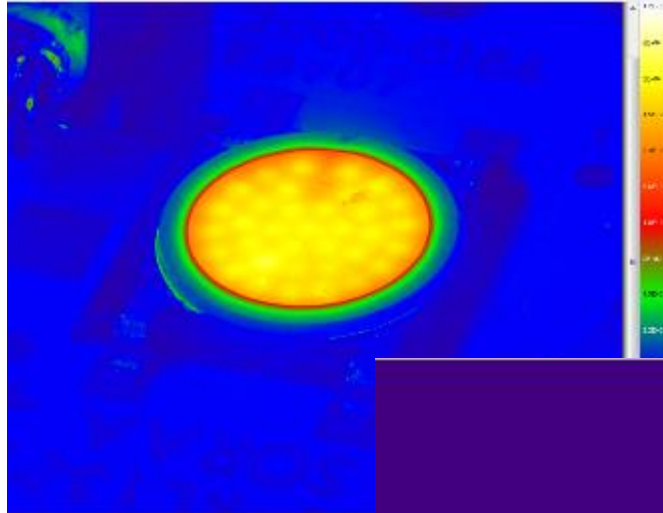
- La source lumineuse est une LED de type Chip-On-Board
 - Diamètre de la surface d'émission : 7,5mm
 - Densité surfacique de lumen: entre 12 et 15lm/mm², ce qui situe ce composant dans la moyenne des CoB pour cette dimension.

- Le composant LED est placé sur un PCB de type Metal Core Aluminium.
 - Le raccordement électrique est réalisé au moyen de 4 rubans câblés sur les pistes du PCB et sur les plots du composant LED.
 - La technologie de câblage n'est pas identifiée, il peut s'agir de collage ou de microsoudure électrique.
 - Le PCB reçoit les câbles souples de l'électronique de pilotage (brasure au fer)



SOURCE LED

- La source lumineuse contient 36 LED
 - Les LED sont réparties de façon homogènes, comme le montre les mesures de luminance, et sont recouvertes par un matériau composite contenant les luminophores dispersés dans une résine
 - La répartition de luminance est très homogène. L'écart entre les luminances de chacune des 36 sources est inférieur à 20%.



Mesure de luminance sur la lampe Sora vivid 3000 K

Uniformité de la source COB Sora

Zone d'analyse : 3000 pixels

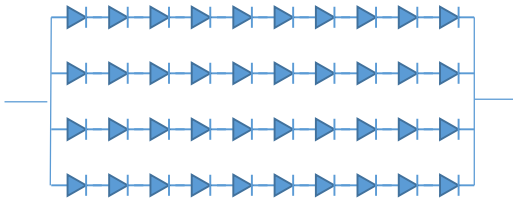
Luminance min : 292 000cd/m²

Luminance max : 370 000cd/m²

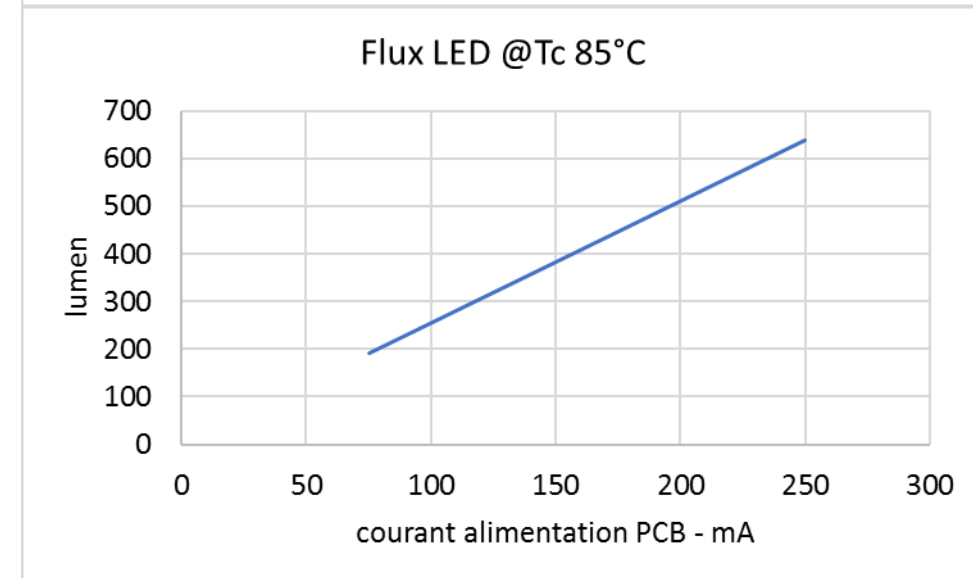
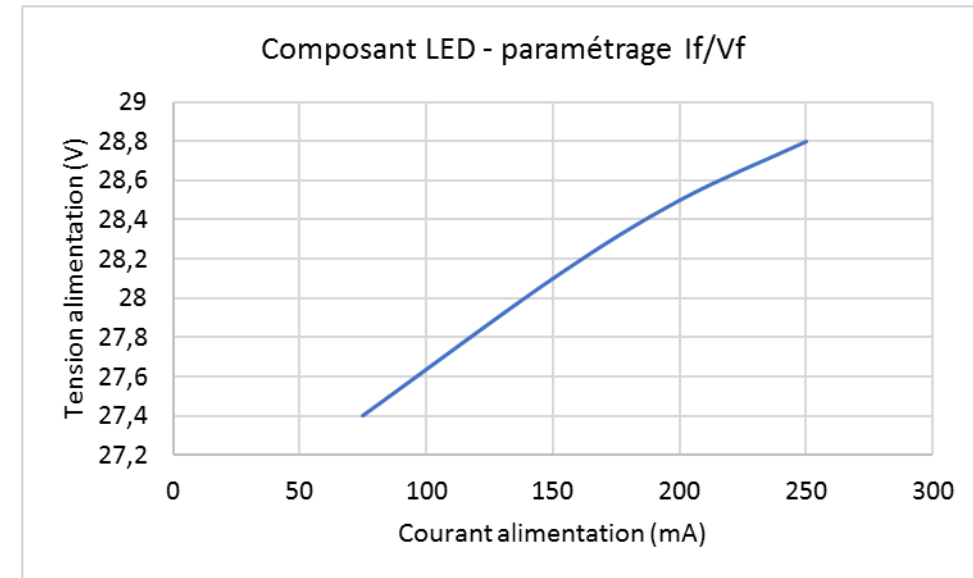
Luminance moyenne : 332 000cd/m²

SOURCE LED (2/2)

- Point de fonctionnement électrique
 - L'organisation électrique supposée à l'intérieur du composant est de type 4 branches série de 9 LED en parallèle.



- La tension de seuil de l'ensemble du composant est d'environ 26V.
- Le courant d'alimentation du composant est de l'ordre de 200mA à 250mA
- La puissance du composant est de l'ordre de 6-7W
- Dans les conditions de fonctionnement mesurées, l'extrapolation de ces données permet d'estimer dans le produit un flux de 650lm et une efficacité de 90 lm/W en sortie du composant LED.



Paramétrages de la lampe Soraivid 3000 K

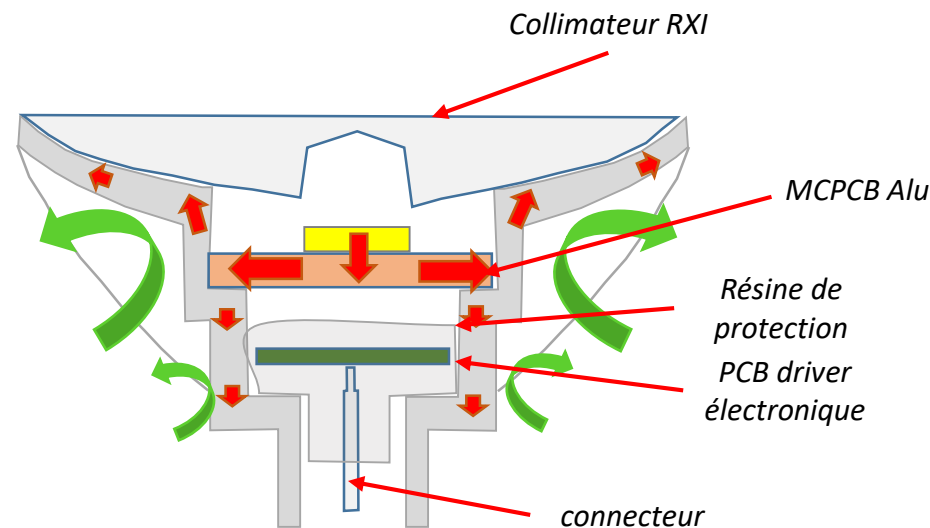
Thermique

DISSIPATION THERMIQUE

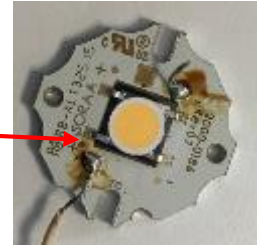
- Mécanisme de dissipation thermique et d'échange
 - L'énergie thermique émise par le composant LED est conduite à travers le PCB Alu
 - Elle est transmise au corps principal du produit par contact du PCB sur une portée interne.
 - Le contact est sécurisé par la présence d'une pâte thermique
 - L'échange convectif avec l'extérieur est assuré par la surface d'échange du produit, augmentée par la présence d'ailettes sur le pourtour.

Schéma de principe de dissipation thermique

Conduction thermique ↑
Echanges convectifs ↻



MCPCB Alu



Épaulement en contact avec le PCB



Ailettes de refroidissement



Thermique

MODELE THERMIQUE

- Schéma de principe et hypothèses

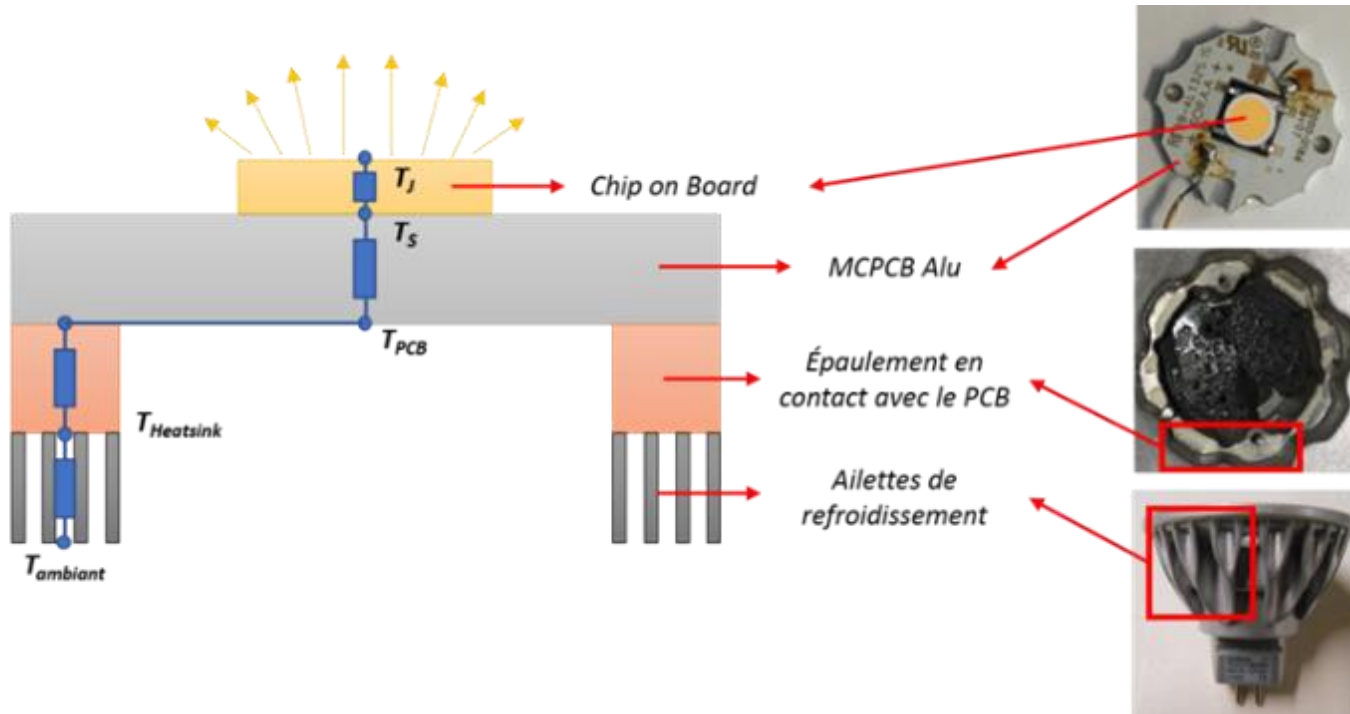
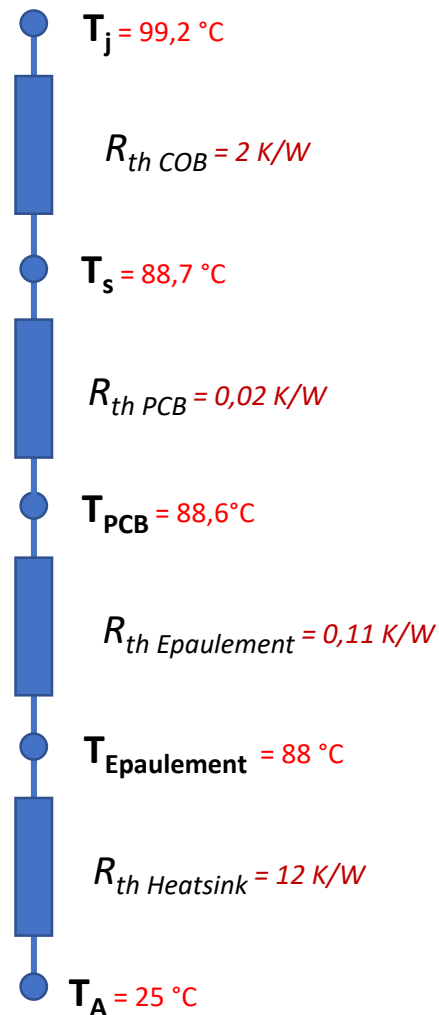


Schéma de principe thermique

- On néglige le support entre le CoB et le PCB : on considère donc que le CoB est en contact direct avec le PCB en aluminium
- Le PCB est fixé au support par une pâte céramique : cette pâte sera modélisée par un anneau d'épaisseur 2 mm et 4 mm de largeur
- La pâte repose sur le boîtier de la lampe, associé aux ailettes de refroidissement sur le schéma thermique

Estimation de la Température de Jonction

- Schéma thermique



- Hypothèses / données de calcul

CoB :

- $R_{th} = 2\ \text{K/W}$
- $T_{j\ max} = 125^\circ$
- Diamètre = 7.8 mm
- Epaisseur = 0.6 mm

Epaulement :

- $K_{th} = 110\ \text{W/m/K}$.
- Alliage métal / résine
- $R_{th} = 0.11\ \text{K/W}$
- Diamètre intérieur = 24 mm
- Diamètre extérieur = 28 mm
- Epaisseur = 2 mm

MCPCB :

- Aluminium
- $R_{th} = 0.02\ \text{K/W}$
- Diamètre = 28 mm
- Epaisseur = 2 mm

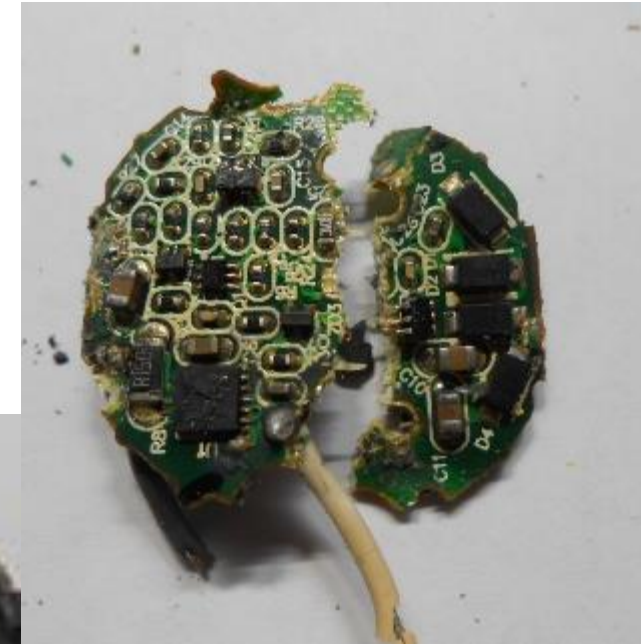
Puissances :

- $P_{\text{électrique}} = 7.5\ \text{W}$
- $P_{\text{thermique}} = 5.25\ \text{W}$

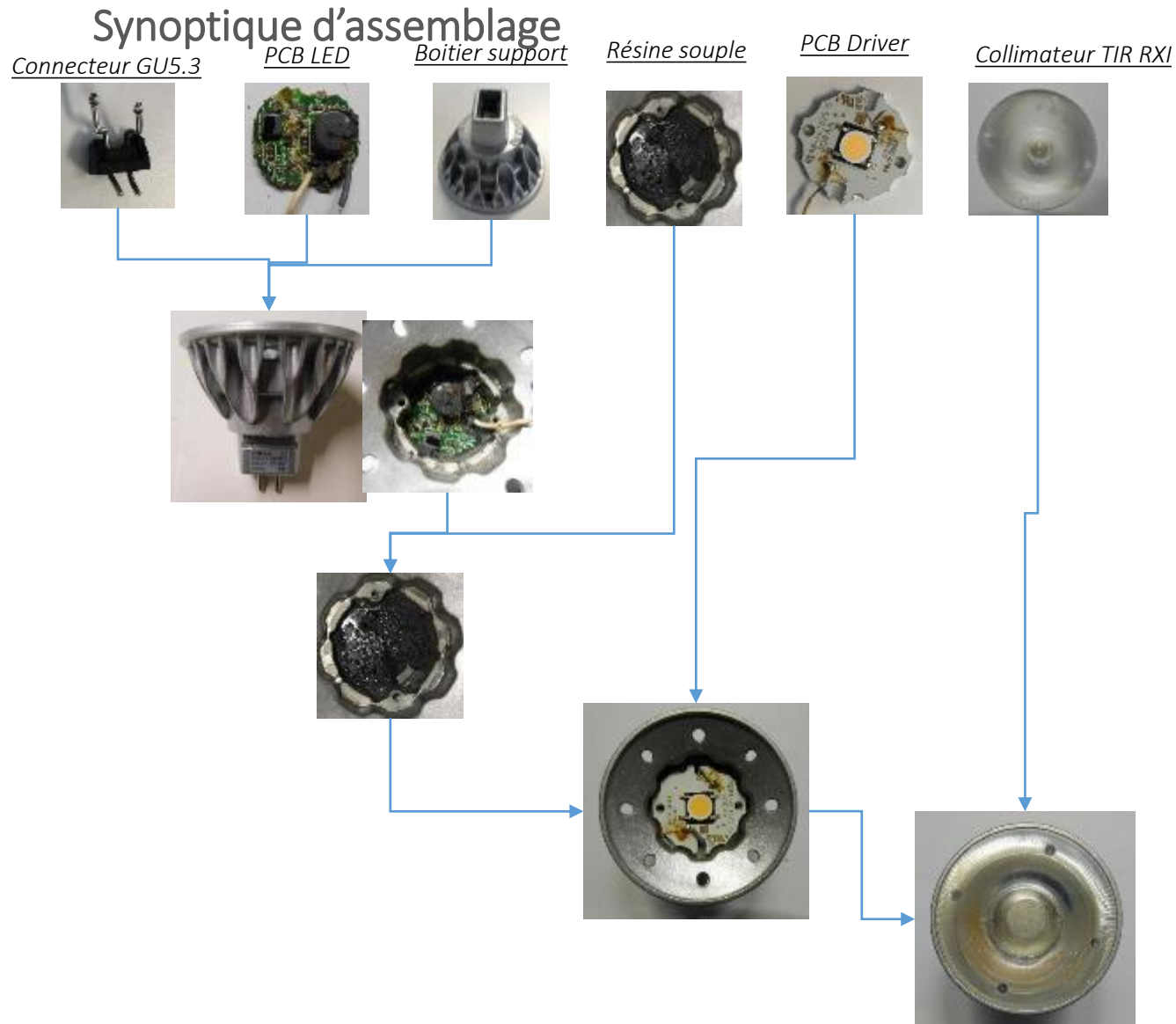
- L'estimation de la température de jonction dépend de la valeur de résistance thermique du boîtier du COB.
 - En prenant comme hypothèse celle d'une valeur moyenne d'un COB compact de dimension et puissance comparable (ex. LUXEON COB 206), on estime T_j autour de 100°C
 - Cette valeur est inférieure aux T_j max constaté pour ce type de composant.
- Selon ce schéma, les mécanismes de conduction internes sont efficaces et compensent le faible échange thermique entre le boîtier et l'air ambiant.
 - La température en surface de boîtier est élevée

PCB Electronique

- Le PCB électronique supporte les fonctions de conversion de l'alimentation du 12V AC en courant DC sous 26V stabilisé
- Il s'agit d'un circuit double face en époxy FR4, compact, et équipé de nombreux composants passifs
 - A la différence de la plupart des circuits électroniques de lampe GU5.3, ce PCB ne comporte pas de capacité chimique. Cela réduit les risques de défaillance à long terme.
 - A contrario, le nombre élevé de composants passifs pourrait augmenter la probabilité de défaillance
 - On note la présence d'une capacité céramique en boîtier de grande dimension (I210)



Analyse critique de l'assemblage



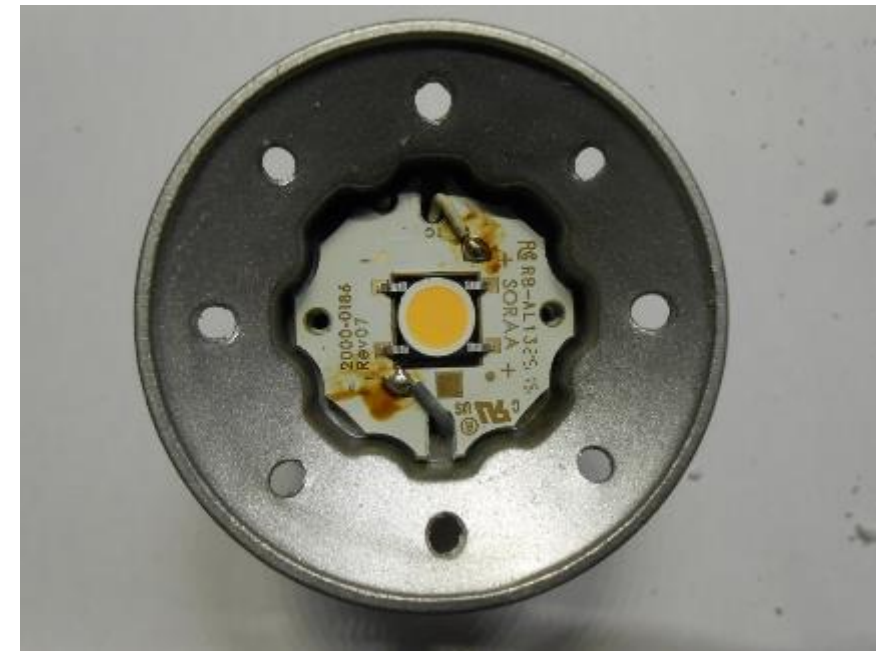
Etapes d'assemblage

- L'assemblage de ce produit fait appel à des opérations d'assemblage de composant, des opérations de soudage électrique et des opérations de résinage.
- Le principe de fabrication supposé consiste à intégrer les composants dans le boîtier en partant du connecteur et en remontant vers le collimateur
 - Sous-ensemble électronique : câblage du connecteur surmoulé sur le PCB driver
 - Insertion du sous-ensemble électronique dans le boîtier principal.
 - Résinage
 - Insertion du PCB LED en butée sur l'épaulement du support en plastique / Liaison à l'aide de pâte minérale et de vis / Soudure des câbles reliés au PCB driver
 - Clippage de l'optique sur le support en plastique à l'aide de picots

Analyse critique de l'assemblage

Maitrise de la qualité et de la performance

- La performance et la qualité du produit dépendent en partie de la maîtrise des chaînes de cote entre les composants : LED et Optique, notamment en hauteur et en alignement
- La positionnement en hauteur est assuré par la mise en butée des deux composants LED et collimateur sur le boîtier
- L'alignement fait intervenir plusieurs éléments de chaîne de cote, induisant
 - Centrage LED sur PCB LED
 - Positionnement des vis et centrage PCB LED dans le boîtier
 - Centrage du collimateur dans le boîtier
 - Tolérances internes du boîtier.
- Le concepteur a probablement réduit le diamètre de la LED pour la rendre compatible avec les contraintes d'installation , limitant les performances en flux ou efficacité



Justification du dimensionnement

- Ce produit résout une contradiction à plusieurs entrées
 - Être compatible avec des dimensions externes imposées
 - Qualité de faisceau : ouverture réduite
 - Qualité de lumière : IRC élevé
 - Intensité dans l'axe élevée
 - Efficacité : limiter la puissance
- Pour cela, il utilise :
 - un mode de conversion spectral original, consistant en une conversion du violet vers un étalement large
 - Un collimateur perfectionné, permettant de diriger un faisceau très étroit dans un volume réduit
- En contrepartie, cela oblige à
 - Concevoir et développer un composant LED adapté à la dimension du collimateur
 - Accepter une efficacité intrinsèque moyenne du composant LED
 - Limiter le flux sortant du fait des limites de refroidissement imposées par la dimension externe du produit

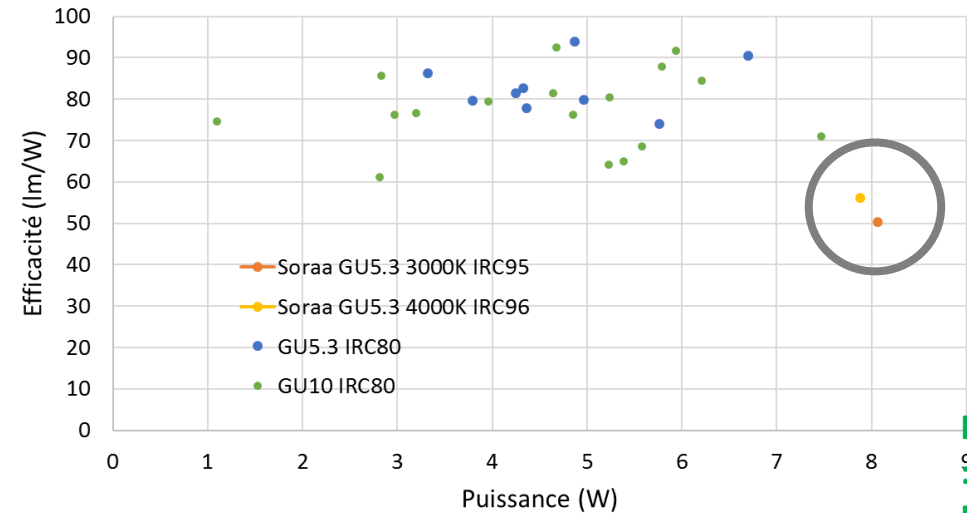


Benchmark du produit

Comparaison avec des lampes GU5.3 et GU10

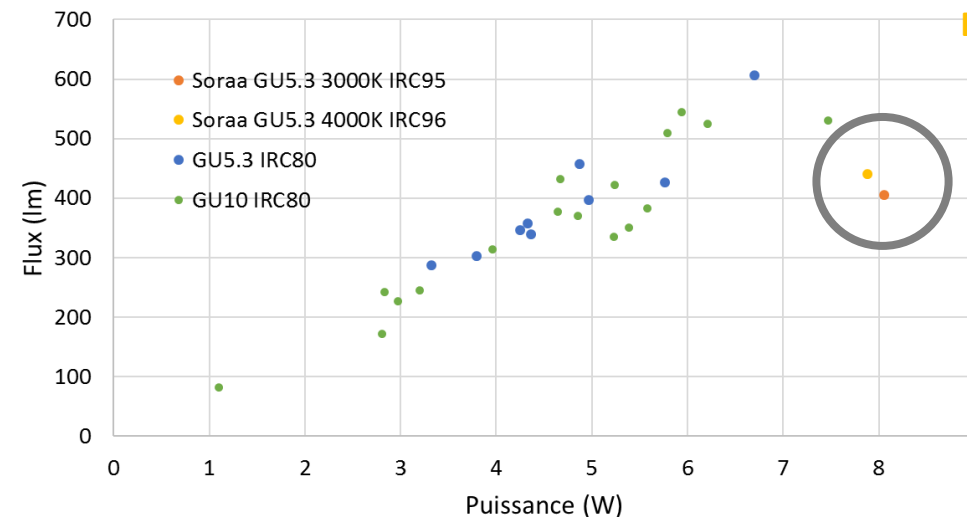
- Il existe peu de lampes GU5.3 sur le marché possédant les mêmes caractéristiques : IRC95, faisceau étroit. Nous avons comparé ces performances avec des lampes du marché de même facteur de forme (GU5.3, GU10)
- Dans cette catégorie, les lampes Soraa sont les seules à apporter ce niveau de qualité de lumière et un faisceau étroit. Les autres composants ont un IRC80 et une ouverture comprise entre 30° et 100°.
- Le positionnement en puissance / efficacité des lampes Soraa est moins performant que les autres lampes GU10 / GU5.3.

Positionnement lampes Soraa Vivid 3000K et 4000K



Fonctions uniques
: ouverture 10°,
IRC95, Rf92

Positionnement lampes Soraa Vivid 3000K et 4000K



Puissance élevée
Efficacité réduite

Positionnement et utilisation

- Avantages et inconvénients
- Cas d'utilisation
- Synthèse

Positionnement et utilisation

Avantages et inconvénients

Avantages	Inconvénients
Indice de rendu des couleurs > 95	Efficacité faible
CCT et IRC stables dans le temps	Echauffement important
Faisceau de bonne qualité	Système de refroidissement à améliorer
Bon mixage des couleurs par l'optique	Dépréciation de flux au fur et à mesure de l'utilisation
Personnalisation de la température de couleur et du faisceau	

Positionnement et utilisation

Cas d'utilisation à privilégier

Propriétés de la lampe	Cas d'utilisation
Source unique	Remplacement de sources halogènes MR16
CBCP élevé	
Faisceau propre sans défaut	
Faisceau très resserré	Spotlighting / Lumière d'accentuation
Rendu des couleurs élevé	Mise en valeur d'objets / Magasins de luxe / Showroom / Musées : mise en valeur d'œuvres d'art



Grâce à son faisceau étroit, et à son Indice de rendu des couleurs élevé, la lampe Soraa Vivid MR16 GU5.3 peut-être utilisée comme lumière d'accentuation et de mise en valeur d'objet.

Elle est déjà largement présente dans le domaine du luxe, pour la mise en valeur de vêtements, sacs, chaussures, ainsi que dans les musées, pour un rendu plus fidèle des toiles de maître et autres objets d'art.

Sources : Philips, Orbitec, Leroy Merlin, Soraa

Synthèse et conclusion

- **Points forts :**

Les résultats de mesures des lampes Soraa MR16 GU5.3 vivid 3 sont globalement satisfaisants. Elles possèdent un spectre riche, un indice de rendu des couleurs supérieur à 95 Ra et leur consommation énergétique est plutôt faible (< 10W).

Les informations données dans la documentation technique de Soraa sont respectées, voire même dépassées en ce qui concerne le flux à T0, et la valeur d'IRC.

- **Points faibles :**

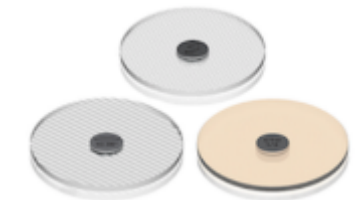
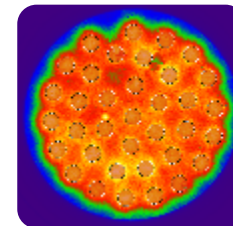
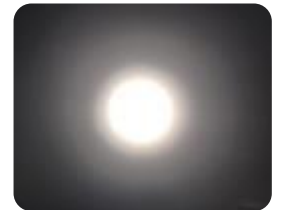
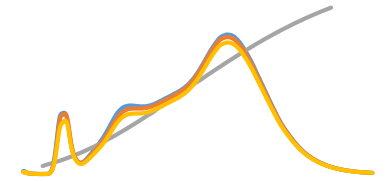
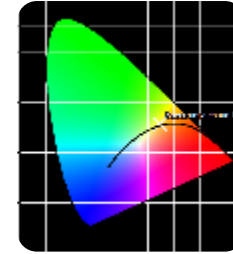
Le principal défaut de l'ampoule Soraa MR16 GU5.3 est sa faible efficacité ($\approx 50 \text{ lm/W}$).

De cette faiblesse découle un échauffement important de la lampe, qui se traduira malheureusement, par une perte de flux important sur le long terme. En effet, elle perdra plus de 5% de son flux lumineux après 6000h d'utilisation, ce qui est supérieur à la moyenne des lampes à LED de type MR16 GU5.3.

- **Conclusion :**

L'étroitesse ($< 10^\circ$) et la pureté de son faisceau orientent la lampe Soraa vers des utilisations en tant que Spotlighting et lumières d'accentuation. Son rendu des couleurs impeccable et son faible angle de faisceau mettront parfaitement en valeur les objets divers et les œuvres d'art.

Enfin, la personnalisation de la gamme de lampes Soraa grâce à l'aimant central placé sur l'optique est une idée originale, qui permet de modifier facilement les caractéristiques de la lampe sans investir dans un nouveau produit.





From Applications to Technologies

Design and
Characterization of
Innovative Optical Systems

PISEO
photonics.innovation.services

Contact

PISEO

Tel: +33 (0) 4 26 83 02 25

contact@piseo.fr

www.piseo.fr

4, rue de l' Arsenal
69200 Vénissieux
France

PISEO
photonics.innovation.services