

La dentisterie est d'une exigence extrême pour l'œil : 80 % des informations nécessaires à sa pratique résultent de l'observation, à très faible distance, de surfaces blanches réfléchissant une lumière puissante, 2 000 heures par an, dans un lieu intérieur. Le degré très élevé de précision indispensable au chirurgien-dentiste nécessite un environnement lumineux très spécifique dont la réalisation doit s'axer sur la prise en compte de paramètres physio- et psychobiologiques. La technologie LED bouleverse les habitudes.

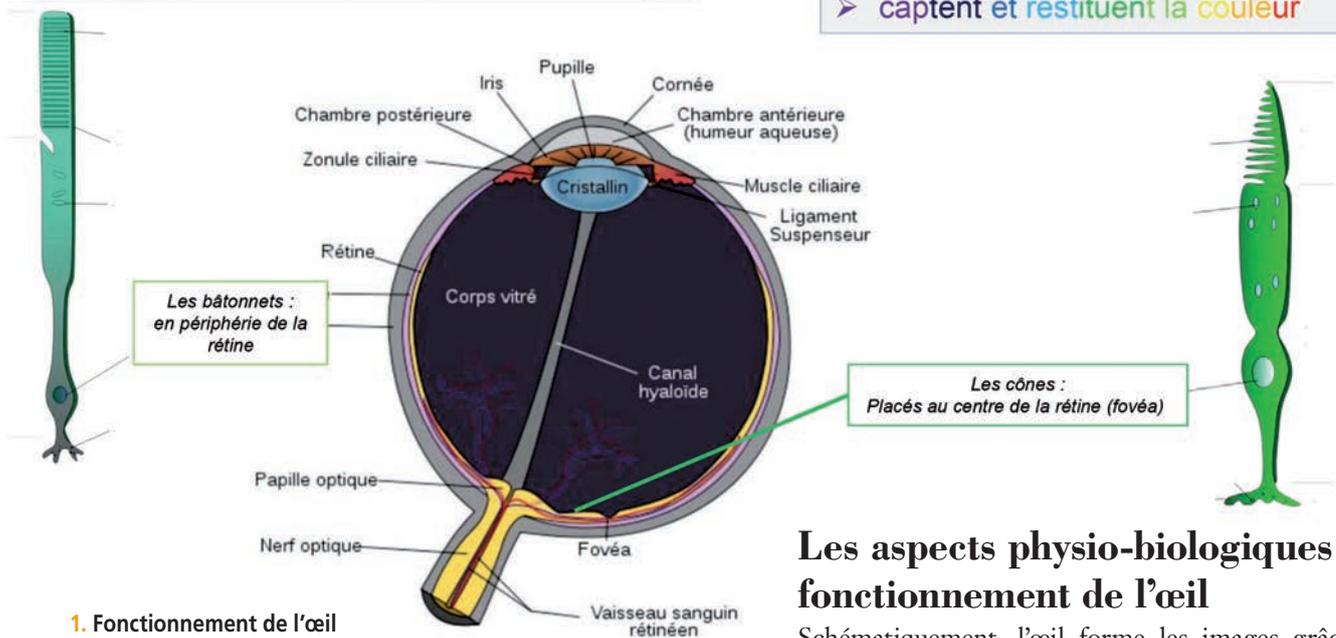
# Éclairage à LED

## Les yeux, la vision et le bien-être

Jean-Marc Kubler

**(1) Les bâtonnets**  
forment l'image en noir et blanc.

**(2) Les cônes**  
➤ déterminent l'acuité visuelle  
➤ captent et restituent la couleur



### Les aspects physio-biologiques : fonctionnement de l'œil

Schématiquement, l'œil forme les images grâce à deux types de photorécepteurs, fixés sur la rétine (fig. 1) :

- les bâtonnets qui donnent une image en noir et blanc ;
- les cônes qui déterminent l'acuité et la couleur des images.

### C'est la superposition des deux résultats par le cerveau qui donne l'image en couleur.

La pupille est chargée de son côté de protéger les photorécepteurs des excès énergétiques de lumière: comme un capteur d'appareil photo, elle régule la quantité de lumière entrante afin d'éviter leur saturation.

Tout l'enjeu d'un éclairage dentaire est d'assurer le meilleur fonctionnement de l'œil au regard des contraintes rencontrées:

**Finesse d'image + Acuité optimale  
+ Couleurs vraies  
= Bonne Vision**

(formes, volumes, contrastes,  
micro-géométrie, transparences, opalescences,  
teintes et luminosités)

L'image noire et blanche peut se comparer à un cliché radiologique. La finesse de l'image dépend du nombre de niveaux de gris. En conséquence, le contraste d'éclairement doit rester dans des limites gérables pour l'œil, qu'il s'agisse des contrastes dans la pièce ou à l'intérieur des champs visuels (champ de travail, bouche, etc.).

Trop de lumière et/ou trop de contraste a toujours des effets délétères sur la qualité de l'image formée.

Un contraste bien géré donne une image fine. Une quantité d'éclairement maîtrisée donne des détails, c'est-à-dire de l'acuité.

## Les aspects psychobiologiques : respect des biorythmes et des rythmes circadiens

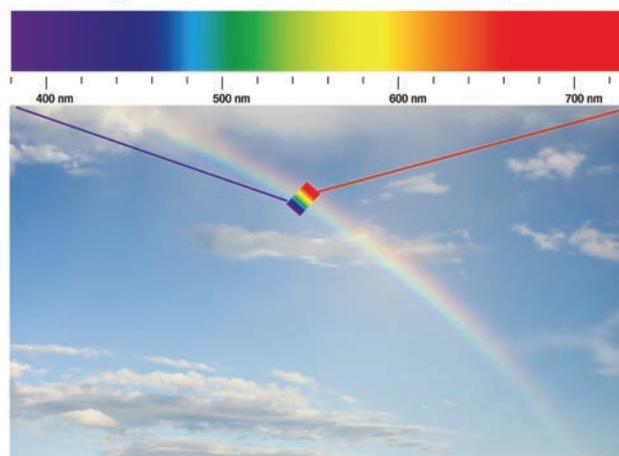
Nos organismes sont très sensibles aux variations de l'intensité, de la durée et de la couleur de la lumière du jour. Nos biorythmes et notre rythme circadien sont effectivement dirigés depuis toujours par la lumière naturelle. Sa variation au cours du jour, des saisons et de la météo influe directement sur nos hormones (mélatonine, cortisol, etc.). Chaque couleur de son spectre a une incidence. Les cyans et turquoise commandent la mélatonine et orchestrent notre rythme sommeil/éveil ainsi que notre mémoire. Les jaunes et oranges régissent l'harmonisation de nos biorythmes au cours de la journée (rythme circadien) et influent sur notre vigilance, notre force physique, nos réflexes...

Nos ancêtres vivaient au rythme de la lumière naturelle. Moins de cent cinquante ans se sont écoulés depuis l'invention de l'ampoule électrique qui a révolutionné nos rythmes de vie. Mais à l'échelle de l'évolution, ni notre morphologie ni notre physiologie n'ont changé, alors que nos habitudes de travail ont été bouleversées. Contrairement à nos ancêtres, nous travaillons plus en hiver et de nuit qu'en été. Nous effectuons par ailleurs des tâches de plus en plus précises et longues, nécessitant une concentration et une acuité visuelle extrêmes. Plus encore, nous travaillons "à l'intérieur", donc en lumière artificielle.

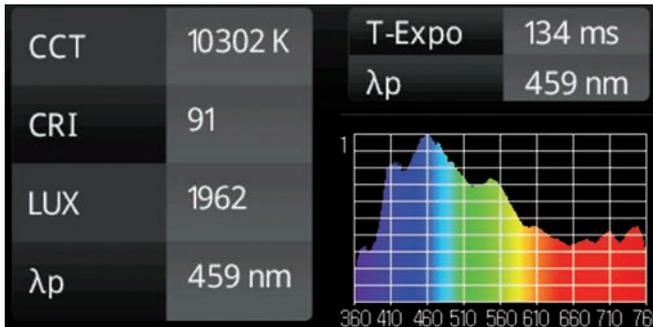
**Toute différence entre la lumière artificielle et la lumière naturelle dérégulera les rythmes naturels: sommeil, vigilance, mémoire, force physique, digestion, humeur...**

Si les notions d'éclairement (lux), de contraste (écart d'éclairement en % entre des zones définies) et de luminance (brillance d'une source lumineuse) sont facilement conceptualisées, elles ne se suffisent pas pour fabriquer un éclairage adapté. **Un élément fondamental est à prendre en compte: le spectre de la lumière.**

L'observation d'un arc-en-ciel permet de comprendre que la lumière blanche diffractée par la pluie se décompose en lumières de couleurs différentes (fig. 2). Ces couleurs sont ordonnées selon leur longueur d'onde (en  $\mu\text{m}$ ) du violet au rouge. Elles composent le spectre de la lumière visible par l'œil humain: de 380  $\mu\text{m}$  à 780  $\mu\text{m}$ . Ce spectre est continu, il n'y a pas de zone sans couleur.



2. Spectre visible de la lumière naturelle du jour.



Belgique - Septembre 14h - grand beau à l'ombre

La mesure de septembre réalisée par grand beau temps à une température de couleur  $> 10\,000\text{ K}$ . On constate que la part du bleu est beaucoup plus importante que celle du rouge.

### 3. Mesures spectrales du ciel prises à un mois d'intervalle.

S'il fait très beau, le spectre de la lumière contient plus de bleu (le ciel est bleu). Au coucher du soleil, le spectre a beaucoup plus de rouge. Le spectre varie ainsi en fonction de la couverture nuageuse, de l'heure du jour et de la saison (fig. 3).

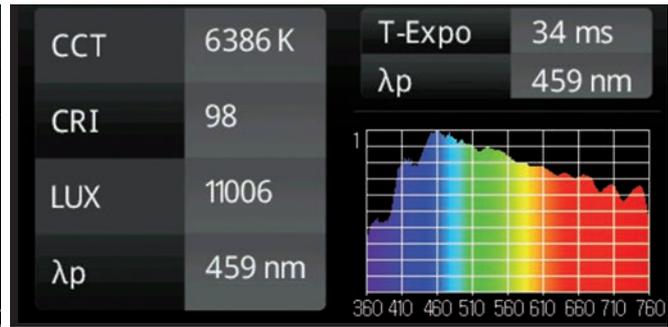
La CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) a donc défini une référence: l'illuminant normatif de la lumière du jour « D65 ». C'est la lumière naturelle que nous rencontrons le plus fréquemment.

**Il est ainsi défini: « C'est une lumière provenant d'un ciel bleu exposé au Nord, avec environ 3/5 de nuages blancs épars, vers 10h du matin en septembre sous nos latitudes. »**

Une évidence s'impose: 6 500 K n'est pas la définition de la lumière du jour, mais la température de couleur moyenne de la lumière du jour. La syntaxe est importante: « Une Porsche roule à plus de 200 km/h. Cela ne signifie pas qu'une voiture qui roule à plus de 200 km/h est une Porsche. »

## Qu'en est-il des spectres des sources artificielles?

Les directives européennes vont limiter puis interdire progressivement la plupart des sources classiques pour des raisons d'économie d'énergie: les ampoules à filament ont déjà disparu, l'halogène et la plupart de la fluorescence vivent leurs derniers mois.



Belgique - Octobre 12h - 80 % nuages blancs

La mesure d'octobre est très proche du D65 avec une température de couleur légèrement inférieure à 6 400 K. En effet, ce jour-là, il y avait un peu trop de nuages, donc un léger déficit de bleu qui explique l'écart à la norme 6 500 K.

### Ne restera plus que la LED qui est d'ores et déjà la source de référence.

Son spectre de base est atypique (fig. 4). A 6 500 K, il est marqué par une forte pointe de lumière bleue à 452 nm, un trou dans les cyans et turquoise, une composante de jaune réduite et une part de rouge très faible.

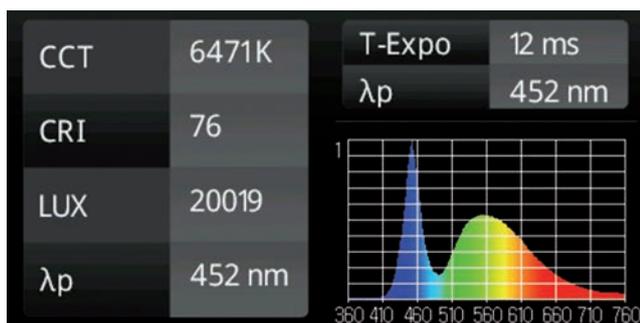
Le fait est que toutes les couleurs sont déséquilibrées par rapport à la lumière naturelle: la prise de couleur dans ce contexte est donc impossible.

Mais il y a plus ennuyeux... **Son spectre lumineux a une incidence néfaste sur le fonctionnement de l'œil, la santé et les rythmes biologiques.** En effet, le spectre de la lumière a des impacts fondamentaux sur le fonctionnement de l'œil et sur notre santé. Certains sont nocifs, d'autres positifs (fig. 5).

## Les effets nocifs

Quand il fait très beau – donc que le ciel est très bleu – nous protégeons nos yeux avec des lunettes de soleil. Leur rôle est de diminuer l'intensité lumineuse (c'est pour cela qu'elles sont fumées), mais aussi de filtrer les ultraviolets (non visibles) et leurs cousins proches dans le spectre qui sont les bleus HEV (Haute Énergie dans le Visible). De la même manière, par temps de brouillard au ski, on porte un masque jaune/orange pour mieux voir la piste. Il élimine la trop forte part de bleus qui se reflète sur la neige, nous éblouissant et gommant les reliefs, altérant sensiblement notre sensibilité aux contrastes.

Les nuages du brouillard filtrent en effet principalement les jaunes et les rouges, moins puissants que les bleus puissants HEV.



4. Dalle LED 6500 K étiquetée « lumière du jour ».

#### 5. Effets physiologiques et chronobiologiques de la lumière sur l'homme.

Les bleus HEV sont donc à l'origine d'éblouissement et de perte de sensibilité au contraste.

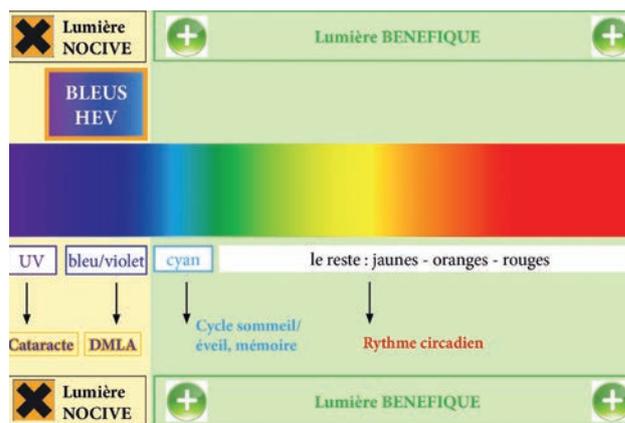
Au-delà de ce constat, la lumière bleue HEV intense expose à des conséquences plus ou moins graves : perte de sensibilité aux contrastes, éblouissement et, avec le temps, formation d'une cataracte et/ou accélération de la DMLA (Dégénérescence Maculaire Liée à l'Age) pour les sujets porteurs.

L'utilisation de luminaires à LED en lumière froide – c'est-à-dire à une température de couleur supérieure à 5000K – représente donc un risque. A cette couleur de lumière, le spectre de la LED présente en effet une très forte pointe de bleu HEV. Le sujet est plus ou moins critique selon la puissance et la brillance du luminaire (scialytique ou plafonnier).

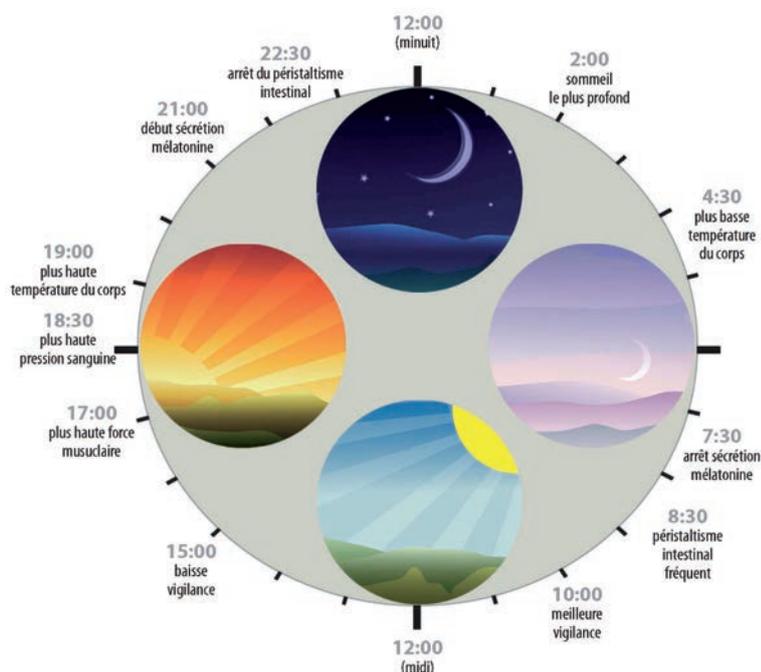
#### Les effets bénéfiques

Les cyans et les turquoise (longueur d'ondes entre 450 et 550  $\mu\text{m}$ ) commandent notre horloge interne et gèrent les sécrétions hormonales. Les jaunes et les rouges influent principalement sur notre synchronisation avec la durée du jour. La quantité d'éclairage joue sur notre tonicité : si en plein midi par beau temps nous sommes en forme et réveillés, un après-midi de brouillard nous déprime et nous fatigue.

C'est la raison pour laquelle l'augmentation d'un éclairage artificiel présentant une répartition spectrale proche de la lumière du jour, permet de pratiquer la « luminothérapie » dont l'objectif (non médical) est de restaurer un état dynamique aux périodes où nous sommes privés de lumière naturelle du jour (fig. 6).



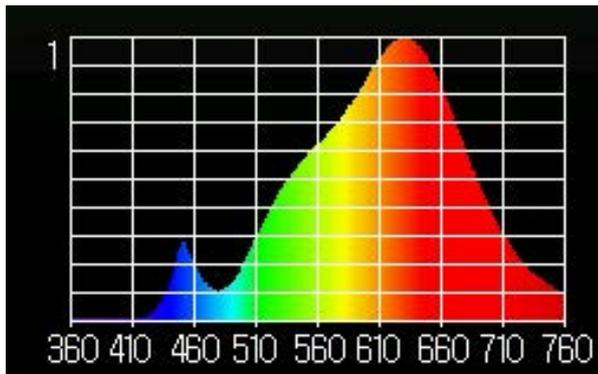
Bleus HEV = bleus à Haute Énergie dans le Visible. Longueurs d'onde de 380 à 450  $\mu\text{m}$ , celles-là même qui initient la polymérisation des composites.



6. Rythme circadien : concordance du rythme de vie à la durée du jour.

#### Les LED en cabinet dentaire ?

Les LED sont destinées à remplacer dans les années, voire les mois à venir, toutes les sources de lumière existantes. Les ampoules à filament ont déjà disparu. Les halogènes seront interdits sous vingt-quatre mois et les tubes fluorescents d'ici à quatre ans.



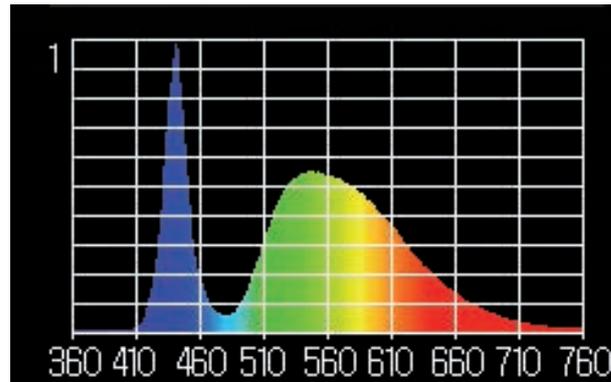
7. Spectre d'une LED à 2700 K.

Pour les salles d'attente, les zones d'accueil et de circulation, et l'espace stérilisation, les luminaires LED, à des températures de couleur chaudes et neutres (2700 à 4000 K) (fig. 7) sont parfaitement sûrs, à la condition expresse de n'utiliser que des luminaires de qualité qui suppriment l'éblouissement et soustraient la vision de la LED aux yeux des utilisateurs. A ces températures de couleur, il n'y a pas de pointe de bleu, donc pas de toxicité de la lumière.

**En revanche, les LED à lumière froide (6500 K) (fig. 8) ne remplissent aucun des critères de sécurité et de confort.** Leur spectre présente une forte pointe de bleu toxique. Ce bleu active parallèlement la photopolymérisation des composites. Elles ne doivent donc être utilisées nulle part et surtout pas en salle de soin.

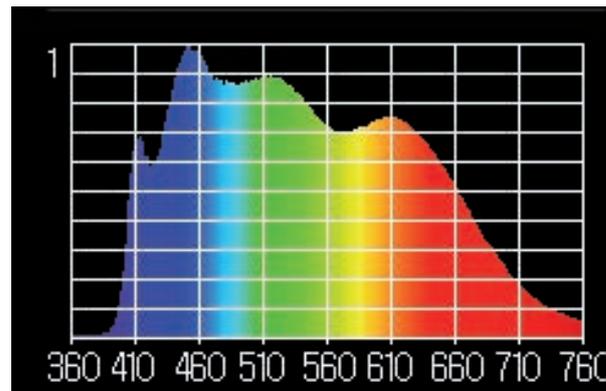
**En technologie LED, le seul critère « 6500 K » ne constitue certainement pas un critère de bonne lumière. C'est le spectre le véritable juge de paix. Il doit se rapprocher le plus possible de celui de la lumière naturelle du jour.**

La technologie très récente des LED complexes permet de reproduire fidèlement l'illuminant normatif D65 de la lumière du jour à 6500 K (fig. 9). La lumière émise par ces LED et la lumière naturelle D65 ont des spectres si voisins que la LED D65 est certifiée conforme par des laboratoires agréés par les autorités normatives européennes.



8. Spectre d'une LED à 6500 K.

Excès bleu HEV | très faibles "bons bleus" cyans |  
 peu de verts jaune | très faible rouge  
 ⇕  
 DMLA + polymérisation | dérèglement sommeil  
 et mémoire | dérèglement cycle circadien |  
 mauvaise identification couleurs



9. Spectre d'une LED complexe D65.

## Conclusion

La LED s'impose et devient incontournable. Ses spécificités luminotechniques présentent de grands avantages, notamment en matière de consommation énergétique. Pour autant, des précautions doivent être prises, particulièrement pour le chirurgien-dentiste qui est soumis plus que d'autres à une forte intensité d'éclairage, tout le long de son exercice. Les incidences physio- et psychobiologiques des LED sont à prendre en compte pour le choix de son éclairage professionnel. Le choix des luminaires LED en cabinet dentaire nécessite une approche précautionneuse et une information complète préalable

## Points essentiels

- La vision est assurée par des photorécepteurs qui fonctionnent au mieux sous la lumière naturelle, tout comme notre corps et notre organisme (biorythme, cycle circadien).
- La lumière artificielle a un spectre différent de celui de la lumière naturelle: cela peut être source de perturbations de notre fonctionnement, voire de toxicité (DMLA).
- La lumière naturelle varie au fil du jour, de la météo et des saisons. C'est la raison pour laquelle une référence normative a été établie: le D65.
- La LED s'impose et va bientôt devenir la seule source de lumière artificielle.
- Le spectre de la LED froide est très atypique: les habitudes et les réflexes en matière de « lumière du jour » sont à changer.
- La LED 6500K est à proscrire des salles de soin: son spectre est source de toxicité (pointe de bleu HEV) et ne permet pas la reconnaissance des couleurs.
- La toute nouvelle technologie des LED Complexes D65 permet de reproduire le spectre de la lumière naturelle, supprimant de facto la toxicité et assurant une parfaite reconnaissance des couleurs.



### Evaluation réponses en ligne sur notre site www.information-dentaire.fr

1. Lumière a une incidence physio et psychobiologique: chaque couleur de son spectre a une influence sur notre fonctionnement.  V  F
2. Le spectre de la LED froide est proche de celui de la lumière naturelle.  V  F
3. La LED 6 500 k présence un risque de toxicité.  V  F
4. La seule température de couleur 6500 K définit la lumière du jour.  V  F
5. Un éclairage (plafonnier ou scialytique) à LED 6 500 K est adapté pour les salles de soins et de chirurgie dentaire  V  F
6. La technologie LED complexe D65 permet de reproduire le spectre de la lumière du jour: pas de pointe de bleu et reconnaissance des couleurs parfaite  V  F

à l'achat dont l'enjeu est la bonne vision et la santé des praticiens.

L'expression « lumière du jour » a été trop galvaudée: elle ne retenait que la seule température de couleur.

Aujourd'hui, avec la LED blanche classique, ce critère est facteur de nocivité. Il convient donc d'être extrêmement prudent dans son approche des nouvelles technologies d'éclairage dentaire.

À cet égard, la LED appelle un changement des réflexes acquis en termes de qualification de l'éclairage. La bonne formule conjugue obligatoirement spectre de lumière, puissance d'éclairement, et gestion des contrastes.

Ces nouvelles technologies LED permettent d'adapter l'éclairage dentaire aux types d'exercice ou de soins: omnipratique, chirurgie, dentisterie esthétique, orthodontie. Les appareils utilisés, scialytiques et plafonniers, doivent produire les performances afférentes nécessaires et spécifiques (spectre, gestion des contrastes, gestion de la puissance).

*L'auteur déclare un lien d'intérêt en tant que fondateur et président de la société degré K.*