



TRILUX

Technologie LED et Rétrofit

Contexte



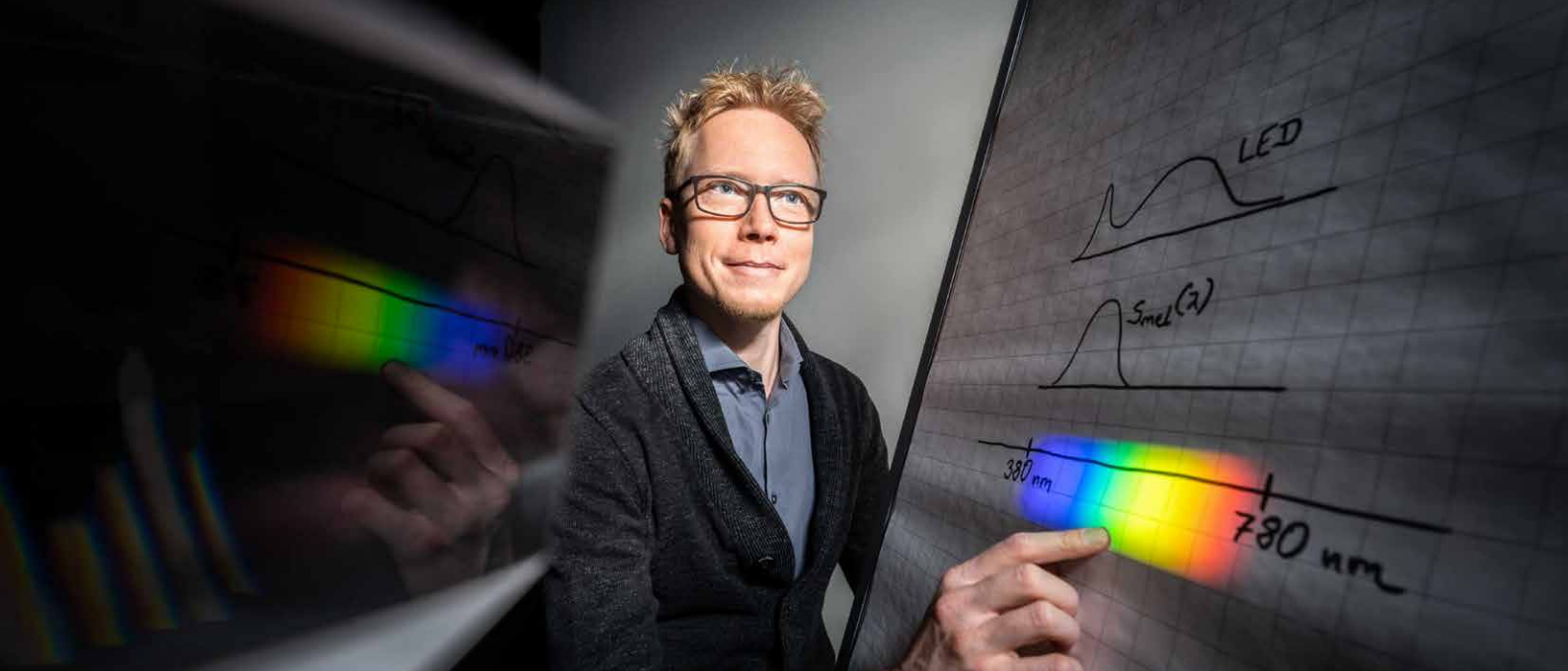
Ce que vous devez savoir sur l'interdiction des lampes fluorescentes, les lampes Rétrofit et le passage à la technologie LED

Depuis des décennies, les lampes fluorescentes à haute efficacité lumineuse contenant du mercure se sont imposées sur le marché pour l'éclairage des lieux de travail. Ainsi, les lampes à décharge contenant du mercure ont bénéficié jusqu'à peu de dérogations à l'interdiction totale de l'utilisation du mercure, qui a été adoptée en Europe en 2011 lors de l'entrée en vigueur de la deuxième version de la directive RoHS.

Depuis la mise sur le marché des sources lumineuses LED blanches – depuis 2013 environ – la situation a fondamentalement changé. Aujourd'hui, les applications d'éclairage les plus diverses peuvent être mises en œuvre au moyen de solutions LED techniquement sophistiquées et économiques. Leur consommation d'énergie est généralement plus de deux fois inférieure à celle des lampes fluorescentes.

C'est pourquoi les législateurs européens ont décidé, en février 2022, de retirer progressivement les exemptions relatives à l'utilisation du mercure dans les lampes à décharge. En particulier, les lampes fluorescentes compactes ne peuvent plus être mises sur le marché européen depuis le 25 février 2023 et les lampes fluorescentes en forme de tige ne pourront être ni produites ni importées en vue de leur distribution à partir du 25 août 2023.

En conséquence, ces lampes ne seront plus disponibles sur le marché une fois que leurs stocks seront épuisés. Le remplacement des lampes utilisées jusqu'à présent par une technologie identique ne sera alors plus possible à compter de cette date. C'est le moment de changer de technologie !



1. Rénovation LED par Rétrofit – une équation à plusieurs inconnues

Sur le marché de l'éclairage, une lampe rétrofit est une lampe de rechange dotée d'une technologie moderne, qui peut être utilisée dans le cadre d'un simple remplacement, en conservant le même nombre de points lumineux. Aujourd'hui, l'objectif général est de remplacer les lampes traditionnelles par une technologie LED. Si une intervention dans la structure électrique du luminaire (par exemple désactivation du ballast) s'avère nécessaire pour faire fonctionner la lampe de rechange, on ne parle plus de lampe rétrofit, mais de lampe de conversion. Dans les deux cas, c'est l'ampoule qui est remplacée au lieu du luminaire dans son ensemble.

L'objectif des solutions rétrofit est de bénéficier des avantages d'une technologie moderne sans devoir transformer fondamentalement l'installation d'éclairage existante.

En théorie, les opérations de rétrofit sont rapides et faciles. Dans la pratique, cependant, les difficultés sont souvent sous-estimées. L'utilisation de lampes rétrofit et de conversion dans des luminaires présentant des caractéristiques techniques et de construction très différentes, provenant d'une grande variété de fabricants, soulève de nombreuses questions. Celles-ci portent notamment sur :

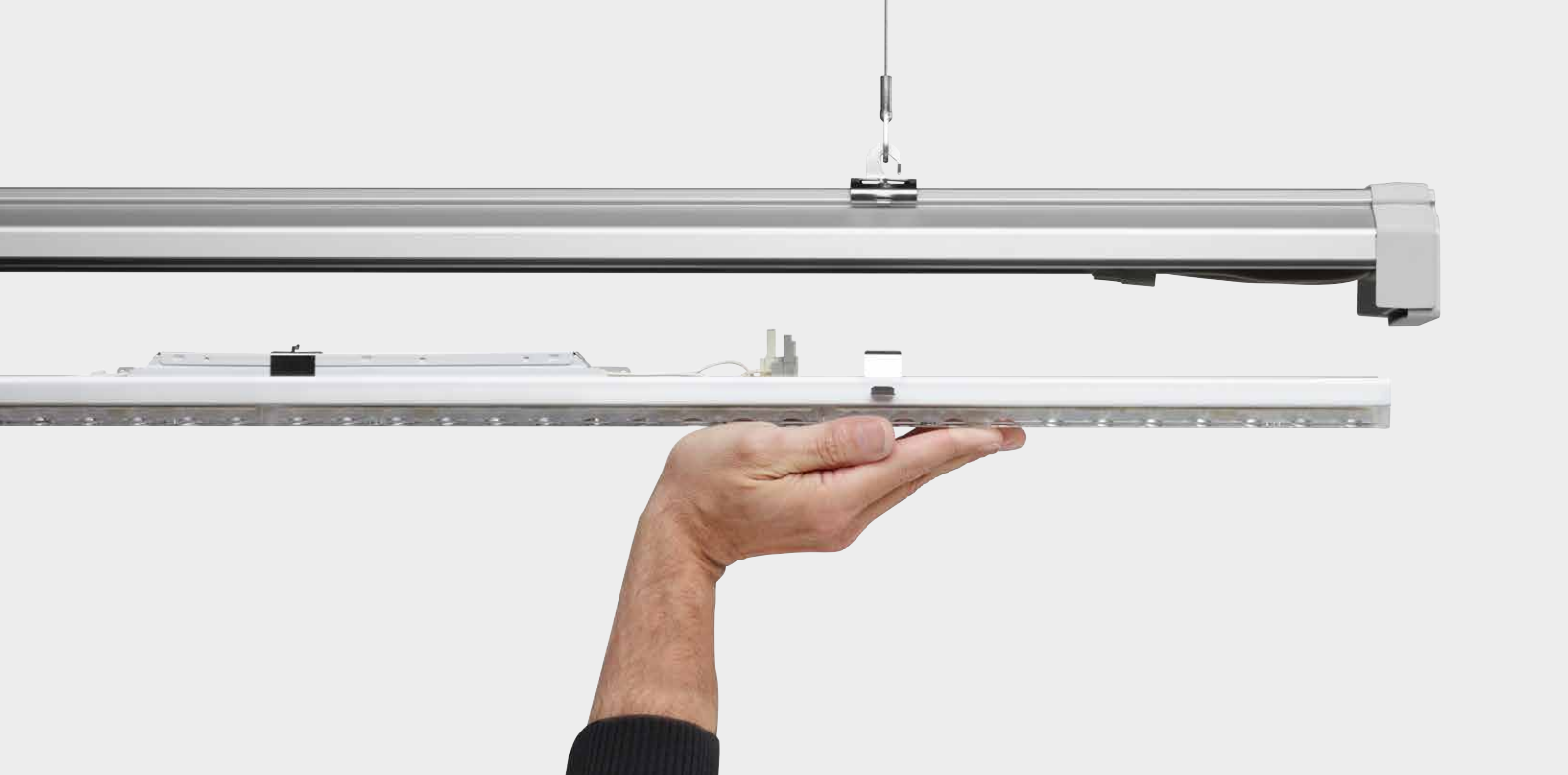
- la sécurité électrique, la responsabilité des produits et la garantie
- la qualité d'éclairage et l'utilisation
- le respect des normes et des règles de sécurité au travail.

Lors du remplacement des tubes fluorescents T5/T8 obsolètes, le passage à la technologie LED par rétrofit permet de réaliser des économies d'énergie rapidement, facilement et à un coût relativement réduit. Cependant, dans un environnement professionnel, il convient également de procéder à des contrôles préalables importants.

En ce qui concerne le flux lumineux réellement disponible, sa répartition spatiale, la qualité d'éclairage exigée par les normes et la durée de vie assignée des luminaires et des lampes, ce n'est qu'après la rénovation que l'on peut déterminer si et comment les platines et les supports-appareillages fonctionnent ensemble. De nombreux dysfonctionnements n'apparaissent qu'après une utilisation prolongée.

En comparaison, les solutions LED proposées par des fabricants de grande qualité dotés de modules LED intégrés en usine sont dotés de composants parfaitement adaptés et répondent à des critères de qualité et d'efficacité clairement identifiables.

En principe, les critères de rentabilité et de durabilité devraient être pris en compte pour mener cette comparaison.



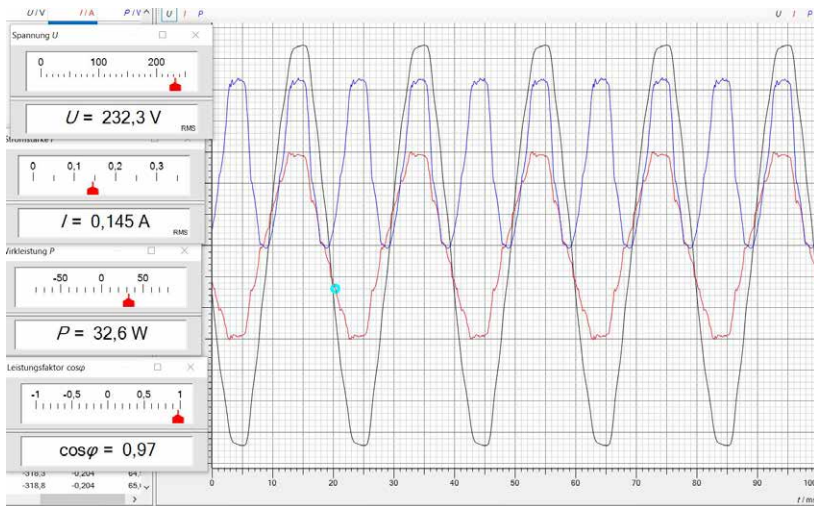
1.1 Sécurité et garantie

1.1.1 Rétrofit

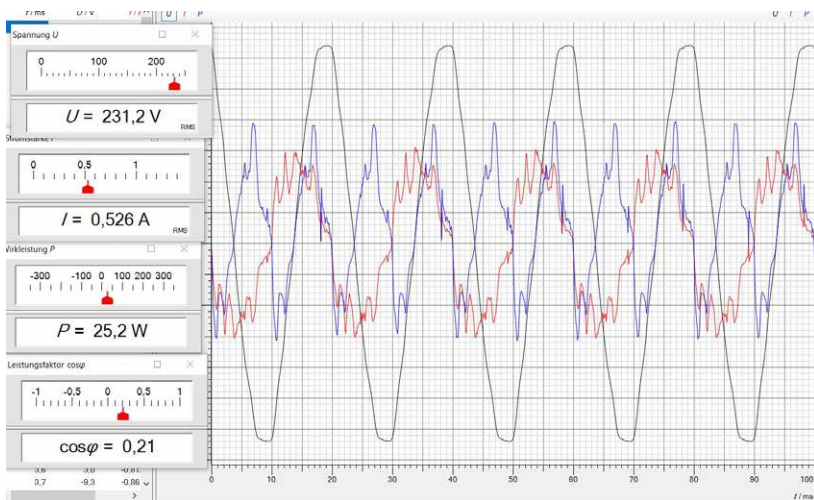
Avant d'installer des lampes LED rétrofit dans une installation d'éclairage existante, il convient de tenir compte des points suivants :

- La garantie contractuelle et la responsabilité des produits du fabricant de luminaires sont annulées.
- La responsabilité des produits est alors transférée au fabricant de la lampe rétrofit.
- Pour faire fonctionner des lampes LED rétrofit avec ballast électronique (BE) en remplacement de lampes fluorescentes (fonctionnement haute fréquence), il faut avoir à l'esprit que l'on recommande leur utilisation – **sous réserve**¹ – uniquement pour les types de BE figurant dans une liste de compatibilité fournie par le fabricant de lampes. L'installateur doit au moins s'assurer que tous les luminaires de l'installation d'éclairage sont équipés des ballasts électroniques figurant dans cette liste (voir aussi figure 1 a). Le coût élevé de ces contrôles préliminaires doit être pris en compte.
- Pour les luminaires dimmables, le passage aux lampes LED rétrofit n'est en principe possible que dans certains cas et en tenant compte des restrictions éventuellement indiquées dans la liste de compatibilité des ballasts électroniques. Dans la plupart des cas, une solution de conversion serait nécessaire (voir ci-dessous).
- Dans le cas de lampes LED rétrofit installées sur des luminaires compensés en parallèle, un facteur de puissance $\cos(\varphi)$ très faible du circuit peut survenir et provoquer un courant réactif élevé dans l'installation électrique.
- Pour les montages en tandem (2 lampes fluorescentes connectées en série à un ballast), courants dans les luminaires existants à plusieurs lampes T8 de 18 watts, il convient d'examiner la possibilité de faire fonctionner plusieurs lampes LED rétrofit séparément. Le cas échéant, une conversion du luminaire peut s'avérer nécessaire (voir ci-dessous).

¹ Les listes de compatibilité des ballasts électroniques fournies par les fabricants de lampes indiquent par exemple que la présente liste est fournie à titre d'information et doit être traitée comme une recommandation. Par exemple, les données sont basées sur des tests effectués dans un environnement simulé en laboratoire. Les résultats peuvent varier dans certaines applications sur le terrain en raison de différents facteurs. Le cas échéant, le fabricant du rétrofit n'assume aucune responsabilité ou garantie quant à l'obtention de ces résultats en utilisant l'équipement dans des conditions différentes ou en utilisant des modèles successeurs de l'équipement testé ou différents modèles du même fabricant. Le non-respect des instructions peut entraîner des risques tels que scintillement, absence de lumière, surchauffe, vieillissement prématuré, défaillance de l'équipement, etc. Le flux lumineux peut également varier en fonction du ballast utilisé.



a) mesure effectuée avec une lampe LED rétrofit 23 W/4000 K 1500 mm dans un luminaire TRILUX équipé d'un ballast électronique non homologué. La lampe fonctionne à une puissance plus élevée (32,6 W au lieu de 23 W).



b) mesure avec une lampe LED rétrofit 23 W/4000 K 1500 mm dans un luminaire étanche TRILUX (Aragon 158K, date de fabrication env. 2010) avec ballast inductif et compensation parallèle. Un facteur de puissance $\cos(\varphi) = 0,21$ entraîne un courant réactif élevé et, dans une installation d'éclairage comportant de nombreux luminaires, le cas échéant, déclenche une charge de ligne excessive et le déclenchement du disjoncteur.

Figure 1 : Mesures effectuées avec des lampes rétrofit

1.1.2 Conversion

Avant le remplacement d'un luminaire par une solution de rénovation :

- Tous les composants du kit de rénovation doivent être conformes aux normes de sécurité et de CEM (Compatibilité Electromagnétique) applicables.
- Il faut s'assurer qu'en cas d'utilisation d'un autre luminaire, par exemple un tube fluorescent, la solution d'éclairage ne présente aucun danger.
- Le luminaire à remplacer doit être adapté à l'utilisation du kit de rénovation.
- Tous les changements liés à l'utilisation du kit de conversion doivent être évalués en termes d'augmentation des risques éventuels (puissance, utilisation, type de montage, CEM, propriétés de lumière bleue, système de gestion d'éclairage...).
- Si les risques sont accrus, une procédure complète d'évaluation de la conformité doit être mise en œuvre. Dans ce cas, la plaque d'identification initiale du luminaire doit être remplacée par une nouvelle plaque avec les informations nécessaires.

1.1.3 Durée de vie assignée et fiabilité

- Pour les lampes LED rétrofit, les taux de défaillance ne sont généralement pas indiqués ou sont relativement « généreux » (par exemple, 10 % de défaillance maximum en 6 000 heures de fonctionnement).
- La durée de vie utile des lampes LED rétrofit est indiquée sur le marché pour une dégradation L70 (diminution du flux lumineux de 30 % pour atteindre un flux lumineux résiduel de 70 % en fin de durée de vie assignée). En termes de sécurité au travail (voir ci-dessous), il faut donc tenir compte du fait qu'en fin de durée de vie assignée, seuls 70 % du flux lumineux initial, qui n'a pas diminué, sont encore disponibles.
- La durée de vie utile des lampes LED rétrofit est généralement indiquée pour une température ambiante de 25 °C. Les lampes LED rétrofit doivent être utilisées dans des conditions normales d'utilisation. Cette température est considérée de manière standardisée comme la température ambiante à l'intérieur. Dans un luminaire fermé, le fonctionnement de la lampe peut augmenter de manière significative la température à l'intérieur, ce qui réduit considérablement la durée de vie assignée de la lampe.
- En cas d'utilisation dans des atmosphères chargées en produits chimiques, des incompatibilités spécifiques peuvent entraîner la détérioration et la défaillance des lampes LED Rétrofit. Des interactions avec des composants du luminaire peuvent par ailleurs endommager ce dernier.
- Dans les applications spéciales (températures élevées, contraintes mécaniques dues aux vibrations, etc.), on peut constater de grands écarts par rapport au fonctionnement normal des lampes LED rétrofit et à celui des lampes fluorescentes.
- Les lampes LED rétrofit, dont le poids est supérieur à celui des lampes fluorescentes, peuvent endommager les douilles. Des résistances de contact entre les broches du socle et les contacts de la douille peuvent survenir, entraînant des surchauffes intolérables. Cela peut engendrer des dysfonctionnements, voire une panne totale du luminaire. Si les douilles déjà vieillissantes sont devenues cassantes en raison de leur utilisation antérieure, ce risque est accru.

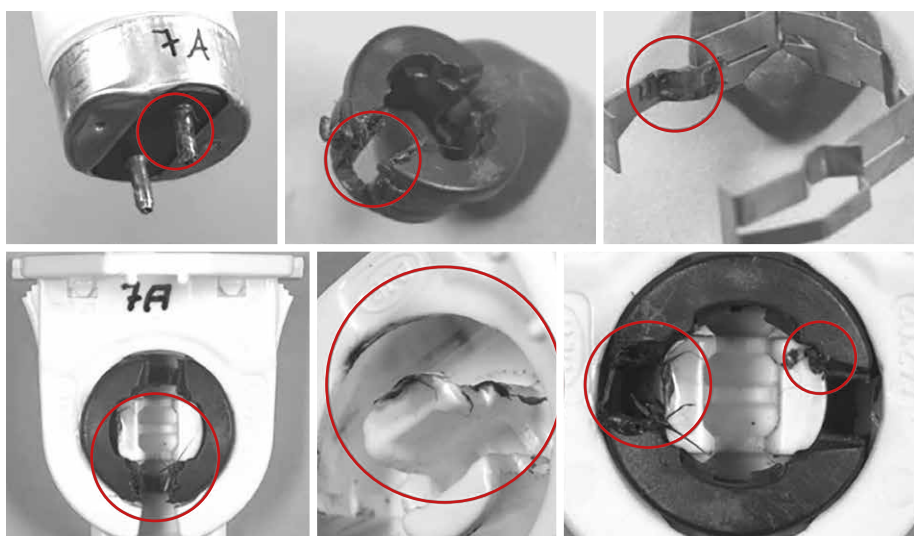


Figure 2 : Douilles défectueuses dans lesquelles ont été insérées des lampes rétrofit trop lourdes

1.2 Qualité d'éclairage et sécurité au travail

1.2.1 Flux lumineux et intensité lumineuse

- Les lampes LED rétrofit disponibles sur le marché ont souvent un flux lumineux nettement plus faible que les lampes fluorescentes correspondantes. Un remplacement direct entraîne alors une nette diminution de l'intensité lumineuse dans la pièce.
- De même, le flux lumineux maximal des lampes LED rétrofit disponibles sur le marché est généralement calculé au plus juste (p. ex. 3700 lm en remplacement de 5 000 lm dans le cas de la lampe T8-58W, voir tableau 1).
- Il faut tenir compte du fait que jusqu'à la fin de la durée de vie assignée des lampes LED rétrofit, le flux lumineux subit une diminution égale à 70 % du flux lumineux initial indiqué (donc, par exemple, $3\,700\text{ lm} \times 0,7 = 2\,590\text{ lm}$, voir ci-dessous).

- Les chiffres clés de l'efficacité énergétique des lampes LED rétrofit sont indiqués pour leur fonctionnement en éclairage libre, sans tenir compte des pertes dues à leur installation sur un luminaire. Les mesures montrent toutefois que les pertes réelles (ou les rendements en service des luminaires) sont souvent comparables à celles des lampes fluorescentes.
- En conséquence, le niveau d'éclairage n'est plus conforme aux normes et ne répond pas aux dispositions légales en matière de sécurité au travail.

Type de lampe

Longueur	T8 (référence)	Rétrofit exemple 1	Exemple 2	Exemple 3	Exemple 4
600 mm	18 W 1 300 lm	7,5 W 1 100 lm (-15 %)	6,6 W 720 lm (- 45 %)	8 W 1 050 lm (- 19 %)	8 W 900 lm (- 31 %)
1 200 mm	36 W 3 200 lm	15,0 W 2 400 lm (- 25 %)	15 W 1 800 lm (- 44 %)	14,7 W 2 500 lm (- 22 %)	18 W 2 000 lm (- 38 %)
1 500 mm	58 W 5 000 lm	22 W 4 100 lm (- 21 %)	18,3 W 2 200 lm (- 56 %)	21,7 W 3 700 lm (- 26 %)	23 W 2 700 lm (- 46 %)

Tableau 1 : Tubes LED rétrofit T8 : Exemples de puissance absorbée et de flux lumineux de produits disponibles sur le marché (version novembre 2023)

1.2.2 Répartition de la lumière et uniformité

- Une caractéristique de rayonnement de la lampe LED rétrofit qui s'écarte de la symétrie en rotation (360 degrés) de la lampe fluorescente entraîne, le cas échéant, une modification sensible de la répartition de l'intensité lumineuse du luminaire.
- L'uniformité de l'intensité lumineuse dans la pièce peut s'en trouver réduite. Le respect des dispositions en matière de sécurité au travail doit également être vérifié à cet égard.
- Dans des luminaires suspendus à composante indirecte, la caractéristique de rayonnement de la lampe LED rétrofit, qui diffère de celle de la lampe fluorescente, s'accompagne d'une réduction sensible de l'éclairage du plafond. Les utilisateurs risquent de faire des réclamations à ce propos.

1.2.3 Qualité générale de l'éclairage

- Les lampes LED rétrofit peuvent présenter un scintillement non négligeable, qui dépasse de loin celui d'une lampe fluorescente fonctionnant sur ballast.
- Les lampes LED rétrofit présentent généralement une faible cohérence des couleurs. Typiquement, les fabricants renommés indiquent une valeur de tolérance chromatique (initialement MacAdam) ≤ 6 SDCM. Dans certains cas, avec des produits plus performants, une valeur ≤ 5 SDCM est indiquée. Même à 5 SDCM, les écarts de couleur sont clairement visibles. En comparaison, les valeurs pour les luminaires de qualité sont de 3 SDCM.

1.2.4 État de la technique, exigences de la norme actuelle EN 12464-1

En règle générale, le remplacement direct des lampes fluorescentes par des lampes LED rétrofit n'est couvert par la protection des droits acquis que si les conditions de travail sont inchangées depuis l'installation. La qualité d'éclairage attendue peut donc, au mieux, s'approcher du niveau atteint auparavant. Les exigences selon l'état actuel de la technique, telles qu'elles sont décrites dans la norme EN 12464-1 dans sa version actuelle de 2021, ne sont pas satisfaites. Sont notamment recommandés :

- la disponibilité, en cas de besoin, d'un éclairage augmenté d'un ou deux niveaux, qui devrait être régulé par des luminaires dimmables et une gestion d'éclairage appropriée, ainsi que
- une répartition lumineuse adéquate avec des intensités lumineuses minimales sur les murs et les plafonds, un critère qui n'est souvent pas atteint en l'état (par exemple avec des luminaires à grille à rayon intensif, des luminaires darklight, voir l'exemple « Éclairage d'un bureau »).



2. Rénovation vs Rétrofit

Différentes options de rénovation, qui peuvent être choisies en fonction des conditions techniques et spatiales, offrent un moyen sûr et durable de changer de technologie LED.

Le plus grand potentiel d'optimisation réside ici dans une nouvelle conception de l'éclairage, libre et indépendante de la situation existante. Mais dans de nombreux cas, un simple remplacement des luminaires peut suffire à obtenir un résultat satisfaisant. Il faut veiller à ce que les luminaires choisis pour le remplacement répondent aux exigences photométriques et électrotechniques de la configuration existante.

Si le remplacement des luminaires n'est pas envisagé pour des raisons architecturales ou autres, TRILUX peut proposer, sur demande, des inserts de luminaires sans culot sur une base de modules LED - appelés kits de rénovation. Dans certains cas, on peut étudier la possibilité de remplacer le système optique par une technique d'éclairage moderne.²

Des systèmes de gestion d'éclairage permettant d'économiser davantage d'énergie et, si nécessaire, de contrôler la température de couleur selon le rythme circadien peuvent être utilisés dans toutes les options de rénovation.

² Si un fabricant propose des kits de conversion pour des produits tiers, la garantie, la responsabilité des produits et les autres obligations, comme pour la conversion, incombent d'abord à la personne qui effectue la transformation. L'étendue d'une éventuelle prise en charge par le fabricant et la mise à disposition de jeux de données techniques pour les luminaires qui en résultent doivent être clarifiées au préalable.

2.1 Sécurité, qualité et rentabilité

Les principaux avantages d'une rénovation avec des luminaires LED de TRILUX par rapport à une transformation avec des lampes LED rétrofit sont les suivants :

- Des jeux de données photométriques sont disponibles afin de pouvoir vérifier le respect des exigences en matière de sécurité au travail avant une transformation.
- Ils bénéficient d'une responsabilité des produits et d'une garantie illimitées.
- Les données d'exploitation électrotechniques sont également connues en détail et garanties.
- Les durées de vie assignées sont indiquées pour des flux lumineux résiduels d'au moins 80 % ($L \geq 80$).
- Il ne faut s'attendre à pratiquement aucune défaillance pendant toute leur durée de vie assignée (taux de défaillance proche de zéro).
- En ce qui concerne la température ambiante autorisée dans la pièce, on peut s'attendre à ce que la durée de vie assignée documentée ne soit pas réduite par une augmentation de la température dans le luminaire.
- Des versions supportant des températures ambiantes élevées sont également souvent proposées.
- Ils évitent le scintillement à 100 Hz grâce à leurs faibles facteurs de scintillement démontrés, préservant ainsi le confort visuel.
- Les luminaires modernes sont à même de satisfaire les exigences contemporaines en matière de qualité d'éclairage.
- Des luminaires dimmables et une gestion d'éclairage adaptée sont également disponibles pour chaque cas d'application.
- Si nécessaire, des luminaires à température de couleur variable sont également disponibles pour une commande circadienne.
- Les luminaires LED modernes, dotés d'une technique d'éclairage optimisée, peuvent diffuser la lumière de manière beaucoup plus ciblée dans une application spécifique que ne le permettaient les luminaires à lampes fluorescentes.
- Les luminaires LED sont particulièrement efficaces sur le plan énergétique.
- Ils présentent une grande cohérence de couleurs (tolérance chromatique ≤ 3 SDCM) grâce à un binning de haute qualité.
- Les douilles défectueuses des luminaires existants peuvent ne pas être remplacées.
- Les luminaires LED offrent une meilleure rentabilité par rapport au remplacement des lampes par des lampes LED rétrofit.



2.2 Durabilité

Deux indicateurs sont essentiels pour évaluer la durabilité d'un luminaire :

1. L'empreinte carbone
2. La consommation de ressources non renouvelables (analyse ADP)

L'évaluation de l'**empreinte carbone** d'un produit prend en compte deux sources d'impact majeures : l'énergie consommée pendant son utilisation et l'énergie nécessaire à sa production. En analysant l'ensemble du cycle de vie du luminaire, il est ainsi possible de déterminer son équivalent CO₂ (CO₂e) et de comparer précisément l'impact environnemental lié à sa production et à son fonctionnement.

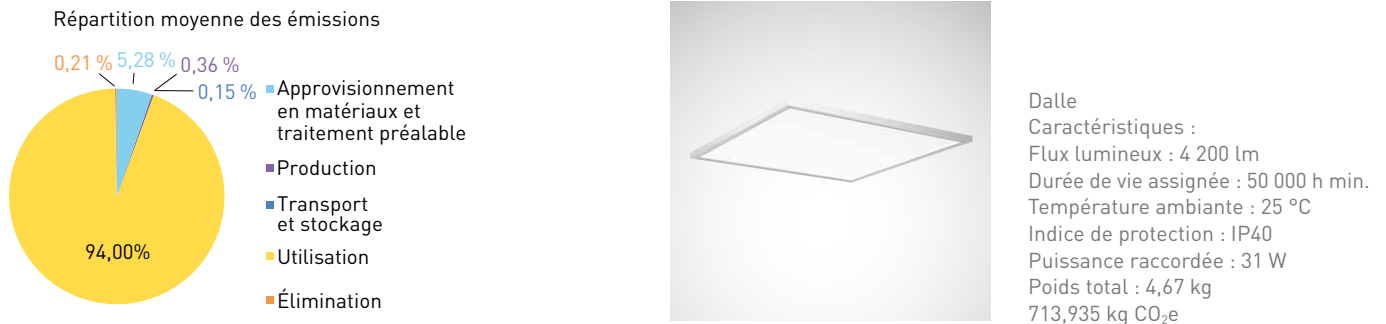


Figure 3

Les données de la figure 3 montrent qu'un luminaire de bureau standard, composé d'un corps en acier et d'un diffuseur en PMMA, génère près de 95 % de ses émissions de CO₂ pendant sa phase d'utilisation.



Figure 4

La figure 4 illustre le cas d'un luminaire destiné à l'éclairage de grands entrepôts industriels. Une optique à lentille garantit une répartition lumineuse optimale. Le corps de ce luminaire, plus complexe sur les plans technique et matériel, assure une gestion thermique performante pour un fonctionnement durable et efficace, même à des températures ambiantes élevées.

Les données montrent que, pour ce luminaire plus coûteux, la part relative des émissions carbone liées à la production et à l'élimination reste comparable à celle d'un luminaire classique. Les exigences techniques et les besoins en matériaux augmentent avec le flux lumineux, mais l'impact principal reste lié à la consommation d'énergie lors du fonctionnement.

Ces exemples soulignent que, pour les applications d'éclairage courantes, plus de 90 % des émissions carbone sont liées à l'utilisation du luminaire. À l'inverse, la part cumulée de la production, du transport et de l'élimination

représente environ 6 % des émissions totales. Cette proportion est secondaire par rapport à l'impact généré pendant toute la durée d'utilisation. Cela signifie qu'une amélioration de 6 % de l'efficacité suffit déjà à compenser l'énergie nécessaire à la production d'un nouveau luminaire. Le recours à des corps de luminaires robustes, à des composants de qualité et à des solutions conçues pour durer est une approche pertinente pour réduire durablement l'impact environnemental.

Une étude d'éclairage réalisée par un professionnel permet d'exploiter pleinement ce potentiel. En choisissant les technologies les mieux adaptées à chaque application et en s'appuyant sur la diversité des solutions LED modernes, il est possible de concilier performance, efficacité énergétique et durabilité.

TRILUX agit également sur la consommation de ressources non renouvelables en développant des luminaires à haut niveau de réparabilité. Le remplacement possible des modules LED et des composants électroniques prolonge la durée de vie des produits et limite le besoin de nouvelles ressources. Cette démarche est renforcée par l'Engagement durable de TRILUX (disponibilité des luminaires pendant 10 ans et des pièces détachées pendant 15 ans).

Pour évaluer la **consommation de ressources non renouvelables**, une méthode reconnue à l'échelle internationale a été développée. Elle prend en compte la disponibilité des matières premières et permet d'identifier les composants qui contribuent le plus fortement à leur raréfaction. Le résultat de cette analyse est exprimé avec l'indicateur ADP (Abiotic Depletion Potential, en français « potentiel d'épuisement des ressources non renouvelables »).

Comme l'empreinte carbone, l'ADP évalue l'ensemble du cycle de vie du produit. Appliquée aux luminaires LED, cette méthode permet de répartir l'impact entre les différents composants du luminaire. La figure 5 présente les valeurs moyennes observées sur l'ensemble des luminaires LED de la gamme TRILUX. Ces données ont été établies dans le cadre du projet de recherche « SUMATRA », auquel TRILUX a participé.

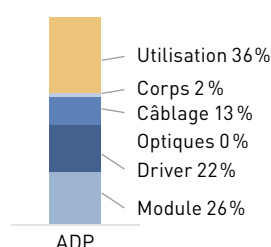


Figure 5 : Valeurs ADP moyennes d'un luminaire LED
Source : documentation finale du projet de recherche SUMATRA
(https://www.trilux.com/fileadmin/Downloads/Brochures/Nachhaltigkeit/LpR103_Trilux_SUMATRA.pdf)

Cette figure démontre clairement que le corps du luminaire et sa production ne sont pas les principaux leviers de préservation des matières premières rares. Les facteurs déterminants sont avant tout les LED, les composants électroniques et la consommation d'énergie.

L'efficacité énergétique, la longue durée de vie et la réduction de la quantité de matériaux utilisés dans les modules LED et les composants électroniques sont donc les véritables clés de la durabilité. Les luminaires équipés de modules LED intégrés présentent un potentiel important que TRILUX optimise grâce à des développements ciblés. TRILUX limite ainsi la consommation de ressources non renouvelables en misant sur la réparabilité élevée des luminaires, notamment grâce au remplacement possible des modules LED et des composants électroniques, ainsi que sur son Engagement durable.

À l'inverse, les luminaires à sources remplaçables offrent moins de possibilités d'optimisation. Une efficacité énergétique plus faible lors de l'utilisation, une durée de vie plus courte et une source lumineuse indissociable du ballast entraînent une consommation accrue de ressources.



3. Exemple de réflexion

À titre d'exemple d'observation, des mesures concrètes ont été effectuées dans les laboratoires TRILUX sur le fonctionnement de lampes LED rétrofit dans des luminaires TRILUX classiques. Pour illustrer cet exemple, nous avons eu recours à deux luminaires que les fabricants considèrent de haute qualité et qui présentent les flux lumineux les plus élevés disponibles sur le marché :

Rétrofit 1 : 1 500 mm, 4 100 lm, 22,1 W, 4 000 K

Rétrofit 2 : 1 500 mm, 3 700 lm, 23,0 W, 4 000 K

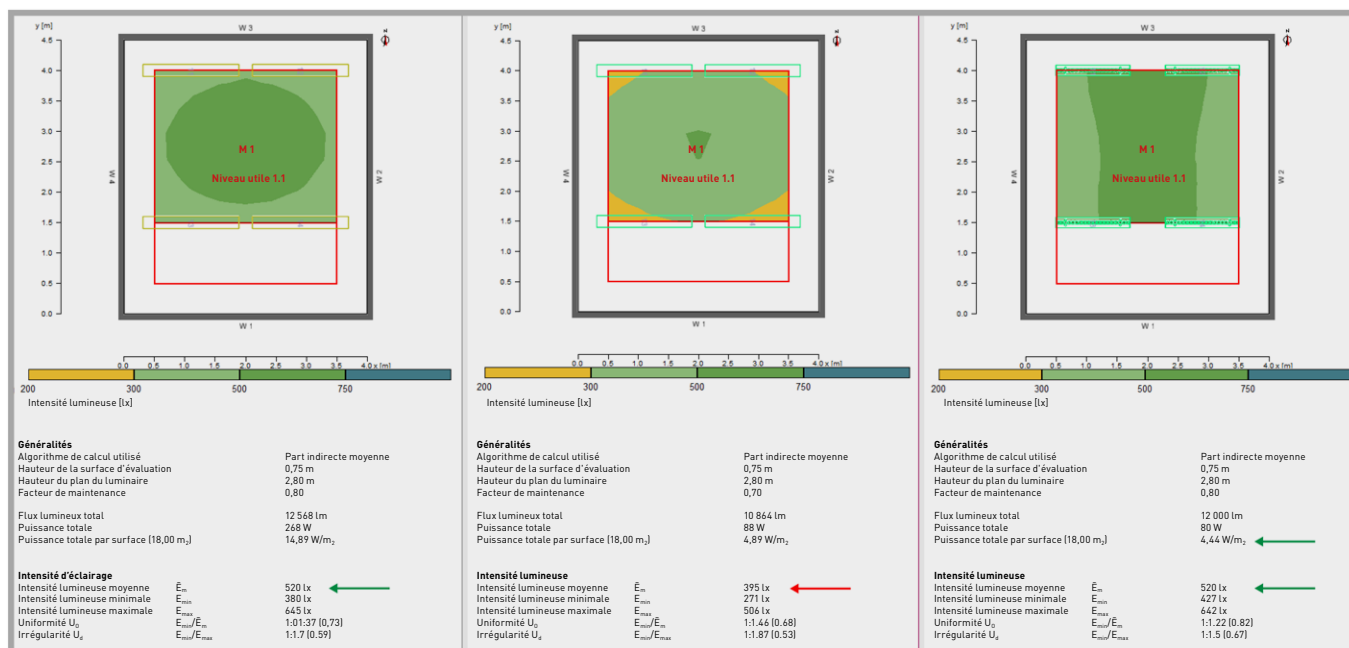
Des mesures ont été effectuées pendant le fonctionnement de chaque luminaire, notamment dans un plafonnier BAP de la gamme TRILUX Atirion et dans un luminaire étanche de la gamme Oleveon.

Les données recueillies ont ensuite été utilisées pour effectuer des calculs comparatifs dans des configurations typiques d'applications d'éclairage.

3.1 Exemple d'éclairage d'un bureau

Dans l'exemple de bureau présenté ci-dessous, la surface entre les deux lignes lumineuses est considérée comme une tâche visuelle au sens de la norme EN 12464-1, dans laquelle doivent se trouver les zones d'activité.

Longueur	4,00 m	Exigences en matière de sécurité au travail :
Largeur	4,50 m	$\bar{E}_m \geq 500 \text{ lx}$
Hauteur	2,80 m	$U_0 = E_{\min}/\bar{E}_m \geq 0,6$
Hauteur du niveau utile	0,75 m	
Lignes lumineuses	2 x 2 éclairages	



	\bar{E}_m	MF	U_0	Φ_{total}	W_{total}	W/A	W/(A x $\bar{E}_m/100$)
T8	520 lx	0,8	0,76	12 568 lm	268 W	14,89 W/m ²	3,12 W/(m ² · 100 lx)
Retrofit 1	395 lx	0,7	0,68	10 864 lm	88 W	4,89 W/m ²	1,31 W/(m ² · 100 lx)
Creavo	520 lx	0,8	0,83	12 000 lm	80 W	4,44 W/m ²	0,88 W/(m ² · 100 lx)

Figure 6 : Résultats des calculs pour l'éclairage d'un bureau avant et après la conversion avec une lampe LED retrofit par rapport à l'utilisation d'un éclairage LED. Le facteur de maintenance réduit à la valeur 0,7 pour la lampe retrofit tient compte de la dégradation accrue de cette lampe, dont la durée de vie L_{70} est indiquée.

Les calculs photométriques sont comparés pour le fonctionnement de la lampe T8 d'origine (58 W) dans un luminaire à grille de la gamme Atirion de TRILUX, ainsi que pour le luminaire identique équipé de la lampe retrofit de 4 100 lm et un luminaire LED TRILUX (CREAVO D2-L LW19-03 30-840 ETDD 01, TOC 7728451) doté de modules LED intégrés.

L'exemple montre clairement que dans le cas de cet agencement standard, les exigences en matière de sécurité au travail concernant l'intensité lumineuse requise ne seraient plus remplies après le retrofit.

En revanche, le remplacement de chaque luminaire existant par des lampes LED répond aux exigences et consomme par ailleurs moins d'énergie que les solutions retrofit. L'efficacité et la qualité de l'éclairage sont nettement améliorées.

3.2 Exemple d'un hall d'expédition

Nous étudions également un autre exemple d'un petit hall où sont effectués des travaux d'emballage.

Longueur	20,00 m	Exigences en matière de sécurité au travail :
Largeur	15,00 m	$\bar{E}_m \geq 300 \text{ lx}$
Hauteur	2,80 m	$U_0 = E_{\min}/\bar{E}_m \geq 0,6$
Hauteur du niveau utile	0,75 m	
Lignes lumineuses	4 x 8 luminaires	

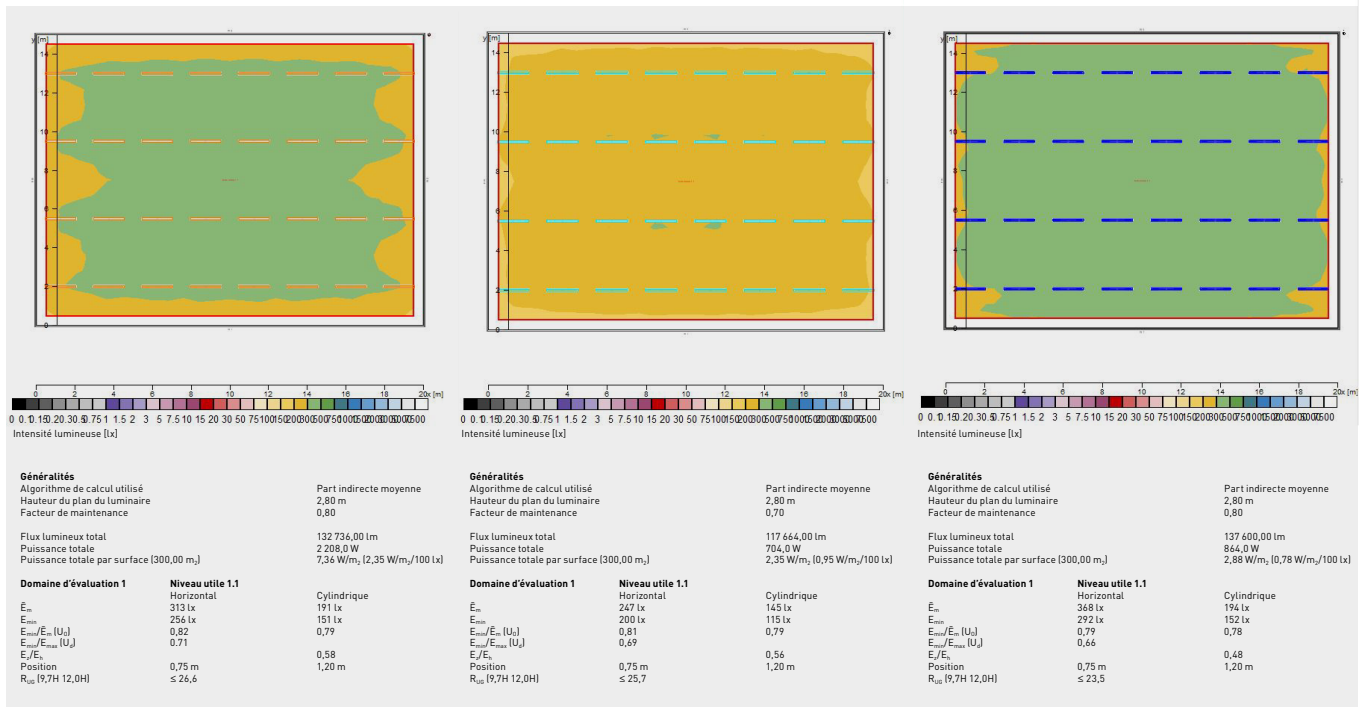


Figure 7 : Résultats des calculs pour l'éclairage d'un hall d'expédition avant et après la modification avec une lampe LED rétrofit par rapport à l'utilisation d'un éclairage LED. Le facteur de maintenance réduit à la valeur 0,7 pour la lampe rétrofit tient compte de la dégradation accrue de cette lampe, dont la durée de vie L_{70} est indiquée.

Les calculs photométriques sont comparés pour le fonctionnement de la lampe T8 d'origine de 58 W, dans un luminaire étanche de la gamme TRILUX Oleveon, ainsi que pour le luminaire identique équipé de la lampe rétrofit de 4 100 lm et une version actuelle d'un luminaire étanche TRILUX de la gamme Aragon Fit (ARAGF 15 PVW 44-840 ETDD, TOC 7401451) doté de modules LED intégrés.

L'exemple montre clairement que dans le cas de cet agencement standard, les exigences en matière de sécurité au travail ne seraient plus remplies après le rétrofit.

- Le flux lumineux n'est pas suffisant pour fournir l'intensité lumineuse requise.
- La valeur de limitation de l'éblouissement $R_{UGL} \leq 25$ exigée aujourd'hui par la norme EN 12464-1 n'est pas respectée.

En revanche, le remplacement de chaque luminaire par un modèle TRILUX répond aux exigences en matière de la sécurité au travail et augmente également l'efficacité et la qualité de l'éclairage.

- Aujourd'hui, les luminaires LED sont dotés de nombreuses spécifications techniques en matière d'éclairage, de répartition de la lumière et de limitation de l'éblouissement.
- Le luminaire LED choisi permet d'atteindre en toute sécurité l'intensité lumineuse requise.
- Le luminaire LED respecte la valeur de limitation de l'éblouissement $R_{UGL} \leq 25$ exigée aujourd'hui par la norme EN 12464-1.
- L'efficacité énergétique des luminaires LED est 22 % plus élevée que celle des lampes LED rétrofit.

4. Faits

Après le remplacement des lampes fluorescentes par des lampes LED rétrofit, les exigences en matière d'éclairage mises en œuvre au moment de l'installation du système d'éclairage peuvent être satisfaites. Ils restent donc au mieux à ce niveau antérieur, qui reste ensuite inchangé pendant la période d'exploitation des lampes rétrofit. Cependant, ce critère ne peut pas être garanti dans de nombreux cas, de sorte que les exigences en matière de sécurité du travail et de fonctionnement sécurisé de l'installation d'éclairage ne sont parfois pas remplies.

En cas de remplacement des luminaires, on obtient une qualité d'éclairage moderne qui reflète l'état actuel de la technique. Les exigences relatives aux critères de l'éclairage selon la nouvelle norme d'éclairage EN 12464-1 (2021-11) sont également respectées, sans charge supplémentaire. Par ailleurs, on peut aussi envisager la mise en place d'un éclairage contrôlé, avec la possibilité d'une action mélanopique pour accompagner le rythme circadien. Cela permet de réaliser des économies d'énergie supplémentaires tout en améliorant la qualité d'éclairage.

En termes d'empreinte carbone pendant le cycle de vie de l'installation d'éclairage, le remplacement des luminaires représente également une solution bien plus durable que l'utilisation de solutions rétrofit.

L'examen d'une nouvelle conception optimisée peut engendrer d'autres potentiels considérables.



(a) en début de matinée et à partir de la fin de l'après-midi



(b) le jour, à midi

Figure 8 : Évolution de la température de couleur de l'éclairage artificiel adaptée à la lumière du jour dans un bureau open space



En savoir plus sur :
www.trilux.com/refurbishment



Visitez également notre TRILUX Akademie qui propose des offres passionnantes sur le thème de l'éclairage :
www.trilux-akademie.com

Simplify Your Light.

www.trilux.com

26/42-F