

# Le remplacement d'un tube fluo T8 par un tube LED dans les écoles : la synthèse pour le directeur

*Un tube fluo de 1.500 mm et de 58 W consomme 68 W avec son ballast. Dans certains cas, il pourrait être remplacé par un tube LED de 23 W. La diminution des coûts d'utilisation (de 15 à 20 €/an pour un horaire de bureau) et de la pollution générée par la centrale ... mérite de s'y attarder ;-)*

- 1. Analyse technique**
- 2. Conclusions : nos choix actuels pour une école**
- 3. Proposition de démarche d'installation**
- 4. Cahier des Charges**

## 1- Analyse technique

### 1. Santé

- 1.1. La lumière bleue est nocive pour la rétine, particulièrement des jeunes enfants (cristallin plus transparent et risque de dégradation de la rétine).
- 1.2. Les lampes LED émettent une forte composante bleutée (plus élevée que les lampes traditionnelles).
- 1.3. Les lampes de couleur froide présentent une composante bleutée plus grande que les lampes de couleur chaude.
- 1.4. La norme EN 62471 classifie le risque photo-biologique des lampes. Il existe des lampes de classe RG0 et RG1<sup>1</sup> (sur une échelle de RG0 à RG3, RG3 étant le plus dangereux), minimisant les risques de lésions rétinienne. A noter que ce risque est évalué pour des adultes et que nous ne connaissons pas l'impact sur les yeux des enfants, a priori plus sensibles. Les fabricants ne sont tenus de marquer que les produits à risque RG2 et RG3. Les produits d'éclairage d'intérieur ne devraient jamais présenter de risques.
- 1.5. La forte luminosité des puces LED peut abîmer la rétine, il faut éviter de fixer son regard sur les points composant les lampes LED. Les tubes LED opalins présentent une luminosité plus faible et plus sécurisée que les tubes LED clairs.
- 1.6. Les risques liés à une exposition prolongée à l'éclairage LED, présentant une forte composante bleutée, sont encore méconnus. Des premières études comparant des lampes à LED blanc froid (6500 K) à des lampes fluo-compactes blanc froid (6500 K) montrent que les lésions à la rétine sont plus marquées pour l'éclairage LED que pour le fluo-compacte. Le risque est une accélération des

---

<sup>1</sup> RG pour risk group

dégénérescences de la rétine. Plutôt que d'apparaître aux alentours de 60 ans, les DMLA pourraient être dans le futur observées dès l'âge de 50 ans.

1.7. Si l'on souhaite minimiser les risques liés à la lumière bleue, on peut donc recommander :

- des tubes de classe RG0 et RG1 (c'est-à-dire des tubes non-marqués)
- des tubes de couleur chaude (par exemple, appellation « warm white », ou T° 3.000 K et en tout cas T° ≤ 4.000 K)
- des tubes opalins ou des tubes clairs placés dans un luminaire opalin
- les risques liés à une exposition chronique étant méconnus, de faire en sorte que les enfants ne soient pas éclairés toute la journée par un éclairage à LED et donc, par mesure préventive, de ne placer actuellement l'éclairage LED que dans les locaux de type salle polyvalente, réfectoire, couloirs, salle de gym, laboratoire de science... Dans les crèches, on évitera complètement d'éclairer avec du LED car les enfants en dessous de 2 ans ont un cristallin tellement transparent qu'il ne filtre pas la composante bleue néfaste à la rétine.

## **2. Écologie**

2.1. Bien que le tube LED ne contienne pas de mercure (comme le tube fluo), la disponibilité à terme des métaux rares qui le composent n'est pas connue...

2.2. Ces métaux rares sont du même type que ceux utilisés pour les écrans des GSM, des PC, ...

2.3. Actuellement, il n'y a pas de recyclage organisé spécifiquement pour ce produit, mais on peut comprendre qu'il n'y a pas de forte demande pour organiser cette filière.

## **3. Sécurité réglementaire de l'adaptation 1:1 dans le luminaire existant**

3.1. Le poids du tube LED peut être double par rapport à celui d'un tube fluo T8, mais il reste inférieur au poids maximum autorisé de 500g, supporté par les luminaires pour tubes fluo T8 (norme IEC 62 776). Les tubes en matière plastique limitent le risque lié à une chute et autorise à supprimer des opalins jaunis et peu efficaces !

3.2. Afin d'éviter tout risque d'électrocution, les tubes doivent respecter la norme NBN EN 62560. L'attestation de conformité sera demandée au fournisseur.

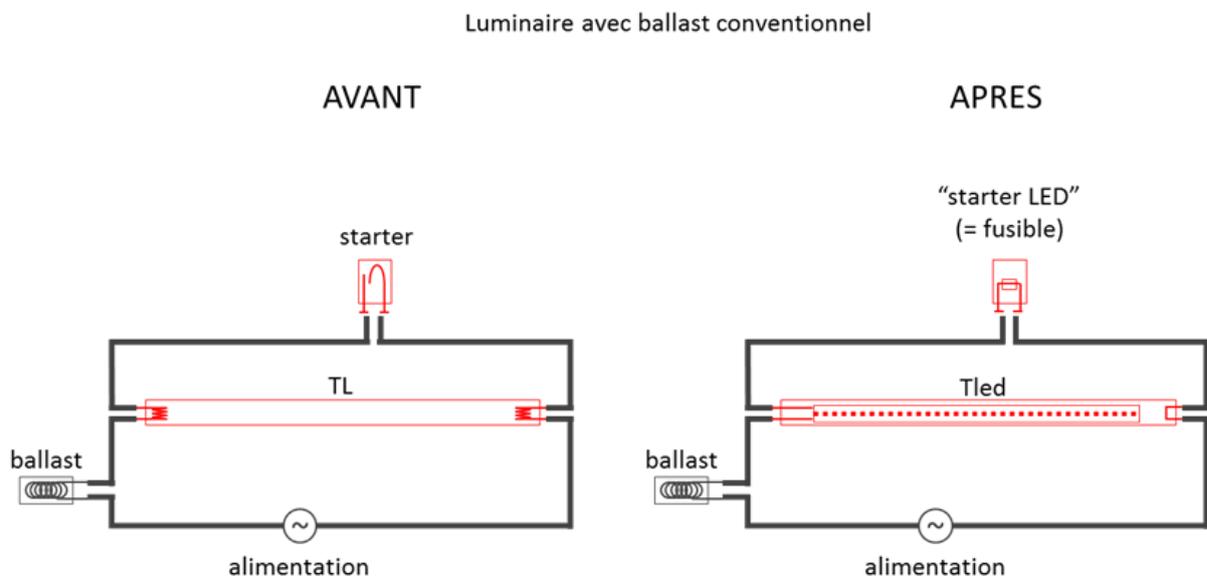
3.3. Le fonctionnement des tubes LED ne nécessite pas de starter ni de ballast.

3.4. Le placement de tubes LED dans une armature originellement conçue pour les tubes fluo ne nécessite pas la même intervention s'il s'agit d'un luminaire muni d'un ballast électronique ou d'un luminaire muni d'un ballast électromagnétique.

3.5. Dans le cas du ballast électronique, une modification du câblage interne du luminaire est nécessaire. Les fabricants de tubes LED fournissent généralement les schémas de modification.

3.6. Dans le cas du ballast électromagnétique, il est possible de ne pas modifier le schéma du luminaire en choisissant un tube LED alimenté d'un seul côté et livré

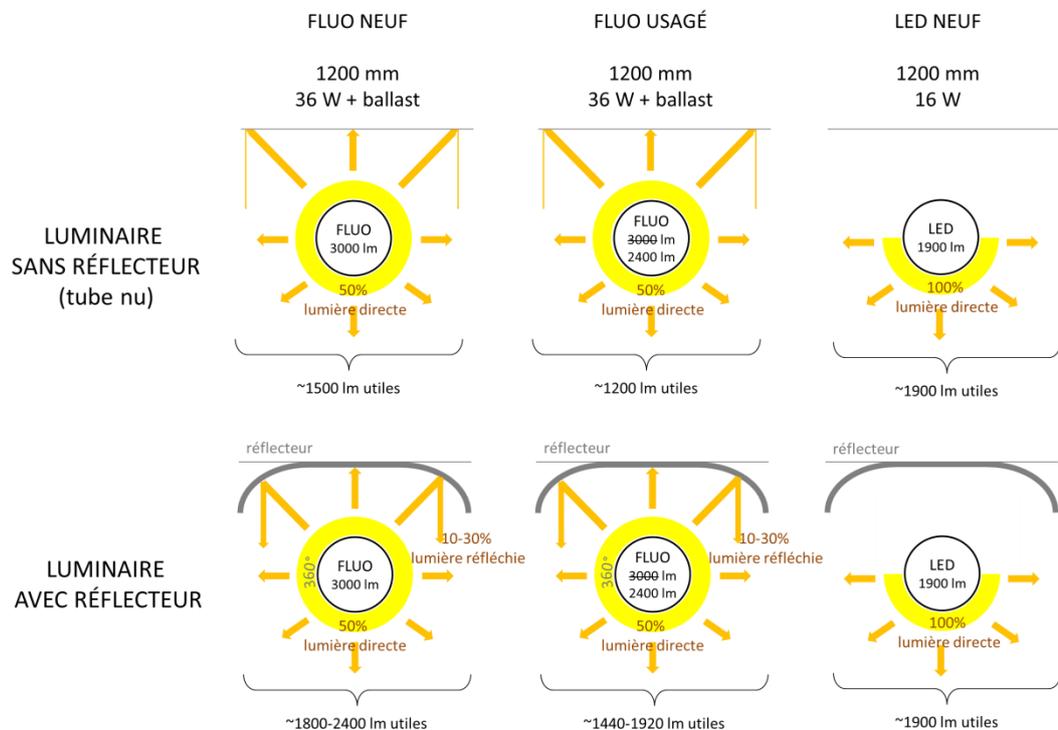
avec une pièce « fusible » à visser à la place du starter en place. Grâce à ce faux-starter, l'installation fonctionne et est protégée au cas où un tube fluo serait remis par erreur. Le ballast reste néanmoins alimenté, ce qui génère de l'ordre d'1 Watt de consommation supplémentaire. Cette consommation est évitable par le pontage du ballast (mais on modifie dès lors le câblage du luminaire, et cette modification pourrait entraîner la perte de la couverture assurance en cas d'incendie du à cette modification...).



- 3.7. Il faut être conscient que toute adaptation du luminaire fait perdre au luminaire sa conformité CE et ENEC d'origine et que le fabricant du luminaire n'est dès lors plus responsable du produit.
- 3.8. Après modification du luminaire, la responsabilité incombe à la personne qui a modifié ou donné l'ordre de modifier celui-ci.
- Si la modification a été effectuée par le technicien de l'école, c'est au directeur d'école qu'incombe la responsabilité du luminaire modifié. Un organisme certificateur peut valider la qualité de la procédure.
  - Si l'adaptation a été réalisée par un technicien agréé, c'est à ce dernier que la responsabilité incombe.
  - Il est intéressant de savoir que certains fabricants de tubes LED s'occupent de l'installation et adaptent les luminaires en suivant une procédure qu'ils ont fait préalablement valider par un organisme certificateur. La responsabilité de la nouvelle installation leur incombe dès lors. Ordre de grandeur de coût : 8 €/tube.
- 3.9. A noter que le remplacement des lampes fluo par des lampes LED (de longue durée de vie) sous-entend un bon état préalable du luminaire et tout particulièrement des broches d'alimentation du tube.

## 4. Niveau d'éclairage

- 4.1. Même s'il entraîne une légère diminution du niveau d'éclairage, la pose d'un opalin, intégré au tube ou externe, est fortement conseillée pour réduire l'éblouissement.
- 4.2. Le nombre de lumen produit par un tube LED dépend d'une marque à l'autre et constitue un critère de qualité.
- 4.3. A priori le tube LED génère moins de lumière que le tube fluo (1.900 lumen versus 3.000 lumen pour un tube de 1.200 mm). Mais toute la lumière du tube LED est utile puisqu'orientée vers le bas. Tandis que les réflecteurs permettent de réfléchir une partie de la lumière du tube fluo (plus ou moins grande en fonction de la qualité du réflecteur), ces réflecteurs ne jouent plus ce rôle avec un tube LED et sont alors inutiles.



Efficacité lumineuse de différentes configurations de luminaires et de tubes

4.4. Lors d'un remplacement, le résultat comparatif avant/après dépendra donc très fortement :

- 1° - de la qualité du luminaire. Si des miroirs efficaces renvoient la lumière du tube fluo vers le bas, le remplacement par un tube LED génèrera une diminution d'éclairage. Par contre, dans le cas d'un tube nu, le passage au LED se traduira par une légère augmentation du niveau d'éclairage.
- 2° - du vieillissement du tube fluo. Celui-ci a perdu 20% de son efficacité, environ, après 10.000 h d'utilisation... Le tube LED neuf paraîtra d'autant plus efficace !... Lors du test, on risque de comparer une installation de tubes fluo en fin de vie, avec une installation de tubes LED neufs et lumineux ! Il faut

donc veiller à surdimensionner légèrement l'installation pour anticiper sa chute de luminosité future.

- 4.5. L'uniformité lumineuse sur le plan de travail n'est pas aussi bonne que dans le cas d'un luminaire avec tube fluo (courbe « chauve-souris »).
- 4.6. Il est donc fortement conseillé de tester le résultat des nouveaux tubes sur une classe, avant de généraliser à l'ensemble de l'école, afin de vérifier que l'éblouissement est minimal, l'éclairage est atteint et l'uniformité est suffisante.

## 5. Rentabilité

- 5.1. La rentabilité dépend du coût d'achat du luminaire, de la longueur du tube, du prix du kWh, du prix de l'installation du tube LED, du coût de la maintenance évitée si on était resté dans une installation fluo, des durées de vie prises en compte pour le tube fluo et pour le tube LED.
- 5.2. La notion de durée de vie est actuellement peu claire car le fabricant spécifie rarement s'il s'agit de la durée de vie des puces LED seules, de l'électronique associée ou de la globalité du tube. La durée de vie généralement annoncée est la période durant laquelle le flux lumineux des puces LED reste supérieur à 70% du flux lumineux initial. Elle est d'application à condition que la puce LED soit utilisée dans les conditions de tension et de température normalisées. Notons que la puce LED est très sensible à la température de fonctionnement et son enfermement dans un tube n'est sans doute pas favorable. Il faut donc s'attendre à ce que la durée de vie réelle soit inférieure à la durée de vie annoncée. La durée de la garantie offerte par le fabricant est un indice de qualité.
- 5.3. Certains fabricants demandent une extinction du tube de 3h toutes les 8 heures, pour limiter la surchauffe... et assurer la durée de vie annoncée.
- 5.4. En dehors du coût de l'installation et de la maintenance, l'investissement est remboursé en 3 à 7 ans pour une classe d'école (1.000 h de fonctionnement/an si éclairage permanent aux heures scolaires), 2 à 3 ans pour un bureau (2.000 h de fonctionnement/an), moins d'un an pour un tube à fonctionnement permanent (8760 h/an). Le tableau ci-dessous précise les différents cas de figure :

Longueur du tube	Coût d'achat du tube	Tarif Basse Tension (~0.22€/kWh)	Tarif Haute Tension (~0.15€/kWh)
1200 mm (ex-36W)	29€ TVAC	4 500 h	6 500 h
1500 mm (ex-58W)	34€ TVAC	2 500 h	4 000 h

Durée d'amortissement de l'investissement dans un tube LED

## 1. Conclusions : nos choix actuels pour une école

Il existe sur le marché des tubes LED permettant d'atteindre un niveau d'éclairage satisfaisant, sans éblouissement, ... et consommant le tiers d'un tube fluo !

La décision du remplacement est fortement influencée d'une part par le crédit donné à la durée de vie annoncée par le fabricant et d'autre part, par la rapidité imaginée de la baisse future du coût du tube et de la hausse de ces performances.

- Les cas où on imagine un remplacement d'office :
  - Les salles de sports équipées de tubes fluo suite à leur hauteur et au coût élevé de la maintenance, tout en vérifiant la bonne uniformité et le niveau d'éclairage.
  - Les lampes à fonctionnement 24h/24, si le fabricant garantit cet usage.
  - Les tubes dans les sanitaires qui sont régulièrement allumés/éteints
  - Les tubes nus
- Les situations très favorables au remplacement :
  - Les tubes de 1,5 m de longueur (58 W) dans des luminaires avec des douilles encore en bon état.
  - Les petites écoles alimentées au régime basse tension (0,22 €/kWh)
  - Les cas où il y a un surdimensionnement de la luminosité des tubes fluo > 20% (classe où on aurait > 400 lux sur les tables)
  - Les couloirs ou locaux allumés très longtemps (par exemple orientés au Nord)

Puisqu'on ne dispose généralement pas du budget pour un remplacement de tous les tubes, il paraît opportun de commencer par ces cas favorables. Notons que certains installateurs proposent des solutions de location.

-----

Si l'installation est en mauvais état (vieux luminaires avec opalins jaunis et cosses plastiques fragiles, par exemple), faut-il rénover :

- Avec une nouvelle installation T5 ?
- Avec une nouvelle installation tubes LED (luminaires basiques pour tubes fluo + tubes) ?
- Avec une nouvelle installation LED (lampes LED et luminaires pour LED) ?

On n'est plus dans le cas d'un « relamping » (lampes de substitution) mais bien dans une rénovation complète des luminaires. Dans ce cas, il faut faire réaliser une étude complète pour déterminer la meilleure solution.

## 2. Proposition de démarche d'installation

1° Un électricien vérifie l'état préalable des luminaires (type et état des luminaires) et le niveau de luminosité (300 lux recommandés sur les tables de travail, en déduisant la lumière du jour) et son uniformité (rapport éclairage minimal sur éclairage moyen > 60%).

2° Le PO décide s'il fait appel à un installateur ou à un technicien interne à l'école.

3° Le PO fait préciser par l'installateur ou le fabricant que les tubes LED répondent aux critères du Cahier des Charges ci-dessous.

4° L'installateur procédera à un test dans un local type de l'école, en matière d'éclairage et d'uniformité. S'il s'agit d'un technicien interne, un premier achat de quelques tubes permettra de réaliser ce test, avant un achat plus conséquent. S'il passe ensuite par un appel d'offres, il précisera que le tube aura un flux (en lumen) au minimum égal à celui utilisé pour le test.

## 3. Cahier des Charges

Les tubes LED devront répondre aux exigences réglementaires en vigueur et plus particulièrement:

- minimiser les risques d'électrocution en satisfaisant la norme NBN EN 62560 (Lampes à DEL auto-ballastées pour l'éclairage général fonctionnant à des tensions > 50 V) ou IEC 62776 (lampes à LED à deux culots conçues pour remplacer des lampes à fluorescences linéaires)
- être équipés de puces LED orientées uniquement vers le bas (pas de "double-side")
- faire partie de la classe RG0 ou RG1 de la norme EN 62471 (risques photo-biologiques)
- avoir une couleur chaude  $T^{\circ} \leq 4.000$  K (de préférence 3.000 K)
- être opalins s'ils ne seront pas intégrés dans des luminaires déjà munis d'une coiffe opaline
- être garantis pour un usage permanent s'ils sont destinés à un fonctionnement 24h/24
- avoir une efficacité supérieure à 100 lumen/Watt
- avoir un indice de rendu des couleurs supérieur à 80

Il sera demandé au fabricant de fournir la taille des tubes, le schéma de montage et d'inclure dans son prix le coût des accessoires éventuels (par exemple, "starters-fusibles").