



Prévenir les désordres,
améliorer la qualité
de la construction

PÔLE
OBSERVATION

Dispositif REX
Bâtiments
performants

ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL EN RÉNOVATION 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



SOMMAIRE

Avertissement	2
PARTENARIAT AQC / RÉSEAU BRETON BÂTIMENT DURABLE	2
L'AQC ET LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS.....	3
Présentation générale.....	3
Quelques chiffres	4
LE RÉSEAU BRETON BÂTIMENT DURABLE	6
INTRODUCTION	8
12 ENSEIGNEMENTS CLÉS TIRÉS DES RETOURS D'EXPÉRIENCES	9
1 Trouver la position optimale pour la mise en place d'un éclairage zénithal au regard des contraintes extérieures	10
2 Adapter l'aménagement de la pièce en fonction des apports de lumière naturelle	11
3 Éviter les éclairages directs provenant du plafond.....	12
4 Considérer les risques pour la rétine liés à la lumière bleue des leds.....	13
5 Éviter les phénomènes de scintillement	14
6 S'assurer d'une restitution fidèle des couleurs	15
7 Choisir une température de couleur adaptée à l'usage et au moment de la journée	16
8 Mettre en place un système de pilotage de l'éclairage adapté à l'usage du bâtiment.....	17
9 Prévoir une commande manuelle permettant de déroger à l'automatisation	18
10 Remplacer l'ensemble du luminaire lors du relamping.....	19
11 Effectuer un réglage et un contrôle régulier des détecteurs de luminosité	20
12 Afficher des explications pour inciter à l'utilisation de la gradation manuelle	21
CONCLUSION	22
GLOSSAIRE	23
DÉFINITIONS	24

AVERTISSEMENT

Ce document contient la description d'événements relevés lors d'une enquête. Il ne reflète que l'expérience issue de l'échantillon d'opérations visitées. C'est donc un retour partiel à partir duquel aucune extrapolation statistique ne peut être réalisée.

Ce document propose également un ensemble de bonnes pratiques issues de l'expérience des acteurs rencontrés sur le terrain ou de celle des spécialistes ayant participé à ce travail.

En aucun cas ces bonnes pratiques ne peuvent se substituer aux textes de référence concernés.

PARTENARIAT AQC / RÉSEAU BRETON BÂTIMENT DURABLE

Ce rapport est le fruit d'une collaboration entre l'AQC et le Réseau Breton Bâtiment Durable. Il a été réalisé grâce au soutien financier du programme PROFEEL. Les informations qu'il contient proviennent des retours d'expériences collectés via le Dispositif REX Bâtiments performants conçu et développé par l'Agence Qualité Construction.

Il a pour but de présenter 12 enseignements majeurs sur le traitement de l'éclairage. Le choix de ces enseignements s'est fait en fonction de la récurrence des constats observés au sein de l'échantillon, de leur gravité et de l'appréciation des spécialistes du sujet qui ont participé à ce travail.

L'AQC ET LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS



PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Sous l'impulsion des objectifs de la transition énergétique, le secteur du bâtiment s'est engagé dans une mutation importante qui bouleverse les logiques et les habitudes du passé. Comme dans tous les domaines, ces changements impliquent une montée en compétences des acteurs, qui passe par l'expérimentation. Cette étape, indispensable pour progresser, est cependant naturellement génératrice d'écueils.

L'AQC se devait donc de capitaliser et valoriser ces retours d'expériences pour s'en servir comme des leviers d'amélioration de la qualité. C'est dans cet esprit que le Dispositif REX Bâtiments performants accompagne, depuis 2010, l'ensemble des acteurs de l'acte de construire en les sensibilisant sur les risques émergents induits par cette mutation de la filière Bâtiment.

Ce dispositif consiste concrètement à capitaliser des retours d'expériences en se basant sur l'audit *in situ* de bâtiments précurseurs allant au-delà des objectifs de performances énergétiques et environnementales et sur l'interview des acteurs ayant participé aux différentes phases de leur élaboration.

Le partage des expériences capitalisées est au cœur du mode opératoire. Après une étape de consolidation et d'analyse des données, les enseignements tirés sont valorisés pour permettre l'apprentissage par l'erreur. Cette valorisation s'attache également à mettre en valeur les bonnes pratiques.

FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF

ÉTAPE A	COLLECTE SUR LE TERRAIN	- Interview <i>de visu</i> et <i>in situ</i> d'acteurs précurseurs de constructions performantes. - Identification des non-qualités et des bonnes pratiques par les enquêteurs.
ÉTAPE B	CONSOLIDATION DANS UNE BASE DE DONNÉES	- Capitalisation de l'information en utilisant une nomenclature prédéfinie. - Relecture des données capitalisées par des experts construction.
ÉTAPE C	ANALYSE DES DONNÉES	- Extractions de données en fonction de requêtes particulières. - Évaluation des risques identifiés par un groupe d'experts techniques.
ÉTAPE D	VALORISATION DES ENSEIGNEMENTS	- Production de rapports. - Réalisation d'une mallette pédagogique et de plaquettes de sensibilisation pour les professionnels.

Le Dispositif REX Bâtiments performants est alimenté grâce à la coopération des centres de ressources membres du Réseau Bâtiment Durable. Les enquêteurs qui collectent les retours d'expériences sur le terrain sont hébergés dans les centres de ressources régionaux, qui partagent leurs réseaux et leurs réflexions autour des retours d'expériences.

LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS EN QUELQUES CHIFFRES

10 ANS

d'ancienneté

84 ENQUÊTEURS

depuis 2010

10 EN 2020

4 000 ACTEURS

RENCONTRÉS

depuis 2010

500 EN 2020

610 BÂTIMENTS
VISANT LE NIVEAU BBC
OU RT 2012

labellisés ou non

190 BÂTIMENTS
VISANT LE NIVEAU
PASSIF

labellisés ou non

720 BÂTIMENTS
VISANT LE NIVEAU BBC
RÉNOVATION

labellisés ou non

65 BÂTIMENTS
RÉALISÉS À L'AIDE D'OUTILS BIM

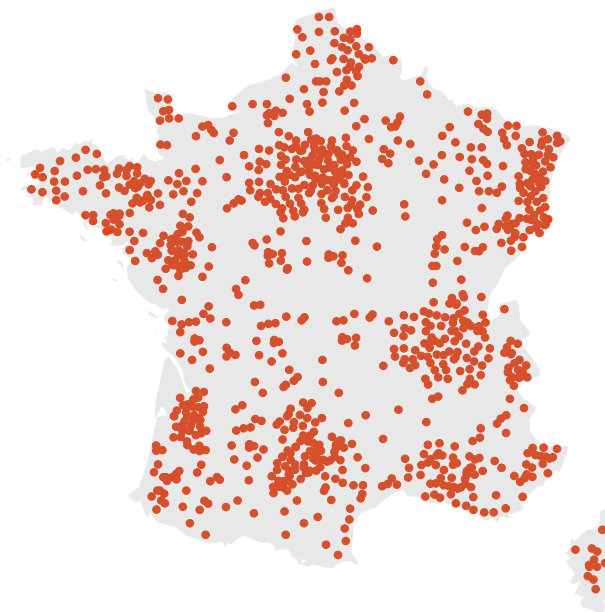
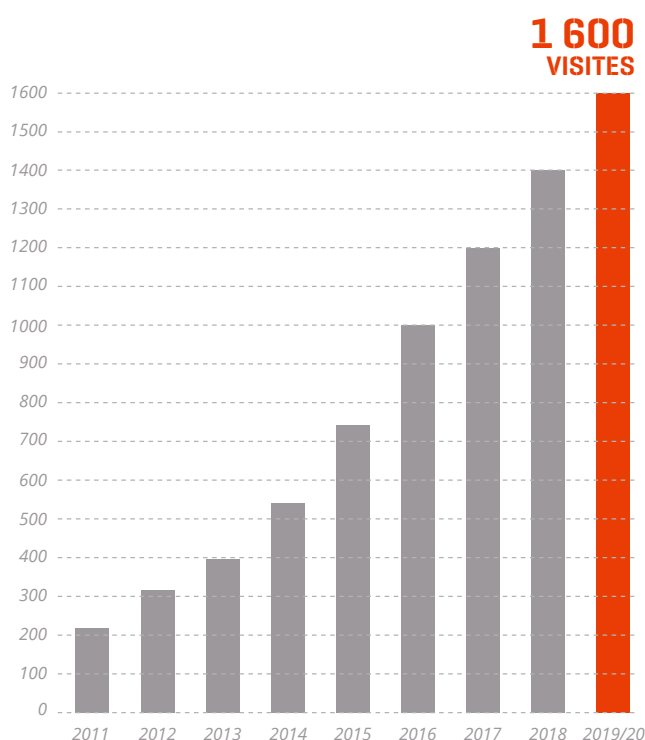
15 BÂTIMENTS
INTÉGRANT LA DÉMARCHE E+/C-

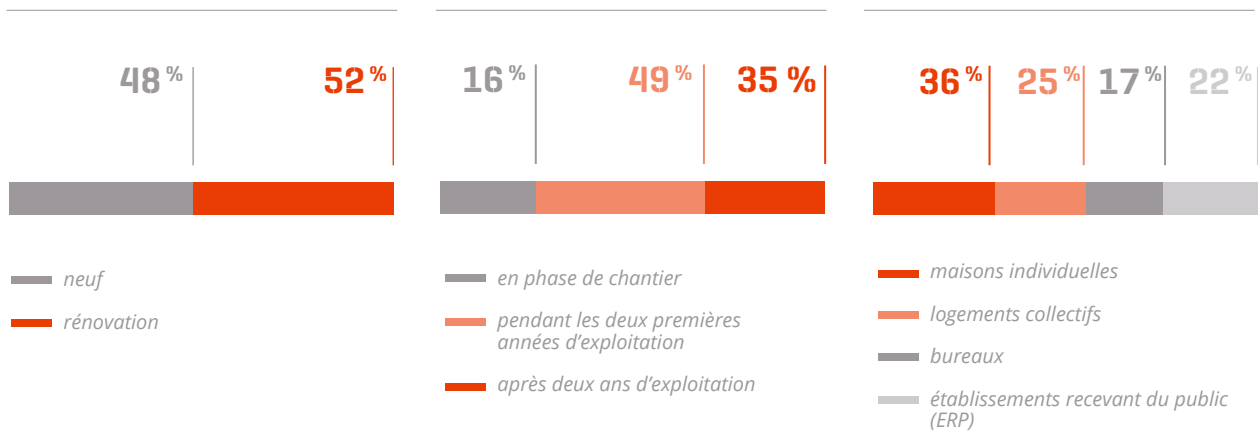
1 600 BÂTIMENTS

VISITÉS depuis 2010

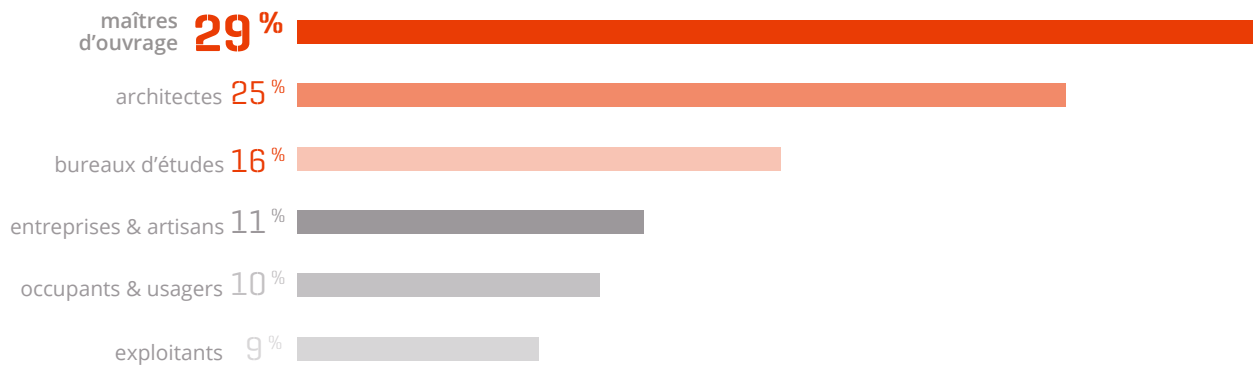
200 EN 2020

OPÉRATIONS VISITÉES

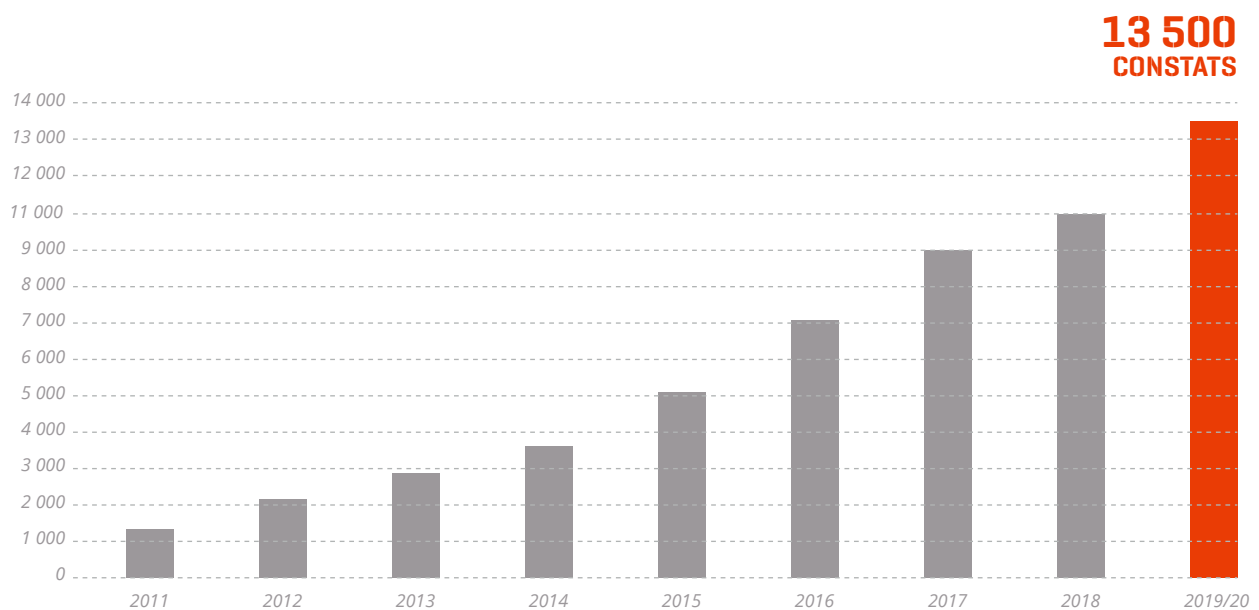




LES ACTEURS RENCONTRÉS



CONSTATS CAPITALISÉS



LE RÉSEAU BRETON BÂTIMENT DURABLE



Le Réseau Breton Bâtiment Durable a pour objet d'accélérer les transitions en fédérant l'ensemble des acteurs du bâtiment en Bretagne sur les thématiques de la construction et de la rénovation durables.

Centre de ressources techniques, le Réseau Breton Bâtiment Durable se positionne comme le réseau des réseaux :

- **Il anime un lieu d'échange et de partage**, pour informer l'ensemble des acteurs concernés ou intéressés sur ses thématiques expertes.
- **Il propose des ressources et des outils techniques**, allant de l'analyse de projet (dossier REX) à l'étude spécialisée.
- **Il anticipe les évolutions du secteur**, pour faciliter la montée en compétences de l'ensemble des acteurs.

Fort de son expertise sur les évolutions bâtimentaires et de son ancrage de terrain, le Réseau Breton Bâtiment Durable produit et diffuse des ressources (REX, bonnes pratiques, études de cas, outils techniques) pour acculturer des professionnels du secteur, valoriser l'innovation et accélérer les transitions. Avec en ligne de mire, une ambition : permettre à tous une montée en compétences vers un bâtiment plus performant.

Espace d'échange et de partage, il a vocation à favoriser les interactions, à capitaliser les expériences du territoire et à alimenter les réflexions. Le Réseau Breton Bâtiment Durable fédère les énergies, en impulsant une dynamique de réseau. Ses actions de terrain et ses missions techniques sont réalisées en lien et en complément avec les projets portés par les acteurs régionaux de la construction.

Après sept années de fonctionnement comme mission au sein de la Cellule Économique de Bretagne, le Réseau Breton Bâtiment Durable s'est structuré en association loi 1901 fin 2019. Cette étape est le signe d'une nouvelle dynamique et d'une volonté de porter de manière plus lisible la thématique du Bâtiment Durable. Les institutions et organisations à l'origine du Réseau Breton Bâtiment Durable – État, Région, ADEME – soutiennent l'initiative et comptent parmi les membres fondateurs de la jeune association. L'association est portée par une gouvernance multipartenariale : ses adhérents, répartis en huit collèges, œuvrent collectivement à dessiner les grandes orientations du Réseau Breton Bâtiment Durable.

Afin d'assurer une cohérence entre les missions portées localement et l'échelon national, le Réseau Breton Bâtiment Durable adhère au Réseau Bâtiment Durable, réseau national qui regroupe les centres de ressources régionaux.

INTRODUCTION

COMMENT ÉVITER L'INCONFORT VISUEL ET LA SURCONSOMMATION DU POSTE ÉCLAIRAGE ?

L'éclairage intérieur des bâtiments doit répondre à trois enjeux majeurs : assurer la sécurité des déplacements, apporter une quantité de lumière suffisante et maîtriser la consommation énergétique. De plus, un éclairage qualitatif est un éclairage qui prend en compte le confort visuel, l'acuité visuelle et l'ambiance lumineuse. Ces facteurs ont un impact majeur sur le ressenti des occupants, leur concentration et leur bien-être.

Un premier rapport concernant les ambiances lumineuses a été rédigé en 2017 et réédité en 2019 dans le cadre du Dispositif REX Bâtiments performants de l'AQC. Il a permis de traiter le confort visuel et de s'interroger sur son interaction avec la recherche de performances thermiques et énergétiques.

Ce second rapport portant sur l'éclairage vise à approfondir le sujet en orientant l'analyse des retours d'expériences vers les projets de rénovation et en cherchant à caractériser l'impact des non-qualités par la mesure de plusieurs indicateurs de confort.

Bien que l'analyse porte essentiellement sur l'éclairage artificiel, les deux premiers enseignements rappellent l'importance des apports de lumière naturelle. En effet, l'accès à la lumière naturelle, gratuit et qualitatif, doit être une préoccupation majeure lors des opérations de rénovation. L'ajout de puits de lumière ou le réaménagement des espaces peuvent y contribuer. En absence ou insuffisance de lumière naturelle, l'éclairage artificiel doit être le plus qualitatif, quel que soit l'usage des espaces.

Des points de vigilance sont abordés dans les enseignements 3 à 7.

Ils concernent l'orientation des éclairages de plafond, les risques liés à la lumière bleue, les phénomènes de scintillement, la température de couleur ou encore l'indice de rendu des couleurs. Le choix des équipements et leur bonne mise en œuvre est un facteur prépondérant de réussite.

Enfin, les 5 derniers enseignements retenus permettent d'aborder les bonnes pratiques pour une gestion de l'éclairage contribuant à la diminution de la consommation énergétique. Le pilotage des équipements permet de réduire de 30 à 70 % la dépense énergétique liée à ce poste (source AFE). Le bon réglage des différents détecteurs, le changement des luminaires pour des équipements plus économes ou encore la formation des usagers sont autant de bons réflexes à intégrer.

ENSEIGNEMENTS CLÉS

Les pages suivantes présentent 12 enseignements principaux issus de l'analyse et de la synthèse des retours d'expériences observés depuis 2010 dans le cadre du Dispositif REX Bâtiments performants. Le choix de ces enseignements s'est fait en fonction de la récurrence des constats observés au sein de l'échantillon, de leur gravité et de l'appréciation des spécialistes du sujet qui ont participé à ce travail.

✓ bonne pratique ✗ non-qualité



Les photos et illustrations de ce rapport sont directement téléchargeables avec leur légende.

Cliquer sur le pictogramme pour les télécharger.



Les enseignements sont téléchargeables indépendamment les uns des autres.

Cliquer sur le pictogramme pour les télécharger.

1 TROUVER LA POSITION OPTIMALE POUR LA MISE EN PLACE D'UN ÉCLAIRAGE ZÉNITHAL AU REGARD DES CONTRAINTES EXTÉRIEURES ☴

CONSTAT

- L'environnement extérieur limite l'apport de lumière naturelle par le puits de lumière.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Compensation par des luminaires électriques, car l'éclairage intérieur ne bénéficie pas de l'ensemble du potentiel de lumière naturelle.
- Dégradation de l'uniformité de l'éclairage naturel à l'intérieur du bâtiment.

ORIGINES

- Absence de prise en compte des masques extérieurs (bâtiments, équipements techniques, végétation...).
- Manque d'entretien du dispositif d'éclairage zénithal.

SOLUTIONS CORRECTIVES

- Entretenir et/ou élaguer la végétation gênante.
- Nettoyer l'extérieur du puits de lumière.

BONNES PRATIQUES

- Optimiser en conception l'emplacement des puits de lumière par rapport à la course du soleil et aux masques environnants afin de maximiser les apports de lumière naturelle.
- Entretenir régulièrement les dispositifs d'accès à la lumière naturelle. Mettre en place un contrat d'entretien le cas échéant.



Le bâtiment voisin crée une ombre portée sur le puits de lumière. ©AQC



Le lanterneau est encrassé par la présence de végétation et le développement de micro-organismes. L'absence d'entretien régulier restreint l'apport de lumière naturelle. ©AQC



Aucun masque n'est présent à proximité des tubes de lumière naturelle et l'entretien est effectué régulièrement. ©AQC



Référence :

- « Les guides bio-tech : l'éclairage naturel », ICEB (Institut pour la conception écoresponsable du bâti), Arene, mars 2014.

2 ADAPTER L'AMÉNAGEMENT DE LA PIÈCE EN FONCTION DES APPORTS DE LUMIÈRE NATURELLE ⬇

CONSTAT

- Seule la lumière artificielle éclaire les postes de travail alors que des ouvertures sont présentes.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Carence de lumière naturelle pour les postes de travail.
- Surconsommation d'électricité.

ORIGINE

- Mauvais positionnement des postes de travail par rapport aux ouvertures.

SOLUTION CORRECTIVE

- Revoir l'aménagement intérieur afin de placer les postes de travail à proximité des apports de lumière naturelle.

N.B. : Par exemple, les bureaux doivent être à 90° par rapport aux fenêtres afin d'éviter les éblouissements directs ou indirects.

BONNE PRATIQUE

- Évaluer en conception l'ergonomie et l'environnement des pièces pour que l'aménagement soit adapté, en se faisant accompagner par des ergonomes si besoin (médecine du travail).



Le bureau se situe dans un coin sombre de la pièce alors qu'une grande ouverture est présente. L'utilisation de l'éclairage artificiel devient alors inévitable. ©AQQC



Les bibliothèques sont placées entre les ouvertures, ce qui n'obstrue pas la pénétration de la lumière naturelle. ©AQQC



Le bureau est placé à 90° par rapport à la fenêtre, ce qui permet d'éviter les éblouissements tout en profitant de l'éclairage naturel. ©AQQC

Références :

- « Guide de l'éclairage intérieur des lieux de travail : Vision et ergonomie » Guide AFE.
- Norme NF X35-103 - Principes d'ergonomie applicables à l'éclairage des lieux de travail.
- « Ambiance lumineuse - 12 enseignements à connaître », AQCC, 2017.

3 ÉVITER LES ÉCLAIRAGES DIRECTS PROVENANT DU PLAFOND ⚠

CONSTATS

- La présence de sources lumineuses dans le champ de vision entraîne un éblouissement.
- Les objets de l'environnement projettent des ombres portées sur le plan de travail.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Gêne visuelle provoquant une fatigue et de l'inconfort.
- Dégradation de l'ergonomie visuelle de l'environnement.

ORIGINE

- Absence de composants optiques permettant de réfléchir et/ou de diffuser le flux lumineux.

SOLUTIONS CORRECTIVES

- Installer un dispositif optique pour diffuser le rayon direct si les lampes le permettent.
- Remplacer l'intégralité du luminaire par un dispositif possédant un réflecteur.

BONNES PRATIQUES

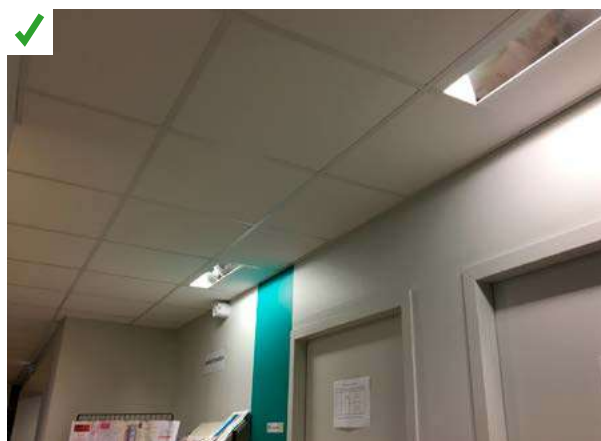
- Équiper les luminaires de réflecteurs ou de diffuseurs.
- Mettre en place un éclairage basse luminance*.
- Installer un éclairage avec une forte composante indirecte : 60 % envoyé vers le plafond qui réfléchit la lumière et 40 % vers le sol, ce qui permet un bon éclairage et peu de contraste. Pour les postes de travail, les lampadaires directs/indirects de bureau sont adaptées.

Référence :

- « Éclairage des parties communes des bâtiments tertiaires et résidentiels », ADEME, décembre 2012.



La pièce possède une grande hauteur sous plafond avec de nombreux spots directionnels entraînant une multitude d'ombres portées sur le plan de travail. ©AQC



Tubes fluorescents équipés de réflecteurs dans une circulation. Une partie de la lumière est issue de la réflexion et limite les impacts de la lumière directe. ©AQC



Des lampadaires de bureau directs/indirects équipent les espaces de travail. ©AQC



4 CONSIDÉRER LES RISQUES POUR LA RÉTINE LIÉS À LA LUMIÈRE BLEUE DES LED ⚠

CONSTAT

- La mesure spectrale de la source lumineuse indique une intensité relative de lumière bleue importante autour de 440 Nm.

N.B. : la lumière bleue responsable des effets délétères sur la rétine est comprise entre 435 et 440 Nm.

PRINCIPAL IMPACT

- Dégradation de la rétine due à la toxicité de la lumière bleue.

N.B. : les photons bleus peuvent dégrader les cellules photosensibles de la rétine, notamment chez les jeunes enfants. En effet, leur système visuel est en croissance et leur cristallin ne filtre pas efficacement le rayonnement bleu délétère. Le danger est aussi présent chez les personnes âgées (dégénérescence maculaire).

ORIGINES

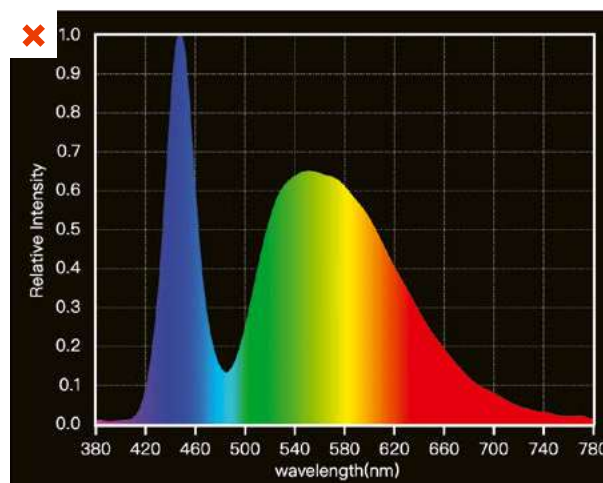
- Installation de LED de mauvaise qualité ou contrefaites.
- Méconnaissance des risques liés à la lumière bleue et absence de prise en compte de ce facteur lors de la prescription.

SOLUTION CORRECTIVE

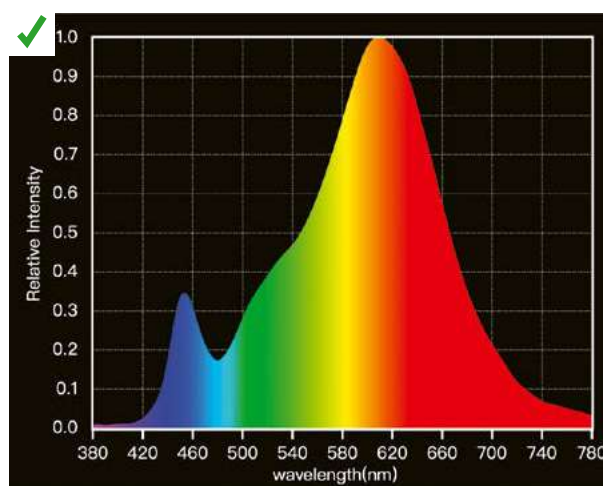
- Contrôler et remplacer en priorité les LED en lumière directe comportant une intensité relative de lumière bleue importante pour une longueur d'onde de 435 à 440 Nm.

BONNES PRATIQUES

- Être vigilant lors de la sélection du luminaire en étudiant les spectres, notamment lorsque le choix se porte sur une lumière blanche susceptible de contenir une forte proportion de lumière bleue.
- Prévoir un autocontrôle, à l'aide d'un spectromètre, selon les usages de la pièce (EHPAD, petite enfance...).
- Profiter de la rénovation pour vérifier la composition spectrale, à l'aide d'un spectromètre, des LED déjà en place ainsi que des nouveaux luminaires.



Mesure spectrale d'une LED où le bleu violet est majoritaire. Le pic se situe autour de 440 Nm. ©AQC



Mesure spectrale d'une lampe où le rouge est majoritaire. Le pic se situe autour de 600 Nm. Les effets délétères de la lumière bleue sont évités. ©AQC



Référence :

- « Effets sur la santé humaine et sur l'environnement (faune et flore) des diodes électroluminescentes (LED) », Rapports d'expertise collective, ANSES, avril 2019.

5 ÉVITER LES PHÉNOMÈNES DE SCINTILLEMENT ⚠

CONSTAT

- La variation de l'intensité de la source lumineuse entraîne un scintillement perceptible à l'œil.

PRINCIPAL IMPACT

- Gêne pour les occupants. Les sensations peuvent aller de l'inconfort aux maux de tête et déclencher, dans certains cas, des crises d'épilepsie.

ORIGINES

- Incompatibilité des équipements. L'association de modules de gradation avec certains luminaires peut accentuer le phénomène de scintillement (également appelé flicker*) ou même l'induire pour des sources qui ne scintillent pas à l'origine.
- Mauvaise qualité ou défectuosité du driver* du luminaire qui ne supporte pas les variations d'intensité du réseau électrique.

SOLUTION CORRECTIVE

- Changer les composants défectueux ou de mauvaise qualité si les produits (driver*, ballast*...) sont remplaçables.

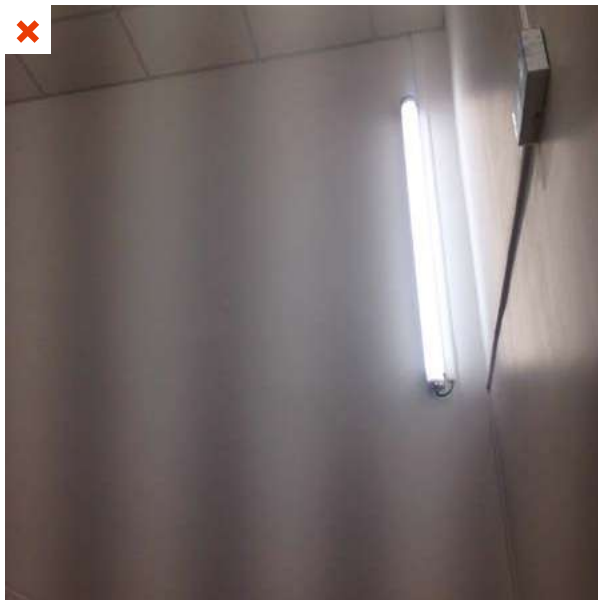
N.B. : Le scintillement est rarement signalé sur le produit.

BONNES PRATIQUES

- Choisir un driver* de bonne qualité, acceptant les fluctuations d'intensité du réseau électrique ou un luminaire dit « flicker-free ».
- Contrôler à l'aide d'un spectromètre le scintillement du luminaire à pleine puissance ainsi qu'à plusieurs niveaux d'intensité lumineuse lorsque ce dernier est équipé d'un système de gradation.
- Vérifier, avec un spectromètre, que les indices et pourcentages de scintillement des luminaires respectent les valeurs de référence souhaitées.

Références :

- Article R4223-8 du Code du travail.
- Normes pour la partie courant électrique : CEI 555-1 et NF EN 61000-3-3, mars 2014.
- La norme américaine IEEE 1789 de 2015 donne des limites à respecter pour une lumière sans risque.
- « Flicker in Solid-State Lighting : Measurement Techniques, and Proposed Reporting and Application Criteria- Poplawski », ME, Miller, NM.



L'affichage de l'écran d'un smartphone en mode appareil photo permet de mettre en image le scintillement du tube LED : apparition de bandes lumineuses. ©AQC



Flicker Percentage	34 %
Flicker Index	0.10
Flicker Frequency	100 Hz

Mesure du pourcentage et de l'indice de scintillement d'un tube fluorescent avec un spectromètre. Les valeurs de référence tolérables se situent autour de 40 % avec un indice de 0,15 maximum. ©AQC



Certains luminaires peuvent être identifiés pour leur faible scintillement. Une mention « flicker-free » est alors présente sur l'emballage et/ou la documentation technique. ©DHgate



6 S'ASSURER D'UNE RESTITUTION FIDÈLE DES COULEURS

CONSTAT

- La mesure de l'IRC* (Indice de rendu des couleurs, aussi appelé RCI ou Ra) est inférieure à 80.

PRINCIPAL IMPACT

- Restitution infidèle de la couleur des objets présents dans la pièce, pouvant entraîner des couleurs ternes ou un problème de distinction des objets et de leurs couleurs.

ORIGINE

- La lampe n'a pas été choisie en fonction de son usage futur. L'IRC n'est donc pas adapté.

SOLUTION CORRECTIVE

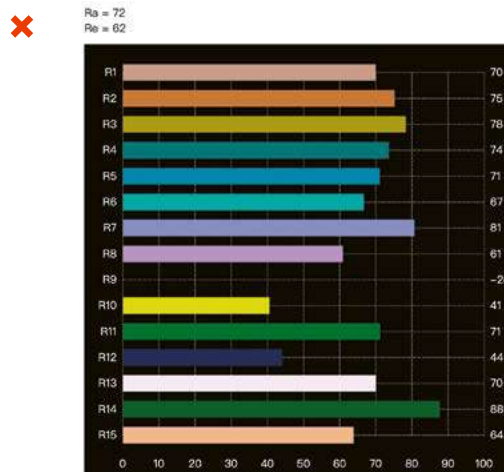
- Remplacer la lampe. Un IRC au-dessus de 90 donne un très bon rendu des couleurs, proche d'une situation en éclairage naturel.

BONNES PRATIQUES

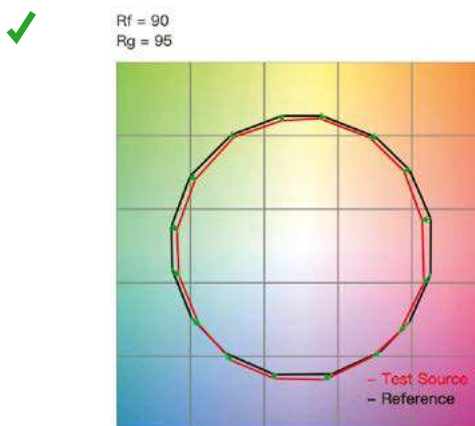
- Choisir un luminaire avec un IRC le plus proche de 100 possible. Faute de lumière naturelle, veiller à choisir un luminaire avec un IRC supérieur à 90.
- Vérifier que les couleurs sont correctement perçues par l'œil après l'installation du luminaire.
- Veiller à choisir un luminaire avec un IRC spécialisé lorsque l'activité est spécifique (boucherie, poissonnerie...).



Exemple de perception des couleurs pour un même plateau de fruits éclairé par une source lumineuse ayant un IRC supérieur à 80 à gauche et un IRC inférieur à 70 à droite. Lorsque l'IRC est supérieur à 80, les couleurs des fruits sont mieux restituées et proches d'une situation d'éclairage naturel. ©AQC



Exemple de relevé de mesure de l'IRC à l'aide d'un spectromètre. L'IRC du luminaire est de 72 (Ra = 72), ce qui correspond à la moyenne de la restitution de toutes les couleurs. Celle-ci sera fortement éloignée de celle d'un éclairage naturel. ©AQC



Cette représentation graphique est issue du spectromètre. Elle montre l'indice de fidélité des couleurs et de saturation par rapport à une référence (en noir) en lumière naturelle. L'IRC de la source (en rouge) est de 90. ©AQC

Référence :

- Tableau « Prescription éclairage intérieur » - Cahier technique LUX n°228 - Mai/juin 2004.

7 CHOISIR UNE TEMPÉRATURE DE COULEUR ADAPTÉE À L'USAGE ET AU MOMENT DE LA JOURNÉE ⬇

CONSTAT

- La température de couleur* (TC) de l'éclairage n'est pas adaptée à l'usage spécifique de la pièce : soit elle ne correspond pas à l'activité pratiquée, soit elle n'est pas en concordance avec l'heure à laquelle l'activité est pratiquée.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Ressenti désagréable pour les occupants de la pièce.
- Perturbation du rythme circadien.
- Ambiances lumineuses désagréables du fait d'une température de couleur de la lumière trop froide.

ORIGINE

- Absence de prise en compte de l'usage de la pièce pour le choix de la TC du luminaire.

N.B. : Plus la température de couleur est élevée, plus la composante bleue est présente et correspond à des temps d'activité et d'éveil au cours de la journée. Inversement, plus la température de couleur est basse, plus la lumière est qualifiée de « chaude » et correspond à des temps de moindre stimulation.

SOLUTION CORRECTIVE

- Remplacer la source lumineuse pour adapter la TC à l'usage de la pièce.

N.B. : L'AFE recommande des TC en fonction de la nature des locaux. Par exemple, une température entre 2 700 et 3 500 K est adaptée pour des bureaux.

BONNES PRATIQUES

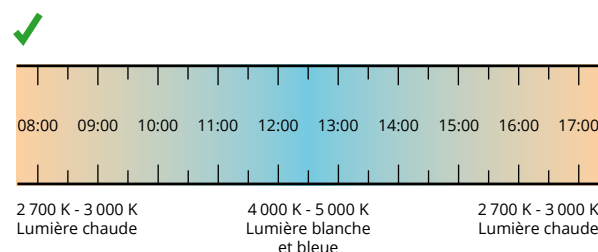
- Adapter le choix de la température de couleur des sources d'éclairage aux usages de la pièce (espace de travail, espace de repos, mise en valeur de produits...).
- Adapter le choix de la température de couleur pour faciliter les différentes activités lorsque l'usage d'une même pièce est évolutif (espace d'activité servant également de pièce de repos par exemple).
- Mettre en place un éclairage dynamique permettant de se rapprocher des variations de couleur de la lumière naturelle du matin au soir pour les espaces utilisés toute la journée.



La lampe possède une température de couleur élevée (5 000 K) correspondant à un blanc froid. Ceci n'est pas adapté pour une pièce de repos. ©AQC



Présence d'un éclairage dynamique dans une école. La température de couleur est gérée par l'utilisateur via un interrupteur selon les moments de la journée. ©AQC



Référence :

- NF EN 12464-1 : éclairage intérieur des lieux de travail.

Température de couleur optimale de l'éclairage artificiel au fil de la journée. ©prolumbretagne



8 METTRE EN PLACE UN SYSTÈME DE PILOTAGE DE L'ÉCLAIRAGE ADAPTÉ À L'USAGE DU BÂTIMENT

CONSTAT

- Les luminaires sont allumés à pleine puissance dans l'ensemble des pièces, quels que soient les usages, même dans les espaces inoccupés.

PRINCIPAL IMPACT

- Surconsommation d'énergie.

ORIGINES

- Les commandes s'effectuent manuellement avec les interrupteurs regroupés à un seul endroit.
- Aucun système de pilotage n'a été prévu dans le cahier des charges. La demande n'a pas été effectuée en phase programmation ou conception.

SOLUTIONS CORRECTIVES

- Vérifier la compatibilité de l'installation pour la mise en place d'un système de pilotage (système ON/OFF ou variable selon l'installation).

N.B. : Les systèmes filaires, comme 1-10V, KNX ou le protocole DALI, nécessitent 2 fils en plus de l'existant.

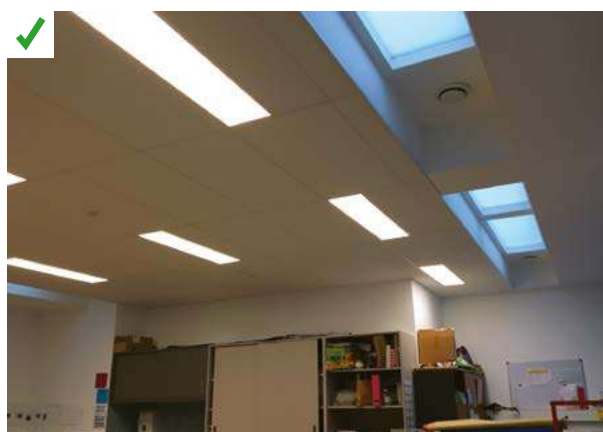
- Étudier la mise en place d'un système de gestion non filaire (systèmes Bluetooth, MESH, Zigbee, EnOcean...).

BONNES PRATIQUES

- Prendre connaissance des systèmes de pilotage de l'éclairage existants afin de mettre en place le dispositif le plus adapté, comme le protocole DALI qui est exclusivement dédié à la gestion de l'éclairage et permet d'effectuer de la gradation et d'établir jusqu'à 16 scénarios.
- Décider des scénarios d'éclairage à mettre en place en amont du projet, avec le BE et le maître d'ouvrage.
- Former le responsable du site à l'utilisation du système.
- Informer et former les occupants sur la mise en place d'un tel système de gestion de l'éclairage afin qu'il soit compris et accepté. Indiquer le cas échéant la possibilité de dérogation manuelle ponctuelle.



L'ensemble de l'éclairage est commandé par des interrupteurs situés à un seul et même endroit du bâtiment. Les lumières fonctionnent en tout ou rien. Il n'existe pas de système de détection malgré la présence de sectorisation. ©AQC



L'éclairage artificiel est piloté grâce au protocole DALI. Différents scénarii sont mis en place selon les classes. ©AQC

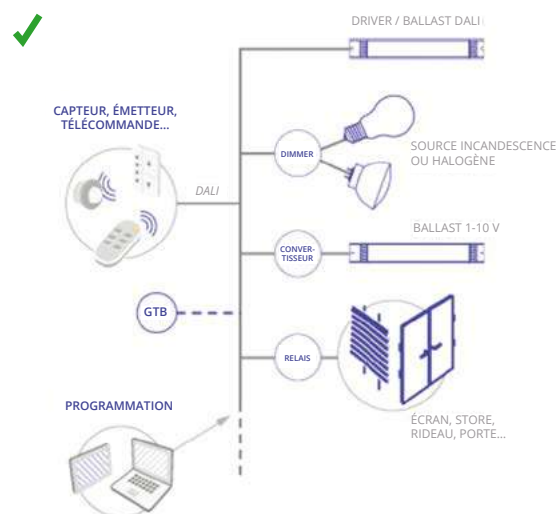


Schéma simplifié du câblage d'un système de gestion DALI. Ce système permet d'associer différents paramètres : la gestion de l'éclairage artificiel, la détection de présence, le pilotage et la programmation de l'éclairage. ©léclairage



9 PRÉVOIR UNE COMMANDE MANUELLE PERMETTANT DE DÉROGER À L'AUTOMATISATION ⚡

CONSTAT

- La gestion de l'éclairage est soumise à la détection de présence et de luminosité. Il n'est pas possible de piloter manuellement la lumière en cas de défaillance des détecteurs ou en cas de besoin d'obscurité.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Surconsommation liée à l'utilisation de l'éclairage artificiel lorsque la lumière naturelle est suffisante.
- Risque d'éclairement trop faible lorsque l'éclairage naturel est insuffisant et que l'éclairage artificiel n'est pas déclenché.
- Impossibilité de créer l'obscurité.

ORIGINES

- Aucune commande manuelle de type interrupteur n'est installée en complément de la détection de présence et de luminosité.
- Un interrupteur ou une télécommande existe, mais est dissimulé-e et les usagers ne sont pas informés de sa présence.

SOLUTIONS CORRECTIVES

- Mettre en place des interrupteurs en fonction des caractéristiques de l'installation présente (voir les plans d'exécution de l'électricien). Il est généralement possible de se raccorder sur le circuit existant.
- Prendre connaissance des documents techniques du lot électricité pour identifier la localisation des potentiels interrupteurs dissimulés afin d'informer les usagers.

BONNES PRATIQUES

- Anticiper la mise en place des interrupteurs et leur localisation en phase conception conjointement au pilotage par détection de présence et de luminosité.
- Informer le responsable du site de la localisation des interrupteurs.

Référence :

- « Maîtrise de l'ambiance visuelle par les usagers », Référentiel HQE, janvier 2019.



Aucun interrupteur n'est présent. Les luminaires sont directement éteints sur le tableau électrique lorsque le détecteur est défaillant, comme c'est le cas sur cette photo. ©AQC



Dans cette salle de classe, le détecteur de présence est couplé à un interrupteur. Il est donc possible de forcer l'extinction des luminaires, notamment lors des projections de supports de cours. ©AQC

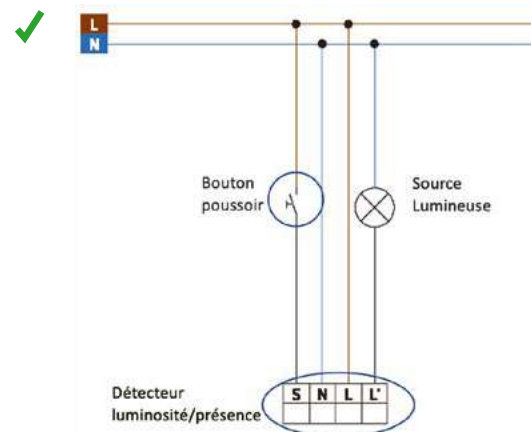


Schéma de principe d'un câblage électrique : la source lumineuse est commandée conjointement par l'interrupteur et le détecteur de présence et de luminosité. ©AQC

10 REMPLACER L'ENSEMBLE DU LUMINAIRE LORS DU RELAMPING

CONSTATS

- Les tubes fluorescents (TF) type T5 ou T8 ont été remplacés par des tubes LED dans un luminaire prévu pour des tubes fluorescents.
- Une typologie de lampe différente a été installée dans un luminaire pourvu d'un réflecteur.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Modification de la quantité de lumière dans la pièce. La photométrie* du luminaire est donnée avec une lampe précise. Le remplacement de la lampe seule induit une photométrie différente.
- Absence d'économie d'énergie. Un ballast ferromagnétique couplé à une LED consommera autant qu'un tube fluorescent.
- Risque d'éblouissement des usagers.
- Diminution de la performance du luminaire : une LED a besoin de plus de ventilation qu'un TF, un mauvais relamping de la lampe provoque une insuffisance de ventilation du luminaire et une perte de performance et de durée de vie de la LED.
- Risque de chute de la LED : lors du relamping, seules les lampes sont remplacées, l'habillage, les douilles et les ballasts sont conservés. Comme les LED sont plus lourdes que les TF, les équipements d'origine pourraient ne pas supporter le poids des LED.

ORIGINE

- Méconnaissance de la compatibilité des produits.

SOLUTIONS CORRECTIVES

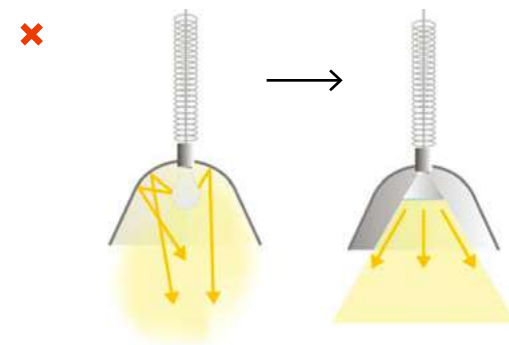
- Faire intervenir un installateur électricien professionnel pour déconnecter le ballast.
- Remplacer l'ensemble du luminaire.

BONNES PRATIQUES

- Réaliser en conception une étude d'éclairage et vérifier la compatibilité et la faisabilité du relamping si l'ensemble du luminaire n'est pas remplacé.
- Mettre en place une dalle LED plutôt que des tubes LED, ce qui assure la compatibilité de l'ensemble du luminaire.
- Vérifier, suite au relamping, la conformité des niveaux d'éclairage dans la pièce avec la réglementation en vigueur (à l'aide d'un luxmètre).



Un seul des tubes fluorescents de type T5 a été remplacé par un tube LED. La photométrie du luminaire est donc différente et n'est plus adaptée. Par ailleurs, le seul changement des lampes ne permet pas d'optimiser les économies d'énergie et la durabilité du système. Ici le ballast est resté en place et continue de consommer de l'énergie. ©AQC



Lors du remplacement d'une lampe, la présence d'un réflecteur n'a pas été prise en compte dans le choix de la nouvelle lampe. La photométrie, résultant du réflecteur et de la source lumineuse, est différente et peut ne pas être adaptée à l'usage (flux lumineux ou éclairage modifié par exemple). ©energieplus



Lors d'une opération de relamping, le luminaire composé de tubes fluorescents a été entièrement remplacé par un luminaire LED. Le relamping a également été l'occasion d'un changement de positionnement du luminaire sur le mur pour qu'il ne soit pas impacté par les réseaux en plafond. ©AQC

11 EFFECTUER UN RÉGLAGE ET UN CONTRÔLE RÉGULIER DES DÉTECTEURS DE LUMINOSITÉ ⚡

CONSTAT

- Malgré la présence d'un détecteur de luminosité, les luminaires restent allumés -alors même que la lumière naturelle est suffisante.

PRINCIPAL IMPACT

- Surconsommation électrique.

ORIGINES

- Réglages du détecteur non effectués. Les pré-réglages d'usine n'ont pas été changés.
- Réaménagement de la pièce entraînant une modification de la surface de calibrage du détecteur.

SOLUTION CORRECTIVE

- Effectuer un réglage du détecteur de luminosité selon les recommandations du fabricant, de l'AFE, des valeurs normatives ou de la réglementation en vigueur.

BONNES PRATIQUES

- Choisir un détecteur adapté à l'usage.
Les détecteurs sont pré-réglés en usine en fonction de leur destination.
- Effectuer un réglage correct du détecteur de luminosité en amont de l'utilisation des locaux.
Le réglage doit être réalisé en fonction la pièce et durant la nuit. Il est possible de modifier les réglages avec un potentiomètre, une télécommande ou le panneau de configuration de la GTC selon les cas.

Références :

- NF EN 12464-1 : Éclairage intérieur des lieux de travail.
- Article 14 de l'arrêté du 1^{er} août 2006 : Accessibilité des handicapés dans les ERP.
- Arrêté du 22 mars 2017 modifiant l'arrêté du 3 mai 2007 : obligation de système de détection et gradation pour une installation rénovée.
- « Ambiance lumineuse - 12 enseignement à connaître, enseignement 6, Effectuer le réglage des capteurs de luminosité couplés à un interrupteur crépusculaire », AQC, 2017.



L'éclairage artificiel s'est déclenché alors que les apports naturels sont suffisants. ©AQC



L'allumage ne se déclenche pas, car la lumière naturelle est suffisante. ©AQC



Le réglage de la luminosité, de la temporisation de l'éclairage et de la sensibilité/portée est possible grâce aux trois potentiomètres. ©AQC



12 AFFICHER DES EXPLICATIONS POUR INCITER À L'UTILISATION DE LA GRADATION MANUELLE ⚡

CONSTAT

- La gradation manuelle de la lumière n'est pas utilisée correctement, voire inutilisée.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Surconsommation énergétique due à l'éclairage utilisé à sa puissance maximale.
- Inconfort visuel dû à l'inadéquation entre la quantité de lumière et l'usage du lieu.

ORIGINES

- Le système de gradation n'est pas intuitif pour certains usagers.
- Méconnaissance de l'existence d'un système de gradation.

SOLUTION CORRECTIVE

- Mettre en place une notice explicative et/ou des pictogrammes visuels à proximité des points de commande.

BONNES PRATIQUES

- Former les occupants à l'utilisation des commandes.
- Privilégier une gradation automatique en fonction des apports lumineux avec une prise en main possible par les occupants.



La gradation manuelle s'effectue par un appui long sur l'interrupteur. Ce n'est pas intuitif pour certains usagers qui ne s'en servent donc pas. L'éclairage est toujours allumé à pleine puissance. ©AQC



Les différents niveaux de gradation (30 %, 50 % et 100 %) de l'éclairage de la salle de sport sont manuels et les interrupteurs se trouvent dans un boîtier électrique. Aucune information sur l'utilisation n'est fournie. ©AQC



CONCLUSION

La mise en place de systèmes performants et intelligents est encouragée par les aides financières qui constituent un accélérateur pour la rénovation de l'éclairage. Le remplacement des lampes par des lampes LED est un exemple simple à mettre en place et permet de réduire immédiatement sa facture énergétique.

Cependant, les enseignements de ce rapport mettent en évidence un certain nombre de points de vigilance pour obtenir les résultats escomptés.

Il est important de mettre en place des programmes de maintenance des équipements et de ne pas négliger les coûts d'exploitation et de maintenance (notion de « coût global »).

Il est aussi nécessaire de réaliser une vérification lors de la réception des installations et de mettre en place des conditions d'entretien et de maintenance qui garantissent la performance énergétique et la qualité de l'éclairage dans le temps.

Conjointement au gain économique, un projet correctement mené apporte aussi des avantages sanitaires et sociaux, aujourd'hui peu mis en avant.

Enfin, concernant le pilotage des équipements, l'étude et l'analyse de différents scénarios en fonction de la destination des bâtiments doivent permettre d'aboutir à une diminution accrue des consommations énergétiques.

GLOSSAIRE

AFE : Association Française de l'Éclairage

Bluetooth : système où deux appareils sont reliés par un flux continu sans fil

Bluetooth MESH : système dans lequel plusieurs appareils (luminaires, détecteurs...) sont maillés.

DALI : Digital Addressable Lighting Interface. En français : Interface d'éclairage Adressable numérique

GTC : Gestion Technique Centralisée

IRC : Indice de Rendu des Couleurs

LED : Light Emitting Diode. En français : DEL (Diode Electro Luminescente)

TF : Tube Fluorescent

TC : Température de Couleur

DÉFINITIONS

Acuité visuelle

Aptitude des yeux à percevoir un objet se trouvant à la plus grande distance possible.

Ambiance lumineuse

L'ambiance lumineuse d'un lieu est liée à la manière dont un individu sera affecté par l'ensemble des aspects de son environnement lumineux (distribution des luminances, éclairement, éblouissement...). Elle peut se décomposer suivant les besoins, le confort et l'agrément.

Ballast

Composant ferromagnétique, électrique ou électronique utilisé pour stabiliser le courant dans un circuit électrique.

Confort visuel

Impression subjective liée à la quantité, à la distribution et à la qualité de la lumière.

Driver

Composant d'un luminaire également nommé alimentation. Boîtier inséré entre le réseau électrique et les sources LED.

Flicker

Papillonnement ou scintillement en français. Phénomène correspondant à des variations de la tension d'alimentation électrique qui peut engendrer un effet stroboscopique visible à l'œil nu.

Groupe photobiologique

Les groupes vont de 0, peu de puissance et une source distante, à 3, puissance importante (comme un projecteur dans une salle de sport).

Le facteur de lumière bleue peut être inclus dans un groupe photobiologique, mais sans que ce soit obligatoire..

Gradateur

Appareil électrique permettant de faire varier le flux lumineux d'une lampe.

IRC Indice de rendu des couleurs (Ra ou IRC)

Compris entre 0 et 100, l'indice définit la capacité de l'œil à distinguer toutes les couleurs. Plus l'IRC est proche de 100, plus la lumière est semblable à la lumière naturelle et la perception meilleure.

Initialement calculée sur une moyenne de 8 teintes, 7 teintes spécifiques ont été ajoutées, (dont le rouge saturé) au calcul de l'IRC. Depuis 2018, une nouvelle méthode de calcul existe : TM 30-18. Elle prend en compte 99 teintes ainsi que des indices de fidélité des couleurs (Rf) et de la saturation (Rg).

Photométrie

Il existe quatre grandeurs photométriques :

- L'intensité lumineuse (candela) : flux lumineux émis par unité d'angle solide dans une direction donnée.
- Le flux lumineux (lumen) : exprime le flux total émis par une source lumineuse dans toutes les directions.
- L'éclairage (lux) : exprime la quantité de lumière souhaitée sur la surface d'une pièce.
- La luminance (candela/m²) : porte la notion d'éblouissement directement appréciable par l'être humain.

Relamping

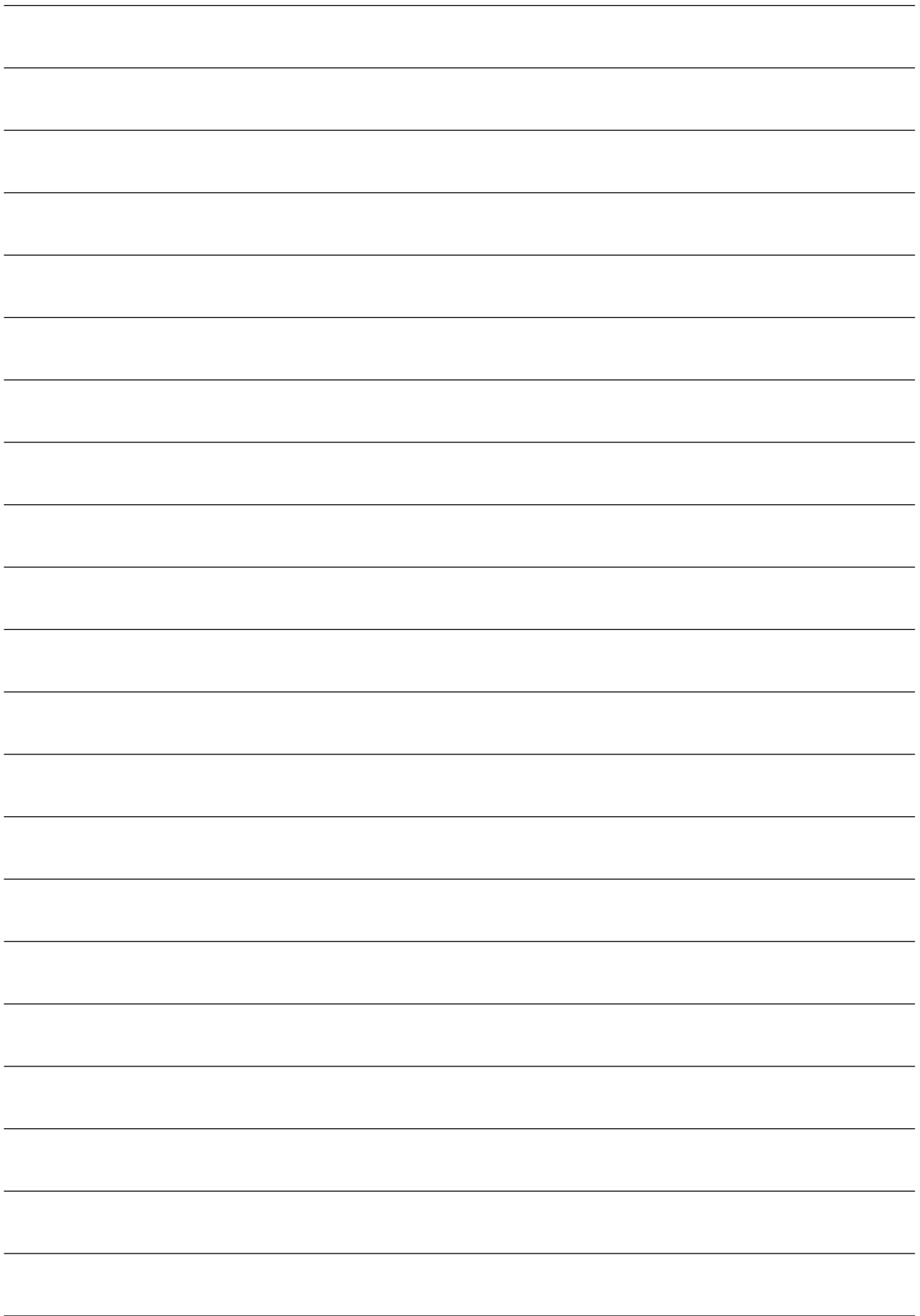
Action de remplacer une lampe par une lampe ayant un meilleur rendement lumineux.

Température de couleur (en Kelvins, K)

Qualifie l'ambiance lumineuse de l'espace éclairé. Elle varie des teintes chaudes (2 500 K) aux teintes froides (5 300 K). La température n'influe généralement pas sur la puissance du luminaire. Par contre, le niveau d'éclairement et la température de couleur sont étroitement liés. Ils ont un impact sur le confort lumineux qui s'exprime dans la courbe de Kruithof.

Par exemple, pour un tube fluorescent, les températures de couleur sont indiquées avec un code qui combine la température de couleur et l'IRC (exemple 840 ou 965). Pour les LED, on distingue la température de couleur et l'IRC.

[illegible]



LES MISSIONS DE L'AQC

OBSERVER L'ÉVOLUTION DES DÉSORDRES ET DES PATHOLOGIES

La priorité est donnée au recueil et à l'analyse d'informations sur les désordres. Une méthode spécifique de recueil et de traitement des données est mise en place : le SYstème de COLlecte des DÉSordres (Sycodés).

Les données produites font apparaître les techniques et les ouvrages les plus sinistrants ainsi que les causes de ces sinistres. Elles permettent également de mesurer les progrès des professions.

En complément, l'AQC conduit une enquête d'envergure nationale sur les risques dans les bâtiments performants aux plans énergétique et environnemental.

IDENTIFIER LES SIGNES DE QUALITÉ

L'Observatoire des signes de qualité a été conçu et enrichi par l'AQC, à partir de l'analyse des référentiels techniques et des conditions d'utilisation des diverses marques. Il a abouti à la conception d'un moteur de recherche des signes de qualité au service des professionnels et des maîtres d'ouvrage. Il est disponible sur le site internet de l'AQC.

CHOISIR LES PRODUITS

La Commission Prévention Produits mis en œuvre (C2P) agit au sein de l'AQC avec trois objectifs clés :

- tenir compte des enseignements de la pathologie pour améliorer les produits et les textes qui régissent leur mise en œuvre ;
- éviter que de nouveaux produits ou textes ne soient à l'origine d'une sinistralité importante et répétée ;
- attirer l'attention des professionnels lors de leur choix technique sur les produits et/ou procédés, susceptibles de poser des problèmes.

Le champ traité par la C2P est vaste puisqu'il couvre le domaine traditionnel : normes et documents techniques unifiés (NF DTU), Règles professionnelles, et le domaine non traditionnel : Avis Techniques (ATec), Documents Techniques d'Application (DTA)...

CONSTRUIRE AVEC LA QUALITÉ EN LIGNE DE MIRE

L'AQC développe des actions de prévention (publications techniques, Fiches pathologie bâtiment, articles dans la revue...) et accompagne les professionnels dans l'adoption de bonnes pratiques (démarches qualité, documents de sensibilisation).

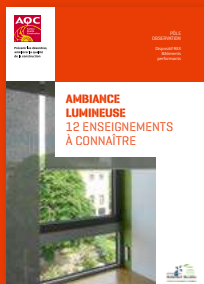
La Commission Prévention Construction (CPC) s'est fixée comme objectif à sa création de :

- développer des actions sur les pathologies les plus coûteuses ou les plus nombreuses ;
- mobiliser les professionnels ;
- travailler sur les causes profondes de la non-qualité ;
- s'ouvrir aux règles et nouveaux systèmes constructifs susceptibles de générer des risques.

PRÉVENIR DÉSORDRES ET PATHOLOGIES

La revue Qualité Construction, le site internet de l'AQC, le Rendez-vous Qualité Construction et les journées destinées aux formateurs, la présence active sur des salons comme BePOSITIVE ou BATI'FRAIS, sont l'illustration dynamique de la volonté permanente de communication de l'AQC avec son environnement.

DANS LA MÊME COLLECTION



AMBIANCE LUMINEUSE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE

Ce rapport a été élaboré en partenariat avec le Réseau Breton Bâtiment Durable. Il a été réalisé grâce au soutien financier du programme PACTE et de l'ADEME. Il présente 12 enseignements majeurs sur la gestion des ambiances lumineuses.



LA VENTILATION SIMPLE FLUX EN RÉNOVATION - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE

Ce rapport, élaboré en partenariat avec CD2E, a été réalisé grâce au soutien financier du programme PROFEEL. Il présente 12 enseignements majeurs sur la ventilation simple flux en rénovation.



LA VENTILATION DOUBLE FLUX EN RÉNOVATION - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



L'ISOLATION DES RAMPANTS EN RÉNOVATION - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE ET D'EAU CHAUDE SANITAIRE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



LE BIM : QUELLE APPROPRIATION PART LA FILIÈRE ? - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



LA VENTILATION NATURELLE À LA RÉUNION - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE THERMIQUE DU BÂTI ANCIEN - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



LA CONSTRUCTION BOIS - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



BÂTIMENTS ÉQUIPÉS DE SYSTÈMES DE PILOTAGE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



LES MENUISERIES EXTÉRIEURES - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



HUMIDITÉ DANS LA CONSTRUCTION - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE

Retrouvez l'ensemble des publications du Dispositif REX Bâtiments performants sur :

www.dispositif-rexbp.com

[DispositifREXBP](#)

réalisé avec le soutien financier de :

