REPUBLIQUE ET CANTON DE GENEVE

Office cantonal des bâtiments
Direction Ingénierie & Energie

CAHIER DE NORMALISATION
Lustrerie CFC 233
Planification des installations

Version	Date	Description	Auteur	Vérification	Approbation
v0	12.09.2016	Mise à jour totale	Eric BAUR DF-OBA-DIE		
v1	01.11.2017	Mise à jour totale	Eric BAUR DF-OBA-DIE		
v2	04.03.2025	Allégement du cahier Ajout de schéma de principe Mise à jour selon nouvelles normes et directives	André VINCENT DT-OCBA-DIE	Nicolas AILLOUD DT-OCBA-DIE	Stéphane VIQUERAT DT-OCBA-DIE

Pour éviter l'utilisation d'une version caduque du présent document, nous vous invitons à vérifier si une nouvelle version est disponible sur le site : http://outil.ge.ch/site/directivesoba/html/index.html

Table des matières

Préambule....3
Objectif....3
Introduction....3
1. Eclairages intérieurs....4
1.1 Aspects conceptuels....4
1.2 Planification....4
1.2.1 Sécurité et bonnes pratiques....4
1.2.2 Collaboration des participants....4
1.2.3 Etude de projet d'éclairage....5
1.3 Bâtiments neufs....5
1.3.1 Lumière du jour / lumière naturelle....5
1.3.2 Consommation énergétique....8
1.4 Les commandes d'éclairage....11
1.4.1 Les commandes par zones....11
1.4.2 La gestion et les commandes manuelles....12
1.4.3 La gestion en fonction d'un horaire....12
1.4.4 La gestion centralisée de l'éclairage....13
1.4.5 La gestion des installations par bus de terrain....13
1.4.6 Topologie....14
1.4.7 Régulation de l'éclairage....14
1.5 Optimisation de fonctionnement dans les bâtiments existants....15
1.5.1 Méthodologie à appliquer en cas de remplacement de l'éclairage....16
1.5.2 Retrofit tube fluo →tube LED....17
1.6 Choix de la lampe (source)....17

1.7 Choix du luminaire (appareil) 19
1.7.1 Classes de luminaires et courbes photométriques 19
1.7.2 Les codes flux a six chiffres 22
1.7.3 Les luminaires LED 22
1.8 Exécution 24
1.8.1 Preuves de fonctionnement 24
1.8.2 Facteur de maintenance / coûts de fonctionnement 24
1.8.3 Modification de la situation de lumière pendant le service 24
2. Eclairages pour places de travail 26
2.1 Aspects conceptuels 26
2.2 Norme de base SN EN 12464-1 26
2.2.1 Eclairage en fonction du type local 27
2.2.2 Eclairage en fonction du poste de travail 27
2.2.3 Zone de confort 28
2.2.4 Facteur de maintenance 29
2.2.5 Facteur de réflexion 29
2.2.6 Utilance 30
2.2.7 Degré d'éblouissement UGR 31
2.2.8 Direction de la lumière et effet d'ombre 31
2.2.9 Sécurité photobiologique 31
2.2.10 Groupes de risques d'exposition a la lumière bleue 32
2.2.11 Exigences groupe de risque par affection 34
2.3 Eclairage dans les écoles 35
2.3.1 Principe général 35
2.3.2 Principe d'une salle de classe 35
2.3.3 Principe dans la zone administrative 38
2.3.4 Principe dans les espaces communs 38
2.4 Eclairage dans les crèches 38
2.5 Eclairage des salles de sport 38
2.6 Eclairage dans les aulas / auditoires 42
2.7 Eclairage dans les bureaux/openspace 44
2.8 Eclairage dans les locaux borgnes 44
3. Eclairages exterieurs 45
3.1 Critères d'éclairage sur les lieux de travail 45
3.2 Pollution lumineuse 45
4. Documentation du projet et attestation selon kbob 48

Préambule

L'Office Cantonal des Bâtiments de l'État de Genève (OCBA) a souhaité la mise en place d'un cahier de normalisation pour le CFC 233 – LUSTRERIE afin d'offrir une base commune de réflexion pour la **planification** des installations d'éclairage.

Ce document n'est pas une finalité en soit, mais souhaite induire à la réflexion globale de la technique et donner un cadre général, tous en permettant une latitude pour un projet dont le CFC 233 – LUSTRERIE fait partie intégrante et peut apporter un plus autant économique, qu'architectural.

Objectif

Faciliter le processus de décision du planificateur lors de l'acquisition de l'ensemble du poste lustrerie, afin de garantir un éclairage adapté, confortable, efficient et sans risque pour la santé.

Entériner le fait que La LED est devenue la technologie de référence dans l'éclairage, présente dans tous les futurs projets, et donner aux planificateurs les clés et les paramètres de choix et de bonnes pratiques.

Introduction

L'être humain est adapté à la vie dans un monde rempli de lumière. 80% des impressions sensorielles sont de nature optique et 25% du potentiel énergétique est utilisé pour la fonction visuelle. Et il ne s'agit pas que de la vision. La lumière du soleil active nombre de fonctions physiologiques essentielles comme la synchronisation de notre horloge interne, le rythme circadien. Un mauvais éclairage peut conduire à une fatigue visuelle et nerveuse, altérant la santé et la qualité du travail fourni. N'oublions pas que la lumière est visible.

Mais rien n'est tout blanc ou tout noir dans le domaine de la lumière. Certains types de lumières ont un potentiel de nocivité pour l'œil, la peau et le métabolisme. Le planificateur aura pour tâche d'optimiser « la bonne » lumière, tout en réduisant au maximum, par principe de précaution, ses effets délétères.

La question se pose avec une acuité particulière dans le cas de la lumière bleue, à la fois indispensable à notre bien-être et potentiellement toxique pour la préservation de l'œil. Nous verrons que des solutions existent pour sortir de ce dilemme de planification.

La normalisation en éclairage rassemble deux « filières » différentes : la filière électrotechnique et la filière éclairagisme.

La normalisation électrotechnique concerne les aspects liés aux performances et à la sécurité des produits ainsi qu'à l'installation électrique. Les normes d'éclairagisme portent sur les spécifications des projets d'éclairage en termes de confort, d'ergonomie et d'efficacité énergétique. Elles expriment un ensemble de valeurs photométriques à maintenir selon les activités des usagers et des locaux à éclairer et permettent d'aboutir à un éclairage de qualité.

Dans le présent document, il faut tenir compte de la version la plus récente lorsqu'il y a une référence de normes, directives ou documents officiels. Lorsqu'un extrait de normes, lois ou directives apparaît, il est impératif de vérifier que cela corresponde à la dernière version et le cas échéant, la version la plus récente fait foi et est à prendre en compte.

1. Eclairages intérieurs

1.1 Aspects conceptuels

L'objectif de trouver des « solutions économiques, exemplaires sur le plan écologique et adaptées aux besoins », doit être abordé en commun par toutes les parties concernées dans le processus de planification. Une grande efficacité énergétique des installations d'éclairage est à rechercher dans tous les cas. La norme SIA 387/4 « Electricité dans les bâtiments – Eclairage : calculs et exigences » s'applique au plan de la restreinte énergétique et du calcul du bilan énergétique.

Les besoins et exigences en matière d'affectation et d'exploitation doivent être clarifiés assez tôt et avec soin afin de pouvoir sélectionner le poste lustrerie le plus en amont possible du projet. En général, la gestion de projets de construction est structurée d'après les phases et les demi phases du modèle des prestations de la Société Suisse des Ingénieurs et Architectes SIA. Pour chaque phase/prestation partielle, il existe un descriptif des activités pertinentes ainsi que des outils d'aide nécessaires.

Le modèle de prestations SIA est la structure utilisée par l'OCBA, de la prise de décision initiale à la réception du projet.

En principe, tous les locaux, même ceux rarement fréquentés, tous les postes de travail occupés en permanence, passagèrement ou occasionnellement et tous les passages doivent avoir un éclairage naturel et/ou artificiel adapté à leur utilisation.

La commande des installations d'éclairage doit être compréhensible pour les utilisateurs (standardisée, simple), facilement reprogrammable avec des protocoles ouverts et extensible. Les produits propres et les fabrications spéciales sont à proscrire. Dans le cas contraire, il doit faire l'objet d'une dérogation de l'OCBA.

La planification des installations d'éclairage s'effectue selon la norme EN 12464-1 ainsi que les normes de l'Association suisse pour l'éclairage (www.slg.ch).

Les pièces doivent être équipées de surfaces claires (degrés de réflexion favorables sur le plan énergétique). Les degrés de réflexion conseillés sont indiqués dans la norme EN 12464-1. La diversité des luminaires utilisés dans un même bâtiment doit rester aussi faible que possible.

1.2 Planification

1.2.1 Sécurité et bonnes pratiques

Les normes de sécurité électrique doivent être appliquées :

- LIE (RS 734.0) Loi sur les installations électriques
- OIBT (RS 734.2) Ordonnance sur les installations électriques à courant fort
- OMBT (RS 734.26) Ordonnance sur les matériels électriques à basse tension
- NIBT Norme sur les installations à basse tension

Tous les luminaires doivent toujours être câblés par des lignes exemptes d'halogènes et résistantes à la chaleur selon les normes en vigueurs. Ils doivent être équipés pour permettre les rangées de luminaires ou le câblage en transit avec le(s) conducteurs de phase, le conducteur neutre et le conducteur de protection et suivant le cas, avec câble de bus supplémentaire ou intégré.

1.2.2 Collaboration des participants

La planification de l'éclairage dans un bâtiment se déroule principalement en triangulation : le maître d'ouvrage, l'architecte et le concepteur d'éclairage (et planificateur électricien). Tous les participants sont responsables de l'efficacité de l'installation d'éclairage. Dans la pratique, le processus de planification d'éclairage se déroule souvent en plusieurs étapes. Cela a pour conséquence que le planificateur-électricien doit, à la fin du processus de conception, assurer un éclairage efficient. Une collaboration intense est nécessaire dès le début de projet, afin de produire une vraie étude lumière.

1.2.3 Etude de projet d'éclairage

L'étude de projet d'éclairage est un sujet à part entière qui doit être traité correctement lors d'une rénovation ou une nouvelle construction. Elle permettra de proposer un éclairage conforme, répondant aux différentes priorités préalablement définies. Cette étude devra comprendre au minimum les éléments suivants :

- Fiches techniques des luminaires utilisés
- Implantations des luminaires au sein d'un local
- Simulation d'éclairage pour chaque type de local (type Dialux, Relux ou similaire)
- Données photométriques pour chaque type de luminaire : niveaux d'éclairement, uniformité, température de couleur, R_{UGL} (UGR).
- Description du système de gestion de l'éclairage
- Sécurité photobiologique / groupe de risque / risque photobiologique
- Calcul de consommation énergétique selon SIA 387/4

Les éléments fournis dans l'étude de projet éclairage devront répondre aux critères du présent cahier de normalisation.

Les méthodes, les règles de calculs, les exigences, les contraintes et les besoins d'un système d'éclairage sont décrits dans ce cahier de normalisation.

La planification des études réalisée devront respecter les exigences des normes notamment EN 12464-1, 12464-2, SLG, SIA 491, EN 17037, EN 62471, SIA 387/4 et du présent cahier de normalisation. Pour l'installation électrique y-relatives le mandataire et/ou entreprise tiendra également compte du cahier de normalisation sur les installations électriques CFC 23 disponible sur la plateforme OPTIMISO de l'Etat de Genève.

1.3 Bâtiments neufs

La planification de l'éclairage doit être comprise comme élément intégral d'un projet architectural global, de manière à obtenir un environnement visuel qui prend en compte les besoins et les activités des personnes, favorise leur bien-être et aborde l'architecture de sorte que l'effet lumineux souhaité, et donc l'effet spatial qui va de pair, puisse se déployer.

Les étapes de travail concernant la composition lumineuse et sa représentation doivent trouver leur place dans celles accordées aux analyses des besoins, de la valeur d'usage, de la rentabilité ainsi qu'à l'analyse énergétique comme élément de la prise de décision.

1.3.1 Lumière du jour / lumière naturelle

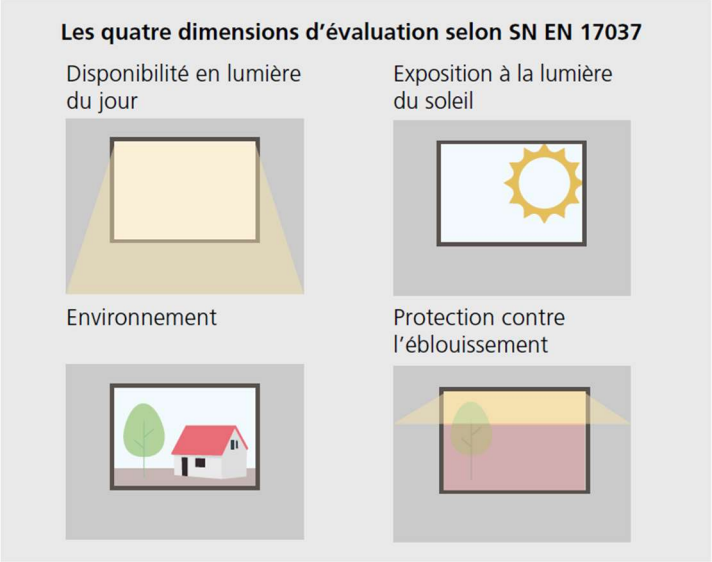
L'architecture d'un bâtiment – donc sa forme et sa conception – a une influence déterminante sur la consommation d'énergie de l'éclairage. L'économie peut être particulièrement importante dans les bâtiments utilisés surtout pendant la journée. La lumière du jour ne réduit pas seulement la facture d'électricité ; elle améliore aussi le confort et donne un sentiment de bien-être. De plus, elle influence positivement la qualité de la lumière. L'utilisation de la lumière du jour se prépare, bien sûr, lors de la phase étude d'un bâtiment nouveau. Vu que la lumière du jour est soumise, de par sa nature à de très grandes variations de luminosité, des dispositions doivent être prises afin que l'éclairement dans les locaux et sur les plans de travail soit régulier et ne provoque pas d'éblouissement désagréable ni de contraste violent.

Actuellement, nous passons la plus grande partie de la journée dans des locaux intérieurs – par des éclairements entre 50 et 500 lux. La lumière est une « horloge » naturelle de l'homme mais n'agit que lors d'une intensité relativement élevée sur le système circadien (environ 1'000 lux). Nous vivons donc malheureusement la plupart du temps dans une « obscurité chrono biologique ».

Des études toujours plus nombreuses attestent de la nocivité à long terme pour l'œil de cet état de fait.

La norme SN EN 17037 réglemente la partie concernant toute la lumière du jour. Elle peut être appliquée à toutes les pièces qui sont utilisées pendant de longues périodes et régulièrement. La norme formule des recommandations en trois étapes pour chacun des quatre critères suivants :

- Disponibilité en lumière du jour
- Connexion visuelle vers l'extérieur (vue)
- Evaluation de l'éblouissement
- Ensoleillement minimum (exposition à la lumière du soleil)

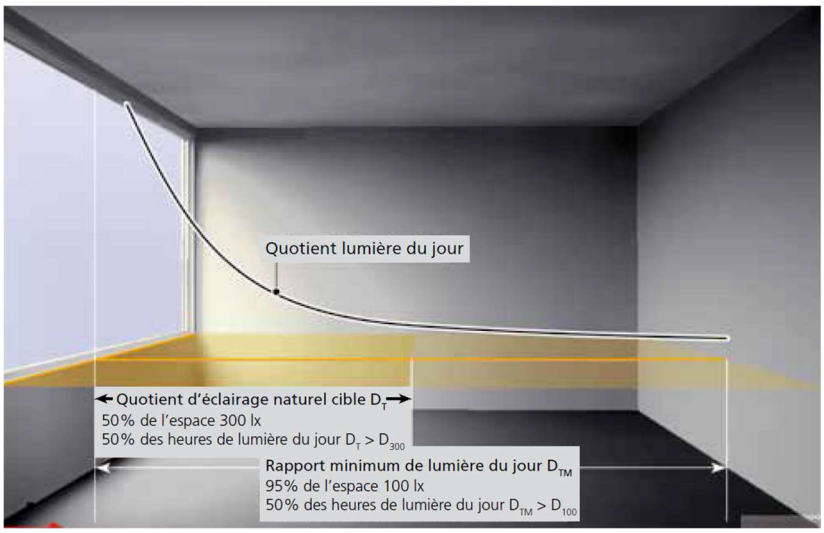


Les quatre critères d'évaluation de la norme sur la lumière naturelle SN EN 17037[1]

1. Disponibilité en lumière du jour

L'influence de la lumière du jour sur les besoins énergétiques des bâtiments est évaluée depuis longtemps sous l'angle de l'éclairage utile relatif – « autonomie en lumière du jour ». La norme SN EN 17037 inclut également la disponibilité de la lumière du jour au fil du temps dans l'évaluation sous le terme « alimentation en lumière du jour ». Selon la norme SN EN 17037, une pièce est considérée comme suffisamment éclairée par la lumière du jour si l'éclairement cible est atteint sur une partie définie d'un plan de référence pendant au moins la moitié des heures d'éclairage naturel. Cela correspond à une exposition utile relative (« autonomie en lumière du jour ») de 50 %. Ceci peut être démontré soit par une simulation détaillée à l'aide d'un logiciel validé, basé sur les normes (SIA 387/4), soit par une procédure simplifiée spécifiée dans la norme SN EN 17037 basée sur le quotient de lumière du jour. Dans la procédure de vérification simplifiée, les rapports minimaux de lumière du jour sont spécifiés, en fonction de l'emplacement géographique et du climat, en supposant exclusivement un éclairage diffus du ciel et des ouvertures de façade vitrées. Il s'agit de s'assurer que les valeurs d'éclairement souhaitées, par exemple 300 lx, sont atteintes par la seule lumière naturelle, pendant au moins 50 % de sa durée sur au moins 50 % de la surface utile (Illustration à la page suivante). Dans le modèle simplifié selon la norme SN EN 17037, l'« alimentation en lumière du jour », en ce qui concerne les paramètres de la façade, dépend exclusivement du facteur de transmission du vitrage utilisé. La forme et l'effet de la protection contre le soleil et l'éblouissement ne sont pas pris en compte. Problème: la direction de la lumière du soleil manque. La protection contre le soleil et l'éblouissement n'est pas considérée.

[1] Extrait de : Eclairage intérieur - Efficacité énergétique de l'éclairage de « Suisse énergie » édition 2019



Concept de disponibilité de la lumière du jour (« apport de lumière du jour ») selon EN 17037. (Graphique: Fraunhofer IBP)[2]

Points importants

- Tenir compte des différences géographiques (préciser les mêmes niveaux d'éclairement intérieur).
- Préciser les trois niveaux de lumière du jour: faible, moyen, élevé (pour tous les critères).
- Utiliser des méthodes de calcul actualisées (au lieu de graphiques et de formules), par exemple des simulations tout au long de l'année (par heure).
- Le quotient de lumière du jour n'est plus actuel.

2. Vision

Pour certaines places d'observateur dans le bâtiment, la vue peut à l'avenir être classée en fonction d'un angle de vue horizontal, d'une distance de vision extérieure et du type d'environnement (« pas de ligne d'horizon, pas de concept de ligne de sol ») avec les niveaux de recommandation « faible, moyen, élevé ». Ici, l'angle de vision horizontal et la distance de vision extérieure sont des critères d'évaluation qui dépendent de la taille et de l'emplacement de l'ouverture de la façade. Une grande surface vitrée a généralement un effet positif sur l'évaluation.

Points importants

- Disponibilité en lumière du jour → autonomie en lumière naturelle
- Niveau d'éclairement (lx) minimum → moyen → élevé (300 lux – 500 lux – 750 lux)
- Liens visuels selon les angles géométriques (pour le ciel, le sol et l'environnement construit)
  - 14°, sol
  - 28°, sol et ciel ou environnement construit
  - 54°, sol, ciel et environnement construit

3. Exposition à la lumière du soleil

Pour les locaux, la norme donne des recommandations minimales pour l'exposition à la lumière du soleil. Les points de référence se trouvent dans le plan de la fenêtre. L'évaluation est indépendante de la taille réelle de la fenêtre. L'ensoleillement minimum sur la partie intérieure de la fenêtre, par temps clair entre le 1er février et le 21 mars, doit être de 1,5 h pour un ensoleillement faible, de 3 h pour un ensoleillement normal et pour un bon ensoleillement de 4 h en moyenne.

4. Protection contre l'éblouissement de la lumière du jour

Pour les locaux servant à la lecture, l'écriture ou l'affichage, il est recommandé d'utiliser des dispositifs d'ombrage. Le « Daylight Glare Probability » (DGP) est utilisé pour évaluer l'effet d'une protection contre l'éblouissement. Il s'agit donc en premier lieu d'une protection contre le soleil et l'éblouissement. Dans le cas des vitrages, seuls les « vitrages à faible transmission » ou les « vitrages électro chromes » qui, à l'état commuté, ne présentent que de très faibles valeurs de transmission lumineuse, peuvent être évalués. Pour les vitrages à transmission lumineuse plus élevée, on suppose qu'ils ne peuvent pas offrir une protection suffisante contre l'éblouissement. Taux d'éblouissement: Daylight Glare Probability (DGP) dans 95 % du temps d'utilisation, DGP inférieur à 0,45 – 0,40 – 0,35.

[2] Extrait de : Eclairage intérieur - Efficacité énergétique de l'éclairage de « Suisse énergie » édition 2019

Huit paramètres définissent l'utilisation de la lumière naturelle :

1. La surface vitrée : plus elle est grande, plus l'apport de lumière naturelle est grand et moins il faut d'éclairage artificiel. La réduction de l'éclairage artificiel ne baisse plus quand le rapport surface vitrée/surface de plancher dépasse 35%. Une fenêtre standard a un taux de surface vitrée de 70%. Il faut néanmoins tenir compte de la problématique de surchauffe estivale en donnant la possibilité aux utilisateurs de fermer des stores et en informant les architectes qu'idéalement la surface vitrée/surface de façade ne devrait pas dépasser les valeurs de la norme SIA 180.
2. Les lanterneaux permettent de mieux exploiter la lumière naturelle que les fenêtres normales, mais ils sont souvent équipés de protections contre le soleil (éblouissement, réchauffement).
3. Une luminosité normale correspond aux valeurs par défaut des paramètres de réflexion des programmes de simulation ordinaires. Plafond = 70%, parois = 50%, sol = 20%. Les locaux clairs sont blancs – à l'exception du mobilier et des revêtements de sol. Les locaux sombres ont p. ex. un sol en béton apparent ou sont peints en couleur sombre (rouge, bleu, noir).
4. Le taux de transmission d'un vitrage isolant est de l'ordre de 70%. Le taux de transmission d'un vitrage avec protection solaire (remplaçant p. ex. des stores) se situe entre 10% et 60%.
5. Plus les linteaux de fenêtre sont hauts, moins la lumière naturelle pénètre dans les locaux. Cette hauteur joue moins de rôle avec des plafonds élevés (> 3,5 m) qu'avec des plafonds bas (<3 m).
6. Une protection optimale contre le soleil (degré 1) retient le rayonnement solaire direct en n'affaiblissant que très peu l'apport de lumière naturelle (lamelles réglables, avec revêtement). Les stores en toile offrent une bonne protection contre le soleil, mais réduisent considérablement l'apport de la lumière naturelle (degré 3) et ne permettent pas de retenir la chaleur (valeur g trop élevée ne respectant en principe pas la norme SIA 180).
7. Un balcon en saillie a le même effet qu'un linteau de fenêtre : il diminue la profondeur de pénétration de la lumière naturelle. Pour tenir compte d'un linteau ou d'un balcon, il faut introduire à chaque fois le paramètre le plus élevé dans le modèle de calcul.
8. Les bâtiments voisins sont également une source d'ombres. L'angle d'ombres portées est déterminé par la distance entre les immeubles et la hauteur de l'immeuble voisin dominant l'emplacement de l'observateur. Exemple : distance entre immeubles = 10 m, dépassement de l'immeuble voisin = 6 m >> angle d'ombres portés = 30% >> réduction de l'apport de lumière naturelle = -20%.

Concernant la protection contre la surchauffe estivale, il existe plusieurs méthodes pour "assurer" le confort dont l'une est de respecter la norme en ne dépassant pas le ratio de surface vitrée / surface du local.

Une autre méthode de garantir le confort est de respecter les valeurs "g" des vitrages.

Donc l'optimum entre apport de lumière naturel et surchauffe estivale (inconfort) demande une étude et la mise des protections solaires adéquates.

1.3.2 Consommation énergétique

A) Les exigences

La norme SIA 387/4, fixe les performances requises sous forme de valeurs limites et de valeurs cibles. Ces valeurs se fondent sur l'état de la technique la plus récente En raison du développement rapide de la technologie LED, les exigences définies dans la présente norme devront être examinées et adaptées. La présente norme a pour objet l'utilisation efficace de l'électricité pour l'éclairage dans le bâtiment. Elle fournit une méthode permettant de calculer et d'évaluer la demande en électricité pour l'éclairage dans les bâtiments à construire ou à transformer. Elle définit les indices de référence et le modèle standard nécessaires à la description de la demande en électricité dans le bâtiment

La norme SIA 2056, indique que « l'énergie électrique dans le bâtiment a pour but une utilisation rationnelle de l'électricité dans les bâtiments et les installations et souhaite, en tant qu'aide à la conception, contribuer à optimiser la consommation d'électricité des bâtiments neufs et rénovés. Elle définit les paramètres qui prévalent et établit une description standard des besoins en électricité ».

Les exigences présentées ci-après sont valables pour les constructions nouvelles, les transformations et les changements d'affectations de plus de 1'000 m2 de surface de référence énergétique (AE).

Catégories d'ouvrages selon SIA 380/1, AE > 1000 m2
Les exigences (et donc l'obligation de justification) sont valables pour des constructions des catégories d'ouvrages III à XII (catégories d'ouvrages selon SIA 380/1). Une justification n'est pas nécessaire pour les immeubles résidentiels (individuels ou collectifs), ou pour des parties de ceux-ci, quelle que soit leur surface de référence énergétique.

La norme SN EN 17037, porte sur l'apport de lumière naturelle, la vue, la pénétration de lumière directe et la prévention de l'éblouissement dans les bâtiments. Elle s'applique à toutes les pièces qui sont régulièrement utilisées pendant des périodes prolongées. Il s'agit de la première norme européenne entièrement consacrée à la conception de bâtiments tenant compte de la lumière naturelle et à l'apport de lumière naturelle dans les bâtiments. La norme est entrée en vigueur en avril 2019.

Surface de référence énergétique
Le calcul de la surface de référence énergétique AE (SIA 416/1). En cas de transformations ou de changements d'affectation, la prise en compte de la surface de référence énergétique concernée est décisive.

Dans les cas d'extensions ou d'agrandissements, les surfaces de référence énergétique concernées doivent être prises en compte.

Utilisateurs inconnus au moment du justificatif
Si les « utilisateurs finaux » ne sont pas connus lors du projet, les exigences doivent aussi être prises en compte.

Performance globale
La performance globale fixe comme exigence le respect **des valeurs cibles** de la demande annuelle spécifique en électricité pour l'éclairage [kWh/m2], SIA 387/4 (voir § 4).

Une justification par la méthode globale nécessite les documents suivants :

- le formulaire EN-111 et EN-111a (valeur ponctuelle);
- des réductions de plans, avec indications en couleurs des différents systèmes et concepts d'éclairage (lampes, concepts de commande). Sur les plans et sur les feuilles de calculs, le nombre de lampes et les systèmes de commande par pièce doivent être indiqués de façon compréhensible;
- l'identification claire des surfaces nettes;
- les feuilles avec les données de l'éclairage.

Performance ponctuelle
La performance ponctuelle se réfère **aux valeurs cibles** de la Norme SIA 387/4, pour le respect de la puissance spécifique p Li en W/m2.

Une justification par la méthode ponctuelle, à l'aide de l'outil officiel, nécessite les documents suivants :

- le formulaire EN-111 et EN-111a (valeur ponctuelle);
- des réductions de plans, avec indications en couleurs des différents systèmes et concepts d'éclairage (lampes, concepts de commande). Sur les plans et sur les feuilles de calculs, le nombre de lampes par pièce doit être indiqué de façon compréhensible;
- l'identification claire des surfaces nettes;
- les feuilles avec les données de l'éclairage.

Affectations des locaux
Les utilisations type des locaux se basent sur le cahier technique SIA 2024.

Affectations spéciales
L'éclairage des locaux spéciaux doit être défini sur la base de la norme SN EN 12464-1.

Pour les affectations spéciales qui ne correspondent à aucune affectation standard de la norme, il y a lieu de les introduire sous "Affectations spéciales".

Comme il n'existe aucune valeur cible dans ce domaine, les valeurs ne sont donc pas prises en compte dans le calcul.

Calcul des besoins en énergie et bilan énergétique
Pour chaque luminaire dans les bâtiments, le besoin énergétique est calculé en tant que produit de la puissance installée et du nombre d'heures à pleine charge. Le bilan énergétique conforme à la norme SIA 2056 (représentation standardisée des besoins en électricité) comprend les puissances, les heures à pleine charge et les valeurs des besoins énergétiques des différents groupes de locaux, classés par utilisation.

Évaluation des besoins énergétiques
Les valeurs calculées pour les besoins énergétiques des différents locaux selon leur utilisation (valeurs du projet) sont converties en valeurs spécifiques pour les surfaces et comparées aux exigences.

Ces exigences sont définies comme **valeurs limites** et **valeurs cibles** et sont indiquées non pas pour tout un bâtiment mais pour les différentes utilisations dans le bâtiment. À partir des valeurs d'exigence, les différentes utilisations sont pondérées selon les surfaces puis l'exigence sera estimée pour l'ensemble du bâtiment. Les valeurs d'exigence pour les utilisations sont également déterminées à partir de la taille de chaque local et des possibilités d'utilisation de la lumière du jour. Pour chaque utilisation standard, une valeur limite et une valeur cible sont calculées.

Attention, certaines conditions cadres diffèrent de bâtiment à bâtiment (p. ex. surfaces vitrées ou dimensions des locaux).

Puissance installée
Valeurs cibles pour la performance ponctuelle par affectation.

Le nombre d'heures à pleine charge tLi pour l'éclairage est à déterminer sur la base des heures d'utilisation, de la proportion d'éclairage diurne, de l'éclairement lumineux exigé et des conditions de l'utilisateur, respectivement la régulation.

Un outil de calcul peut être utilisé pour autant que l'algorithme de calcul et les valeurs limites de la norme SIA 387/4 soient respectés. La SIA en partenariat avec l'entreprise Relux propose l'outil ReluxEnergy CH. Cet outil permet le calcul de la valeur limite ainsi que la valeur du projet E'Li.

B) Bilan énergétique

Élaboration du bilan énergétique
Les valeurs calculées pour un local type sont comparées aux valeurs de références et un bilan énergétique avec le potentiel d'économie est élaboré.

- **Besoin énergétique spécifique :** multiplication de la puissance installée par le nombre d'heures à pleine charge.
- **Besoin énergétique :** multiplication du besoin énergétique par la surface totale du bâtiment.
- **Économie d'énergie :** différence entre la valeur limite et la valeur du projet, respectivement la valeur cible et la valeur du projet.
- **Économie de dépenses d'énergie :** économie d'énergie multipliée par le prix de l'énergie.

Pour tous les locaux types, il sera procédé de manière analogue. Ce qui permet d'obtenir le bilan global et l'économie d'énergie pour le bâtiment.

C) Standard HPE / THPE

HPE : Haute Performance Energétique → A appliquer pour des ouvrages à rénover

THPE : Très Haute Performance Energétique → A appliquer pour des ouvrages neuf et certaines rénovations

Voir le règlement d'application de la loi sur l'énergie (L 2.30 en vigueur) de l'Etat de Genève.

D) Energie grise

Le calcul de l'énergie grise se conforme au cahier technique SIA 2032 « L'énergie grise des bâtiments ». Cette énergie y est définie comme la quantité totale d'énergie primaire non renouvelable nécessaire pour tous les processus en amont, depuis l'extraction des matières premières jusqu'aux procédés de fabrication et de transformation, et pour l'élimination, y compris les transports et les

moyens auxiliaires nécessaires à cet effet. On l'appelle également « dépense d'énergie non renouvelable cumulée ».

Bien que l'énergie nécessaire à la production d'une ampoule LED (5kWh) soit trois fois plus élevée que celle nécessaire à la production d'une lampe halogène (1.5kWh) et cinq fois supérieure à celle nécessaire à la production d'une lampe à incandescence (0.9kWh), cet inconvénient est compensé en moins de 100 heures d'utilisation grâce à la faible consommation d'électricité de la LED.

E) Simulations d'éclairage

Logiciel de calcul ReluxEnergy CH ou similaire et justificatif énergétique
Un éclairage ne peut pas être calculé à la main, c'est pourquoi un logiciel de calcul est utilisé. Le justificatif peut être obtenu avec l'outil informatique Relux ou similaire.

On pourra aussi consulter **Energytools**, un site internet de la Société suisse des Ingénieurs et des Architectes SIA qui a pour but d'améliorer et assurer la qualité des normes et des services du bâtiment dans le domaine de l'énergie. Il propose divers outils aptes à épauler les concepteurs et les architectes pour dimensionner les installations techniques et l'éclairage du bâtiment, de même que des aides pour calculer les besoins en énergie, la rentabilité des investissements, etc. Les outils de planification font toujours l'objet d'une brève description et peuvent être téléchargés directement sur Energytools.

1.4 Les commandes d'éclairage

Les commandes d'éclairage sont à adapter selon l'affectation des locaux et selon les recommandation du cahier de normalisation du CFC 23 - Installation électrique.

1.4.1 Les commandes par zones

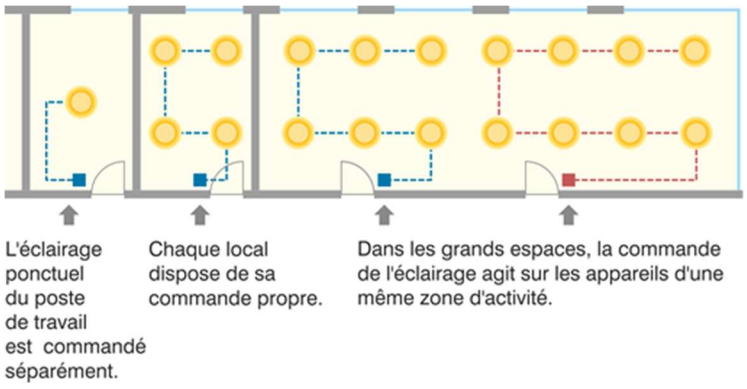
Le zonage consiste à répartir la distribution électrique et à regrouper les commandes en tenant compte :

- de l'existence de l'éclairage individuel qui peut retarder l'allumage de l'éclairage général,
- des zones de même activité ou même période d'occupation,
- des zones selon l'apport d'éclairage naturel
- de l'éclairage naturel du local : les luminaires sont enclenchés avec par une commande commune intégrant un système de gestion permettant d'ajuster la puissance des luminaires en fonction de leur position dans le local,
- des activités secondaires : pour les tâches ayant lieu en dehors des heures normales (nettoyage, rondes de sécurité, etc.) un éclairage réduit est souvent suffisant.

La mise en œuvre de ces commandes dans une installation existante nécessite un recâblage de l'installation avec intégration d'interrupteurs et de modules de commande, voir des contacteurs complémentaires.

La mise en œuvre du zonage dans les bâtiments de plus grande taille passera par un système à connexion rapide, ce qui sera sans influence sur les caractéristiques de l'éclairage.

Le zonage par adressage, le plus courant désormais dans les plus grands bâtiments, apportera de la flexibilité par rapport au potentiel de changement de configuration des locaux.



1.4.2 La gestion et les commandes manuelles

Les interrupteurs
Les interrupteurs sont les commandes les plus simples dans une gestion d'occupation. Ils restent en l'état éteint ou allumé tant qu'ils ne sont pas actionnés par l'utilisateur. Le changement d'état nécessite une intervention physique. Différentes études ont montré que la responsabilisation de l'occupant est plus liée à l'allumage des luminaires qu'à l'extinction. Ces commandes sont à déconseiller dans le cadre d'une gestion économique des consommations d'éclairage dans la mesure où elles ne reposent que sur une démarche volontaire et systématique.

Les boutons poussoir
Contrairement aux interrupteurs, ils n'ont qu'un seul état au repos et peuvent par une simple impulsion changer l'état d'un équipement intermédiaire de commande comme les relais, l'entrée digitale des automates. Cela leur permet de pouvoir être couplés avec une détection de présence automatique.

L'idée est de combiner : un allumage volontaire et une extinction manuelle ou automatique du même éclairage par détection d'absence lors que les occupants quittent le local.

Les gradateurs ou « dimmers »
Ils permettent de contrôler le flux lumineux et d'adapter le niveau d'éclairement du luminaire en fonction du niveau réel de lux dans le local, qu'il s'agisse de tenir compte d'un apport en éclairage naturel ou de réduire l'éclairement pour une présentation multimédia par exemple.

1.4.3 La gestion en fonction d'un horaire

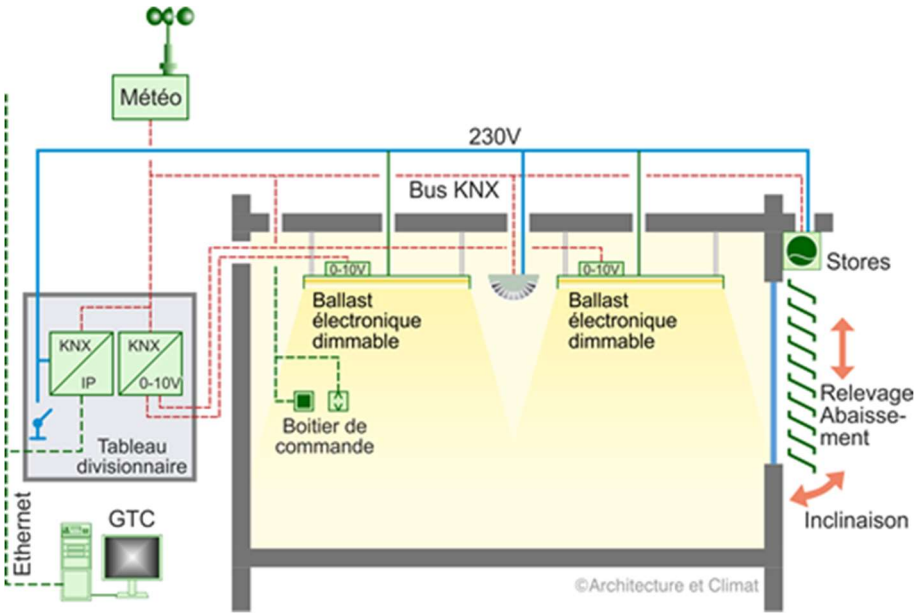
Il existe une grande variété d'horloges, allant du simple interrupteur électromagnétique multi positions jusqu'à l'interrupteur à cristaux liquides. Les commandes transmises aux luminaires peuvent aussi provenir de systèmes de gestion centralisée.

- Il est souvent préférable de ne commander que l'extinction des luminaires, laissant aux utilisateurs la liberté d'allumage (système semi-automatique).
- Il est important d'inclure des commandes locales de dérogation de façon à pouvoir rétablir l'éclairage si les utilisateurs en ont besoin.
- La possibilité de dérogation ne peut empêcher un retour au mode automatique, soit en répétant la commande d'extinction à intervalle régulier après l'arrêt normal des activités, soit en commandant un retour au mode automatique après un temps défini (ex : 1 h après la pression sur l'interrupteur).
- L'extinction automatique ne peut plonger les occupants dans l'obscurité complète. Un éclairage minimum doit être maintenu pour leur permettre de retrouver leur chemin et le bouton poussoir de dérogation. Par exemple, la commande d'extinction peut comporter deux paliers : une extinction de la moitié des luminaires pour avertir de l'extinction complète future et après un certain temps réglable, l'extinction complète.
- Les horaires d'extinction peuvent également comprendre la période de midi si elle est significative d'un arrêt général des activités.
- Les horaires d'extinction tiendront bien sûr compte des périodes où les bâtiments sont censés être vides : soir, weekend, vacances, etc.

En conclusion, pour l'OCBA, l'éclairage doit être commandé en fonction des mouvements pour les zones/locaux avec du passage (couloirs, toilettes, etc) et en semi-automatique dans les zones/locaux en présentiel (bureau, salle de cours, etc) ainsi qu'avec un asservissement à la lumière naturelle pour les emplacements qui ne sont pas borgnes. Pour que l'adhésion de l'utilisateur soit totale, celui-ci doit toujours avoir la possibilité d'intervenir manuellement sur la commande. L'association avec la fonction semi-automatique, qui coupe automatiquement mais permet toujours l'allumage manuel, constitue le meilleur rapport coût-bénéfice dans les circonstances habituelles et garantit la plus forte adhésion de l'utilisateur.

Lors de l'installation et de la mise en service de la commande de l'éclairage, le contrôle du fonctionnement programmé de la commande ainsi que la vérification du réglage correct des valeurs de luminosité (attention, le réglage de l'intensité lumineuse est réalisée selon les valeurs données par un appareil de mesure type luxmètre et non par la valeur transmise dans le dispositif de réglage) et des temps de poursuite paramétrés sont indispensables.

1.4.4 La gestion centralisée de l'éclairage



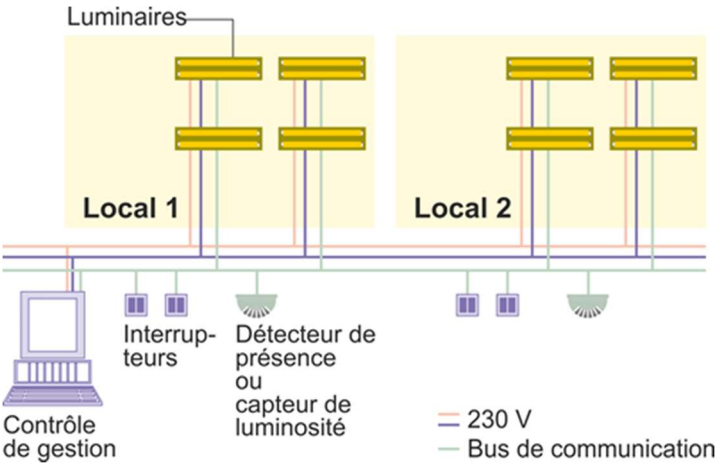
1.4.5 La gestion des installations par bus de terrain

L'objectif d'une telle installation est double:

Flexibilité: dans les nouveaux bâtiments, les extensions et modifications dans l'utilisation des réseaux entraînent de fréquents recâblages.

Gestion énergétique: les occupants des bâtiments n'ont pas pour vocation d'être impliqués dans la gestion des installations techniques. Ce n'est d'ailleurs pas leur mission. Il faut donc créer la fonction automatique, tout en ne perturbant pas le confort des occupants.

Une installation électrique traditionnelle montre ses limites par rapport à ces deux objectifs, principalement en ce qui concerne la flexibilité. De ce fait, un retour à une gestion traditionnelle après le déploiement d'un bus de terrain, même pour de nouvelles zones, n'est pas envisageable pour l'OCBA.



Ce qui différencie une installation électrique pilotée par un réseau de communication d'une installation «traditionnelle» est la séparation entre les circuits de puissance et les circuits de commande. Dans une installation traditionnelle, les organes de commande font partie intégrante du circuit de distribution.

Dans une installation avec réseau de communication, on distingue deux réseaux physiquement séparés :

- la distribution d'énergie aux équipements, c'est le circuit de puissance,
- le pilotage et la commande des équipements, c'est le circuit de commande.

Le circuit de commande est réalisé à partir d'un câble intégré par exemple dans un câble plat, coaxial, ondes radios, appelé « bus » ou « bus de terrain ».

Ce support de communication permet à tous les produits connectés (équipements, capteurs, actionneurs) d'échanger des informations suivant un « protocole de communication ».

L'OCBA privilégie un câblage filaire.

Dans une version avec câblage filaire, l'ensemble des participants au réseau sont connectés en parallèle aux deux mêmes conducteurs du bus, ce qui limite et simplifie le câblage.

Le protocole de communication permet aux participants du réseau de communiquer entre eux. C'est ainsi que chaque produit, capteur ou actionneur relié au réseau possède suffisamment d'intelligence pour détecter seul un changement d'état et transmettre, en fonction de son programme, le message adéquat.

Dans un tel système, les capteurs sont des donneurs d'ordre (boutons poussoirs, interrupteurs, régulateurs, sondes...). Les actionneurs représentent les sorties du système qui font office d'interfaces de puissance pour piloter les équipements terminaux.

1.4.6 Topologie

Se référer au CFC 237 du cahier de normalisation CFC 23

1.4.7 Régulation de l’éclairage

On distingue divers modes de régulation en matière d’éclairage :

- commande manuelle
- déclenchement par minuterie
- commutation en fonction de la lumière naturelle
- enclenchement manuel, déclenchement en fonction de la lumière naturelle et de l’occupation (semi-automatique)
- régulation constante de l’éclairage (variateur)
- détection de présence et/ou de mouvement

Détecteur de mouvement et de présence

Un détecteur de présence se différencie d’un détecteur de mouvement par sa plus grande sensibilité et de sa possibilité de mesurer la lumière.

Les détecteurs ont une consommation propre de 0.3 à 3 kWh par année environ. Ils ne devraient pas consommer plus de 1W par appareil en stand-by.

Dans le cas de la régulation constante par variateur, la perte d’énergie en stand-by pose problème dans la mesure où elle peut être supérieure à l’énergie économisée par la régulation constante. Si le stand-by consomme plus de 1W par luminaire, il faudrait proposer une nouvelle démarche.

SCHEMA DE PRINCIPE POUR LA DOCUMENTATION

Pour les grands biens immobiliers en particulier, il est nécessaire de dresser, dès le début du projet, un schéma de principe pour la répartition et la structuration de l’installation (topologie, zones et lignes). Cela permet de planifier de manière optimale la topologie d’une installation KNX ou similaire et la structure logique est construite très rapidement. Le schéma sera utile ultérieurement, lors de la mise en service ou en cas d’intervention de maintenance dans l’immeuble, pour acquérir rapidement des informations. C’est la raison pour laquelle le schéma de principe fait toujours partie de la documentation qui sera remise au maître d’ouvrage en fin de projet.

1.5 Optimisation de fonctionnement dans les bâtiments existants

Pour le renouvellement d'un éclairage existant, il existe quatre possibilités :

1. Remplacer les lampes
2. Remplacer les luminaires
3. Installer un réglage de lumière ou optimiser les réglages déjà existants
4. Concevoir un éclairage selon valeurs cibles de la SIA 387/4.

Les coûts d'investissement de ces mesures sont très différents :

- Remplacer les luminaires inefficients par des luminaires efficients avec une efficacité lumineuse de lampe plus faible et un rendement plus élevé (au moins 75 %) (mesure n° 8, § 1.5.1).
- Remplacer les commutations manuelles par des détecteurs de présence, combinés à des capteurs de lumière naturel (mesure n° 17, tableau § 1.5.1).
- Comme protection solaire, installer des lames claires, réglables et situées à l'extérieur (mesure n° 22, tableau § 1.5.1).

Conception globale selon SIA 387/4 : pour un assainissement global, la solution la plus efficace peut la plupart du temps être trouvée avec un nouveau concept d'éclairage, en particulier dans les locaux où un nouveau positionnement des luminaires est possible.

Remplacer la source lumineuse (Retrofit)

Méthodologie 1 à 6 du tableau §1.5.1. Les ampoules inefficientes (sources lumineuses) sont remplacées une à une par des lampes efficientes ayant le même culot. Pour les lampes dont les culots sont décrits sur les illustrations ci-dessous, cette mesure est possible.

Cette solution n'est pas privilégiée par l'OCBA, car le fournisseur ne garantit ni le bon fonctionnement du Retrofit, ni la durée de vie des lampes. De plus, la compatibilité avec certain système de gestion de l'éclairage n'est pas assurée.

Remplacer les luminaires

Méthodologie 8 à 12 du Tableau §1.5.1. Les lumiaires existants seront remplacés dans leur intégralité. Souvent, le nouveau luminaire peut être placé au même endroit de manière à éviter d'importantes dépenses d'installation.

- Les luminaires à rayonnement indirect sont la plupart du temps inefficients parce que la lumière est reflétée sur un plafond plus ou moins clair et sur une plus grande distance. Un éclairage optimal diffuse, dans la plupart des cas, une lumière directe avec une partie indirecte pour l'éclaircissement du local.

- Les éclairages surdimensionnés ne sont pas rares. Parce que l'œil humain est constitué de telle sorte qu'il peut traiter un très large spectre de luminosité (journée ensoleillée: 100 000 lux, nuit de pleine lune: 0.2 lux), mais est relativement peu sensible aux petites différences de luminosité (pour une personne, 600 lux ne sont objectivement pas différents de 500 lux), les installations d'éclairage ne doivent pas être surdimensionnées. Car 600 lux au lieu de 500 signifient 20 % de dépense d'énergie en plus, sans que cela soit perceptible en général.

Cette solution est privilégiée par l'OCBA.

Installer ou optimiser les réglages de lumière

Méthodologie 13 à 22 du Tableau §1.5.1. Les réglages de lumière réalisés dans des conditions optimales peuvent apporter de très grandes économies. Dans de nombreux cas, l'environnement n'est pas optimal: lumière naturelle trop peu utilisable, mauvais positionnement des capteurs, aucun ajustement des capteurs et enfin autoconsommation élevée du réglage.

Cette optimisation est recommandée par l'OCBA et à prendre en compte dans chaque projet. Quelle que soit la méthode de rénovation utilisée, le mandataire devra être en mesure de justifier ses choix sur des critères photométriques, énergétiques et financiers.

1.5.1 Méthodologie à appliquer en cas de remplacement de l'éclairage

1	**Remplacer les lampes à incandescence et les ampoules halogènes classiques par des LED**.	++
~~2~~	~~**Remplacer les spots à incandescence par des spots LED.**~~	++
~~3~~	~~**Remplacer les spots halogènes par des spots LED.**~~	+++
4	**Remplacer les lampes économiques dans le domaine extérieur par des lampes LED**.	+
5	**Remplacer les tubes fluorescents (diamètre 26 mm) avec des ballasts conventionnels (B.C.) par des tubes LED**.	+++
6	**Remplacer les lampes fluorescentes avec des ballasts électroniques (B.E.) par des tubes LED**.	++
7	**Supprimer les luminaires superflus**. Certains luminaires fonctionnent inutilement ou le local est beaucoup trop clair. Dans ce cas, il est recommandé de démonter/supprimer certains luminaires.	++
8	**Remplacer les plafonniers et les luminaires muraux 1 par 1 avec la techologie LED**.	++
9	**Poser des Downlights avec LED**. Dans de nombreux cas, il est possible de remplacer les Downlights usuels avec lampes fluorescentes compactes par des Downlights LED avec le tiers de la puissance.	++
10	**Remplacer les chemins lumineux avec tubes fluorescents par des LED**.	+++
11	**Renouveler les luminaires sur pied par des sources LED.**	+++
12	**Remplacer les luminaires de bureau par des LED**.	++
13	**Séparer les groupes de luminaires**. Le réglage le plus simple de la lumière consiste en la répartition d'une installation d'éclairement sur plusieurs « groupes de lumière ». Au lieu d'un seul interrupteur, en installer deux à quatre.	+
14	**Intégrer des horloges**. Il est efficient et avantageux d'étendre l'éclairage à midi ou le soir au moyen d'une minuterie.	+
15	**Intégrer une minuterie**. Dans les locaux avec de courtes présences, il est recommandé d'installer des minuteries (déclenchement automatique après 5 à 15 minutes).	++
16	**Installer un détecteur de mouvement**. Il est recommandé d'installer des détecteurs de mouvement dans les couloirs, vestiaires, stocks et autres locaux similaires avec peu de circulation de personnes; dans les locaux avec lumière du jour, combinés avec des capteurs de luminosité. Réglage recommandé: on et off automatique (auto on/off). Le temps de déclenchement doit être réglé sur 5 minutes au maximum dans les zones de circulation.	+++
17	**Installer des détecteurs de présence**. Dans les bureaux et les salles de classe, il est recommandé de remplacer les enclenchements manuels par des détecteurs de présence; dans les locaux avec lumière du jour, combinés avec des capteurs de luminosité. Réglage recommandé: off automatique, on manuel (c.-à-d. que la lumière ne s'allume pas automatiquement, mais il faut presser un bouton). Le temps de déclenchement doit être réglé sur 5 minutes au maximum dans les zones de travail.	++
18	**Ajuster le réglage de la luminosité existante**. Le niveau de luminosité est souvent incorrect ou mal réglé, ou les temps de déclenchement sont trop longs, et la lumière ne s'éteint pas. Dans les projets concrets, les économies d'énergie pourraient être triplées en réduisant le temps de déclenchement de 15 à 5 minutes.	+++
19	**Lampes à détecteur mise en réseau**. Les luminaires avec capteurs intégrés et fonction de communication avec d'autres luminaires permettent d'allumer la lumière de manière sélective et proactive exactement là où elle est nécessaire et de l'éteindre ou de la réduire considérablement dans d'autres zones. Convient particulièrement pour les parkings, les cages d'escalier et les zones de passage.	+++
20	**Déplacer les capteurs de lumière existants**. Pour des raisons architectoniques, les capteurs de lumière sont souvent mal positionnés, ce qui entrave les commutations souhaitées. Le nouvel emplacement devrait être choisi strictement en fonction de la reconnaissance de la lumière du jour optimale ou de la présence.	+
21	**Réglage de la luminosité constant**. A l'ère des LED, l'impact d'un contrôle constant de la lumière est beaucoup plus important que dans le monde des lampes fluorescentes. Il faut tenir compte de la consommation d'énergie des systèmes de commande parfois complexes.	++
22	**Optimiser la protection solaire**. La protection solaire optimale est apposée à l'extérieur, elle peut être réglée selon les besoins (lamelles) et doit être claire. Un réglage automatique présente encore une meilleure solution pour autant qu'elle fonctionne. Les stores ou rideaux placés à l'intérieur ne conviennent pas pour l'utilisation de la lumière du jour.	+++

Un assainissement réalisé par des spécialistes.

Une mise à niveau des systèmes d'éclairage existants s'impose pour les installations non assainies ou pour celles qui ne le sont que d'une façon restreinte. Il est toutefois nécessaire de noter par exemple que le remplacement d'un ballast est susceptible de nuire à la sécurité du luminaire. Par conséquent, l'exploitant devient responsable de la sécurité de l'installation. Par ailleurs, les valeurs de la planification de l'éclairage ne sont plus valables. L'installation ne répond éventuellement plus aux normes en vigueur. La mise à niveau avec une commande d'éclairage doit être effectuée par des spécialistes.

1.5.2 Retrofit tube fluo →tube LED

Exigences relatives aux tubes LED de remplacement selon la norme IEC 62776

- Inscription correcte, instructions de montage et manuel d'utilisation correctes.
- Interchangeabilité sans danger dans n'importe quelle armature FL.
- Protection contre le détachement.
- Températures maximales lors du fonctionnement.
- Protection lors de l'encliquetage et du décliquetage.
- Tube LED homologué GR0 selon EN 62471

Exigences relatives à la mise sur le marché selon l'OMBT

- Les tubes LED qui affichent une tension transitoire dangereuse entre leurs deux extrémités demeurent interdits. L'isolation principale doit au moins être assurée. Le courant de contact maximal lors de l'insertion / l'encliquetage unilatéral(e) d'un tube LED s'élève à 0,7 mA (valeur de crête)
- La modification d'une armature FL existante n'est autorisée selon l'OMBT qu'en procédant comme suit :
- Les tubes LED conformes à la norme IEC 62776 sont autorisés en Suisse, à une exception près : les tubes LED qui possèdent un côté ouvert ne peuvent pas être mis sur le marché. La raison tient à ce que cette configuration ne fonctionne dans aucune armature existante. L'usage de ces tubes LED supposerait un luminaire modifié d'une manière interdite.

1.6 Choix de la lampe (source)

Type d'ampoule	Classe		Flux lumineux	Rendement lumineux	Efficacité par rapport à l'ampoule à incandescence
	→ 09.2021	09.2021 →	[lm]	[lm/]	
Ampoule au sodium basse pression (pour l'éclairage urbain)	A+ - B	C	32'000	178	14.83
Tube LED (150 cm)	A++	**D**	**3'700**	**154**	**12.83**
Lampe à filament LED E27	A++	**E**	**806**	**115**	**9.58**
Lampe Standard LED E27	A+	**F**	**1'521**	**101**	**8.42**
Tube fluorescent (150cm)	A	**F**	**3'450**	**99**	**8.25**
Lampe économique E27	A	G	640	58	4.83
Tube fluorescent compact	B	G	1'800	69	5.75
Meilleure lampe halogène (12 volts)	B	G	840	24	2
Lampe halogène	D	G	345	12	1
Ampoule à incandescence (tungstène)	E	G	702	12	1

(Valeurs et classes indicatives datant de 2019, la classe pouvant avoir évolué à ce jour)[3]

L'OCBA demande un minimum de 80 lm/W

[3] Extrait de : Eclairage intérieur - Efficacité énergétique de l'éclairage de « Suisse énergie » édition 2019

A) Tube fluorescent à double culot

Ce type de luminaire étant interdit depuis le 1er septembre 2023, nous n'allons pas donner d'explication. Il n'est plus possible, dans le cadre des projets, de les mettre en place.

B) Fluo-compact

Ce type de luminaire étant interdit depuis le 25 février 2023, nous n'allons pas donner d'explication. Il n'est plus possible, dans le cadre des projets, de les mettre en place.

C) LED

Alors qu'il y a 15 ans à peine, la LED - light-emitting diode, ou DEL, diode électroluminescente - était absente des projets d'éclairage, aujourd'hui personne ne songerait à en réaliser un en laissant de côté une technologie qui est devenue la référence.

C'est un peu ce qui pourrait aider à différencier un éclairage du XXe siècle d'un éclairage du XXIe siècle.

La LEDest un composant électronique à semi-conducteur. Lorsqu'un courant traverse la diode dans le sens passant, celle-ci émet de la lumière. Contrairement aux sources lumineuses conventionnelles, les LED sont des composants électroniques, à cristaux semi-conducteurs.

La LED peut offrir une palette de millions de couleurs et des effets dynamiques que l'éclairage conventionnel ne peut atteindre en termes de conception, de mise en scène et d'ambiance. Grâce à leur capacité et à leur faible rayonnement thermique, les LED peuvent être intégrées à peu près partout. Etant numériques, elles sont programmables, ce qui offre des possibilités illimitées pour un usage créatif et une gestion efficace. Enfin, la durée de vie élevée et les économies d'énergie et d'entretien des LED offrent des solutions d'éclairage potentiellement efficientes. Il s'agit d'une source lumineuse ponctuelle, la lampe LED dispose d'un allumage immédiat. Elle peut être commutée et son intensité est variable à volonté. Les LED sont également nettement supérieures dans le domaine de l'éclairage d'accentuation.

Les avantages des LED en bref:

- Durée de vie extrêmement longue et ce quasiment sans entretien: les LED des modules et luminaires offrent des durées de vie utile de quelque 50'000 heures et plus.
- Les LED émettent une lumière focalisée, ponctuelle. Des lentilles servant d'instruments optiques primaires permettent de l'orienter presque sans perte.
- Les LED produisent naturellement une lumière colorée pouvant être convertie en lumière blanche. Le rendu des couleurs atteint $R_a > 80$ à $R_a > 98$.
- Les LED sont très efficaces: l'efficacité lumineuse des luminaires LED peut dépasser 150 lm/W.
- Les LED sont petites et permettent de créer des luminaires compacts et de faible profondeur d'encastrement.
- La lumière des LED est exempte de rayonnement IR et UV direct, elle ménage donc les objets sensibles.
- Les LED sont résistantes aux chocs et aux vibrations. Cet aspect est surtout intéressant pour les applications industrielles, l'éclairage des routes et les appareils mobiles.
- Les LED produisent une lumière sans scintillement, sont variables en continu et commutables à volonté.
- Les LED sont exemptes de mercure et sont éliminées comme déchets électriques.
- Les LED fonctionnent parfaitement à basse température ambiante.

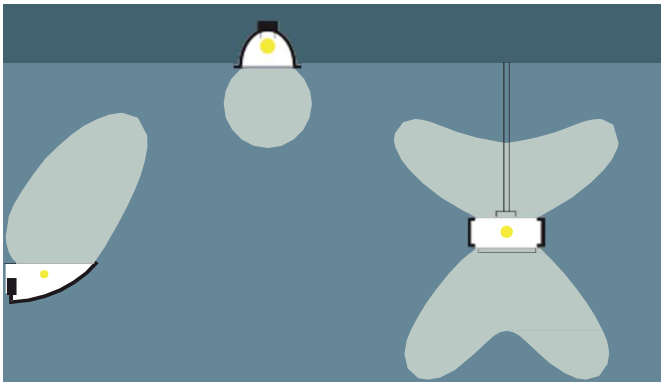
1.7 Choix du luminaire (appareil)

On pourra se référer à la norme EN 60598-1, qui énumère les exigences générales en matière de luminaires incorporant des sources lumineuses électriques opérant jusqu'à 1'000 V. Les exigences et les tests de ce standard couvrent la classification des luminaires, leur marquage, la construction mécanique ainsi que la construction électrique, telles que les procédures de mise à terre et la protection contre les chocs électriques. Des sections complémentaires consacrées à chaque type particulier de luminaires sont regroupées dans la norme EN 60598-2-1.

Les luminaires proposés doivent être construits selon les directives des normes en vigueur SN EN, Electrosuisse et SLG ainsi que les directives CEM. Le fournisseur est tenu de n'utiliser pour la fabrication des luminaires que des composants techniques et électrotechniques portant le signe correspondant.

1.7.1 Classes de luminaires et courbes photométriques

Caractéristiques des luminaires

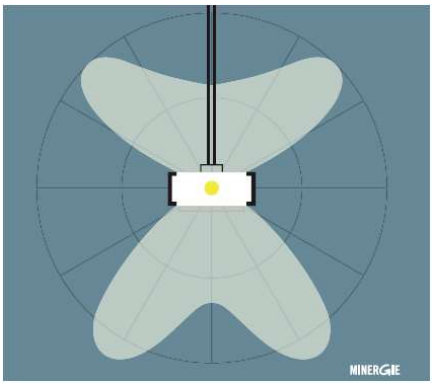


La conception d'un luminaire est secondaire pour l'éclairage d'un intérieur. L'effet lumineux dans la pièce et la fonctionnalité de la tâche visuelle, par exemple la lecture, sont essentiels. Ces caractéristiques sont décrites entre autres grâce au flux lumineux (lumen), à l'intensité lumineuse (candela) et aux caractéristiques d'éblouissement.

Le luminaire donne une certaine orientation à la lumière. Le plafond, un mur ou une table sont éclairés de manière ciblée grâce à des réflecteurs composés de miroirs, de lentilles ou en aluminium anodisé. L'intensité lumineuse est une valeur absolue dans une certaine direction dans une pièce. Cette valeur est essentielle pour savoir si la tâche visuelle est accomplie ou si le luminaire éblouit. Le luminaire est optimisé et formé avec un auvent d'éclairage composé de grilles ou en matériaux translucides. Ce chapitre propose un aperçu des éclairages de poste de travail ordinaires et de leur efficacité.

Une liste de luminaires préconisé par l'OCBA se trouve sur les pages suivantes.

Suspension directe/indirecte



Les suspensions sont très répandues dans les bureaux et peuvent être considérées comme le perfectionnement des luminaires à grille montés au plafond. Ce type de luminaire remplit, en cas de planification optimale, l'exigence de la valeur cible de la SIA 387/4.

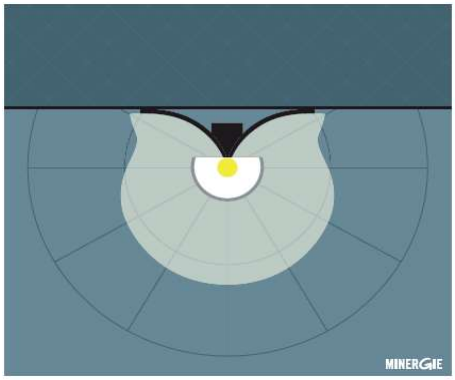
Avantages

- Rendement lumineux élevé (jusqu'à 90 %)
- Bon éclairage d'intérieur (pas d'effet caverne)
- Large gamme de produits

Inconvénients

- Ils encombrent l'espace (niveau de luminaire en suspension)
- Installation et câblage fastidieux
- Accumulation de poussière sur le dessus (réduction d'efficacité)

Luminaire en applique « lumière douce »



La lumière douce représente un type de luminaire moderne. Ils sont généralement fixés au plafond et dirigent la lumière dans toute la largeur de la pièce grâce à de grands réflecteurs de forme spéciale. Ils constituent le perfectionnement des vasques opales en matière de technique d'éclairage. Ce type de luminaire remplit, en cas de planification optimale, les exigences de la valeur cible de la SIA 387/4.

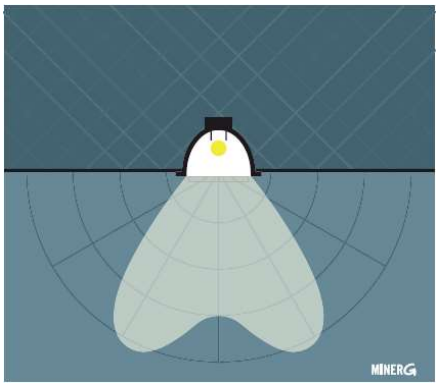
Avantages

- Bonnes protection contre l'éblouissement
- Bon éclairage d'intérieur (pas d'effet caverne)
- Très bonne efficacité lumineuse selon le type

Inconvénients

- Conception spéciale offrant parfois un aspect imposant
- Construction de luminaire exigeante, peu appropriée aux exécutions spéciales
- Moins bonne efficacité lumineuse selon le type et accumulation de poussière à l'intérieur

Luminaire en applique « grille à miroir »



Les luminaires à grille à miroir sont très efficaces grâce à leur effet de projecteur et sont, pour ainsi dire, la réponse à l'inefficacité des vasques opales des années 60. Ce type de luminaire remplit, en cas de planification optimale, les exigences de la valeur cible de la SIA 387/4.

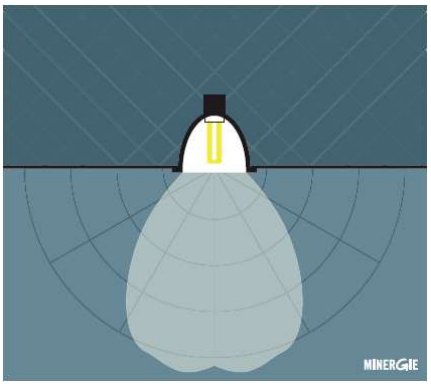
Avantages

- Facteur d'utilisation du local très élevé (90 à 100 %)
- Bonnes possibilités de protection contre l'éblouissement grâce au système de grille
- Bonne efficacité même dans les pièces sombres

Inconvénients

- Lumière dirigée vers l'espace de travail, plafond sombre (effet caverne)
- Les luminaires sont à peine perceptibles (on oublie souvent de les éteindre).
- Risque d'éblouissement en cas de système de grille simple ou inexistant

Plafonnier ouvert



Les plafonniers sont l'équivalent des luminaires à grille à miroir pour les zones de circulation. Grâce à la lumière fortement dirigée, son efficacité énergétique dépend peu de la clarté de la pièce. Ce type de luminaire remplit, en cas de planification optimale, les exigences de la valeur cible de la SIA 387/4.

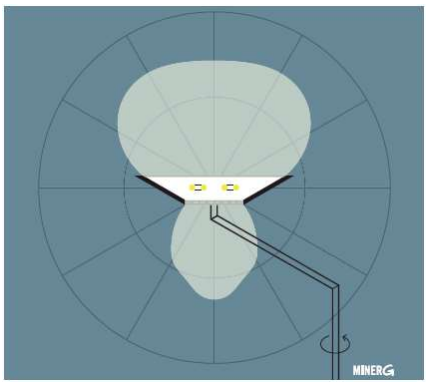
Avantages

- Facteur d'utilisation du local très élevé (90 à 100 %)
- Bonne efficacité même dans les pièces sombres
- Vaste gamme de produits

Inconvénients

- Lumière dirigée vers le sol, plafond sombre (effet caverne)
- Les luminaires sont à peine perceptibles (on oublie souvent de les éteindre).
- Risque d'éblouissement en cas de plafonnier à diffusion en largeur sans auvent d'éclairage

Lampadaire direct/indirect



Les lampadaires traditionnels émettent une grande partie de leur lumière vers le plafond lumière majoritairement indirecte. Avec la variante directe-indirecte du lampadaire, l'efficacité énergétique est nettement supérieure mais les exigences de construction concernant la protection contre l'éblouissement sont bien plus grandes. Ce type de luminaire remplit, en cas de planification optimale, les exigences de la valeur cible de la SIA 380/4 et la 387/4.

L'OCBA impose ce type d'éclairage pour les postes de travail administratif

Avantages

- Possibilités d'utilisation flexibles dans les bureaux modernes
- Faible puissance spécifique grâce à l'orientation vers le poste de travail et à la lumière directe
- Pas d'installations fixes

Inconvénients

- Choix actuellement limité
- Le luminaire est un meuble de plus dans la pièce, cordon d'alimentation au sol
- Risque d'éblouissement en cas de système de grille simple

1.7.2 Les codes flux a six chiffres

La signification du code photométrique est décodée dans l'exemple suivant, **840/359** :

- Code **8** – valeur initiale IRC de 84.
- Code **40** – valeur initiale de température de couleur, en l'occurrence 4'000 K.
- Code **3** – répartition initiale des coordonnées chromaticité dans une ellipse MacAdam.
- Code **5** – répartition initiale à maintenir des coordonnées de chromaticité dans une ellipse de MacAdam de niveau 5.
- Code **9** – flux lumineux atteignant encore 91% par exemple, après 25% de la durée de vie assignée.

Le code photométrique doit être noté sur l'emballage et la notice des luminaires.

1.7.3 Les luminaires LED

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) a publié deux documents : « spécifications mises à disposition du public » d'exigences de performance:

- IEC/PAS 62717 Exigences de performances – Modules de LED pour l'éclairage général
- IEC/PAS 62722 Exigences de performances – Luminaires LED pour l'éclairage général

Les deux documents IEC/PAS d'exigences de performance donnent:

- la définition d'un ensemble de critères de qualité relatifs aux spécifications initiales d'un produit;
- une description normalisée sur la façon de mesurer ces critères de qualité.

Ces documents ont donné lieu à ce que l'on appelle les normes CELMA dont l'objectif est d'autoriser une comparaison objective des performances des luminaires LED.

Les documents IEC/PAS suggèrent la liste suivante des critères de qualité à considérer lors de l'évaluation des déclarations des fabricants :

a) Puissance d'entrée nominale
b) Flux lumineux nominal
c) Efficacité du luminaire LED
d) Distribution des intensités lumineuses
e) Code photométrique
f) Température de Couleur Proximale (TCP)
g) Indice de rendu des couleurs nominal (IRC)
h) Coordonnées de chromaticité CIE, à la fois initiales et à maintenir (binning MacAdam)
i) Code du facteur de maintenance du flux lumineux
j) Durée de vie assignée (en heures) du module LED et le facteur de maintenance du flux lumineux nominal associé (Lx)
k) Taux de mortalité (Fy) correspondante à la durée de vie assignée du module LED dans le luminaire
l) Température ambiante (tq) pour un luminaire.

L'économie d'énergie effective d'une installation d'éclairage à LED ne dépend pas que du rendement lumineux des diodes utilisées. Ce qui est déterminant, c'est bien plus :

- l'interaction avec les optiques et appareils d'exploitation
- la courbe photométrique du luminaire
- les conditions ambiantes qui pourront faire l'objet d'une modélisation 3D si nécessaire.

Il faut faire une nette distinction, pour les LED, entre le flux lumineux de la LED et le flux lumineux effectivement utilisable d'un luminaire LED. C'est pourquoi les techniciens de la lumière, à propos de l'éclairage LED, parlent plutôt du flux lumineux de luminaire et non du flux lumineux de lampe.

1.7.3.1 Checklist transfo LED

- 1-10V, 0-10V, DALI
- S'assurer que le transformateur ne provoque aucun papillotement/scintillement, clairement visible avec un appareil photo digital (de téléphone portable par exemple)
- MTBF
- Lieu d'installation, déporté ou non, mesures prises pour refroidissement espace et ventilation, court-circuit, mesures contre la pointe de courant (inrush current)
- Marge de sécurité d'au moins 20% par rapport à la charge maximale

1.7.3.2 Check-list éclairage LED

Outre les critères de qualité IEC/PAS CELMA, penser aussi aux points suivants :

- Vérifier le groupe de risque photobiologique de RG0 à RG3. L'OCBA recommande un groupe de risque RG0 et peut accorder une dérogation pour un groupe de risque RG1 selon l'affectation cocnernée.
- Changement de la lampe ou changement de tout le luminaire
- Câblage en série ou en parallèle
- Recâblage ou non
- Compatibilité des éléments de gestion existants (variation et domotique)
- Aisance et rapidité d'installation

Milieu confiné
Les LED émettent un flux lumineux sans beaucoup de chaleur, mais la face arrière de la diode en génère quand même. Cette dernière doit être évacuée étant donné qu'une surchauffe est susceptible d'endommager les LED et de diminuer considérablement leur durée de vie.

L'AEAI doit être prise en compte.
La gestion thermique des LED est un élément essentiel pour les concepteurs et planificateurs d'éclairage.

1.8 Exécution

Toutes les pièces destinées au montage sous crépis doivent être en matériau galvanisé ou matériau équivalent inoxydable et recevoir une couche de peinture de fond. Les pièces rouillées doivent être remplacées.

1.8.1 Preuves de fonctionnement

Après la mise en service des installations, des tests intégrés (tests fonctionnels) seront exécutés séparément pour chaque étage et contrôlés par le planificateur mandaté. Après ces tests aura lieu la pré-réception et la suppression des défauts. Le respect des données de puissance spécifiées pour les divers dispositifs techniques du bâtiment doit être attesté dans des conditions d'exploitation réelles.

Le mandataire est tenu dans cette phase de créer un protocole de test effectué en sa présence. Il est tenu de le valider et s'engage sur les résultats obtenus en apposent sa signature.

Un relevé géographique sur plan des points de mesures (éclairement en lux), effectué en fin de travaux pour la validation du respect des normes, est également de la responsabilité du mandataire.

Ces mesures doivent apparaître dans le dossier de plans de révision.

1.8.2 Facteur de maintenance / coûts de fonctionnement

Selon la norme EN 12464-1, il est obligatoire d'étudier le projet d'éclairage avec un facteur de maintenance global (f_m) calculé pour les équipements d'éclairage sélectionnés, l'environnement et le programme de maintenance spécifié pour l'aire de la tâche ou la zone d'activité conformément à l'ISO/CIE TS 22012.
Les exigences d'éclairement relatives à chaque tâche sont considérées comme étant les valeurs d'éclairement à maintenir ($\bar{E}_m$). Le facteur de maintenance dépend des caractéristiques de maintenance de la lampe et de son ballast, du luminaire, de l'environnement et du programme de maintenance.

Le concepteur doit :

- établir le facteur de maintenance f_m et énumérer toutes les hypothèses requises pour l'établissement de cette valeur,
- spécifier le matériel d'éclairage approprié à l'environnement,
- préparer un programme de maintenance comprenant par exemple la fréquence de remplacement des sources de lumière, les intervalles de nettoyage et des luminaires et des locaux. Préparer le dossier pour les coûts de fonctionnement selon la phase SIA 4.6

Le facteur de maintenance fm a un impact considérable sur la performance énergétique. Les hypothèses faites sur la dérivation du fm doivent à la foi

1.8.3 Modification de la situation de lumière pendant le service

Au cours du service, la situation de lumière varie constamment dans un local :

Baisse du flux lumineux de la source lumineuse
Pendant le service, le flux lumineux d'une source lumineuse diminue par vieillissement. Cette baisse de flux lumineux est variable suivant la technologie de source lumineuse. Les fabricants mettent les données à disposition.

Défaillance de sources lumineuses
Toutes les sources lumineuses ont une durée de vie limitée. Les sources lumineuses défaillantes réduisent la quantité de lumière produite par l'installation d'éclairage. Suivant la situation du local, une source lumineuse défaillante n'est pas acceptable et doit être immédiatement remplacée. Dans d'autres cas, malgré des sources lumineuses défaillantes, il est possible de poursuivre la tâche visuelle.

Salissure du réflecteur et des éléments optiques
La poussière et d'autres influences environnantes salissent les réflecteurs. Ce processus est encore accéléré par les températures légèrement plus élevées sur la surface du luminaire. Cela provoque des

mouvements thermiques de l'air intensifiant le dépôt de poussière. La salissure empêche la sortie de lumière et réduit la quantité de lumière à disposition.

Salissure des surfaces du local
Toute la lumière à disposition pour la tâche visuelle ne va pas directement du luminaire à l'objet vu. L'éclairage de cet objet est également assuré par de la lumière réfléchie par les parois du local, le plafond et le sol. La clarté des surfaces du local joue ici un rôle important. Dans le cas typique, la capacité de réflexion des surfaces diminue ou cours du temps et il y a de moins en moins de lumière à disposition pour la tâche visuelle.

Tous ces facteurs font que la quantité de lumière à disposition à l'état neuf diminue avec le temps. Ces facteurs doivent donc être examinés avec les maîtres d'ouvrage avant la planification et introduits dans la planification afin de ne jamais tomber au-dessous de la valeur prescrite.

2. Eclairages pour places de travail

2.1 Aspects conceptuels

La qualité de la planification et de l'exécution de l'éclairage de la place de travail est déterminante pour la qualité de l'éclairage artificiel que l'on décrit par les critères suivants :

- Niveau d'éclairage pour la clarté
- Limitation d'éblouissement pour une vue non troublée par un éblouissement direct ou réfléchi
- Répartition harmonieuse de la clarté pour une relation équilibrée des luminances
- Couleur de lumière pour l'aspect des lampes
- Rendu des couleurs pour la reconnaissance parfaite et la distinction des couleurs et l'ambiance du local
- Direction de lumière
- Ombres pour reconnaître les objets et les structures de surfaces.

Suivant l'utilisation et l'aspect d'un local, les critères de qualité peuvent être pondérés différemment. C'est ainsi que:

- **La performance visuelle** est influencée par le niveau d'éclairage et la limitation d'éblouissement
- **Le confort de vision** par le rendu des couleurs et la répartition harmonieuse de clarté
- **L'ambiance visuelle** par la couleur de lumière, la direction de la lumière et les ombres. Pour bien distinguer les objets, les surfaces et les structures, il faut de la lumière et des ombres.

La direction de la lumière et les ombres sont co-déterminantes pour l'ambiance visuelle. Une bonne relation entre la lumière diffuse et la lumière dirigée, donne une part d'ombre agréable.

Une perception correcte des couleurs même en éclairage artificiel est un des objectifs importants d'un éclairage bien fait. L'impression de couleur est déterminée par l'interaction entre la couleur des objets observés, donc leurs taux de réflexion spectrale, et la composition spectrale de la lumière.

OLT 3, Article 15 Eclairage

1. Les locaux, postes de travail et passages à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments doivent avoir un éclairage naturel ou artificiel suffisant, adapté à leur utilisation.[4]
2. Les locaux de travail doivent être éclairés naturellement et être dotés d'un éclairage artificiel garantissant des conditions de visibilité (uniformité, éblouissement, couleur de la lumière, spectre de couleurs) adaptées à la nature et aux exigences du travail.
3. Les locaux sans éclairage naturel ne peuvent être utilisés comme locaux de travail que si des mesures de construction ou d'organisation particulières assurent, dans l'ensemble, le respect des exigences en matière de protection de la santé.

2.2 Norme de base SN EN 12464-1

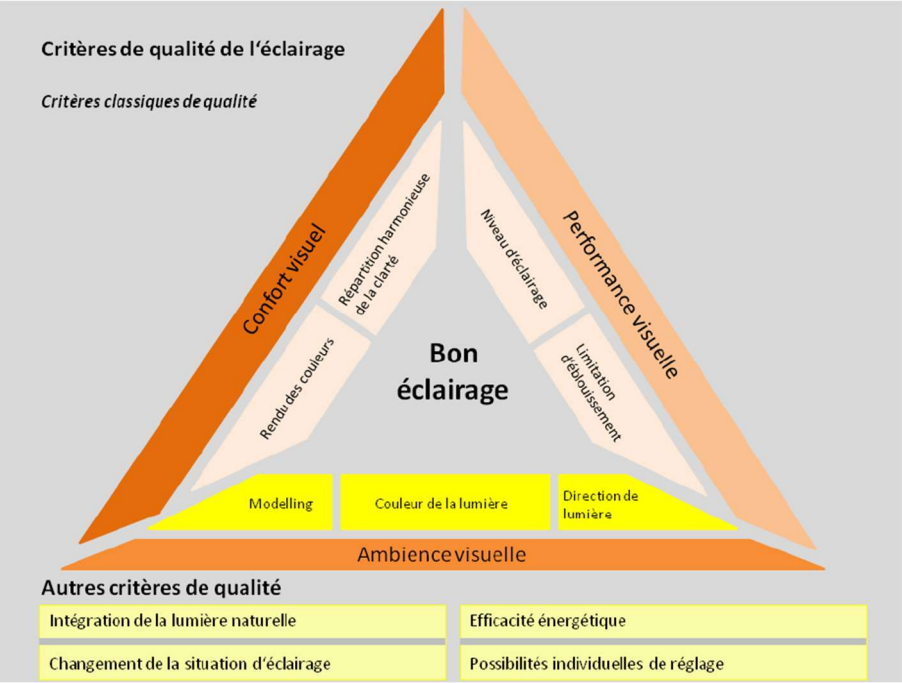
La norme EN 12464 fait foi pour les aspects d'éclairagisme. La norme SN EN 12464-1 « Lumière et éclairage – Eclairage des lieux de travail – Partie 1: Lieux de travail intérieurs » constitue la norme principale de base pour les applications lumineuses.

Cette norme décrit principalement les critères de la planification d'éclairage au moyen du confort visuel, de la performance visuelle et de la sécurité. L'éclairement lumineux, l'uniformité, la différence entre tâches visuelles directes et environnement, la luminance et les rapports de contraste etc. sont également décrits. L'éblouissement et les moyens d'éviter l'éblouissement physiologique et psychologique constituent des thèmes centraux.

L'éclairement moyen pour chaque tâche ne doit pas descendre en dessous de la valeur donnée au chapitre 7 de la norme, quels que soient l'âge et l'état de l'installation.

[4] *Nouvelle teneur selon le ch. I de l'OLT du 1er avr. 2015, en vigueur depuis le 1er oct. 2015 (RO 2015 1079).*

Les facteurs d'un bon éclairage



Au plan concret, les facteurs déterminants pour une planification d'éclairage sont les suivants :

- Surface du local en m2
- Hauteur du local en m
- Surface de la place de travail en m2
- Hauteur de la place de travail en m
- Éclairage naturel valeur moyenne en Lux ou Lm/m2
- Couleur du revêtement de sol en %
- Couleur du revêtement des murs en %
- Couleur du revêtement du plafond en %
- Choix du flux lumineux du luminaire exprimé en lumen
- Classe du luminaire
- Présence d'un ordinateur - angle UGR
- Type de travail - degré Kelvin
- Loi sur le travail, art.15

2.2.1 Eclairage en fonction du type local

Un éclairage réalisé en fonction du type local offre un éclairage uniforme dans tout le local. Il est envisageable que lorsque le type d'utilisation du local doit rester flexible. Ce concept d'éclairage est généralement réalisé au moyen de luminaires suspendus à rayonnement direct/indirect ou de luminaires à grande surface dans ou sous le plafond.

2.2.2 Eclairage en fonction du poste de travail

Un deuxième concept d'éclairage est axé sur le poste de travail. C'est la norme qui fixe les minima d'éclairement en lux en fonction des types d'utilisation du local. Les zones de travail de bureaux standard, par exemple, sont éclairées à au moins 500 lx. Le reste du local est éclairé à au moins 300 lx, à l'exception d'une zone marginale de 0,5 mètre.

Un éclairage en fonction du poste de travail est intéressant lorsque les postes de travail du local présentent des tâches visuelles différentes qui nécessitent ainsi des éclairements individuels. D'après ce concept, il est également possible de bien séparer différents îlots de travail.

Le poste de travail peut être éclairé au moyen de luminaires muraux, suspendus ou sur pied à rayonnement direct avec répartition directe/indirecte de la lumière.

L'éclairage en fonction du poste de travail est la solution retenue et déployée par l'OCBA. Cette mise en œuvre ne nécessite plus d'installation lourde et fixe. Cependant, l'OCBA garde le devoir de mettre à disposition un éclairage correct par local. C'est pourquoi le budget d'éclairage pour les luminaires sur pied pour les postes de travail doit être conservé dans le budget du projet.

Dans les cas standards (à titre purement indicatif) :
1 poste de travail = 1 lampe sur pied
2 postes de travail = 1 lampe sur pied
3 postes de travail = 2 lampes sur pied
4 postes de travail = 2 lampes sur pied

La position et le type de luminaire doivent faire l'objet d'une étude. En fonction des locaux, on cherchera à optimiser le nombre de luminaires tout en garantissant les niveaux d'éclairement requis.

Dans le cas où un local dispose d'une grande profondeur, le mandataire devra également éclairer correctement les cheminements ainsi que les petites tables de réunion. Il est préférable d'harmoniser la technologie (ici luminaire sur pied) au sein d'un même local. Si le mandataire juge qu'une solution plus économique est possible, il est en devoir d'en informer l'OCBA.

Pour les deux cas spécifiques, il est judicieux de disposer de lampadaires travaillant en effet de zone avec transmission d'état entre luminaires, afin de permettre un cheminement confortable.

Eclairage en fonction de surfaces partielles
Pour les tâches visuelles difficiles, l'éclairage séparé de différentes surfaces du poste de travail est recommandé. Une surface partielle typique est, par exemple, la surface de travail sur le bureau qui peut être éclairée en supplément par des luminaires de table.

De manière générale, cet éclairage est optionnel et non pris en charge par l'OCBA.

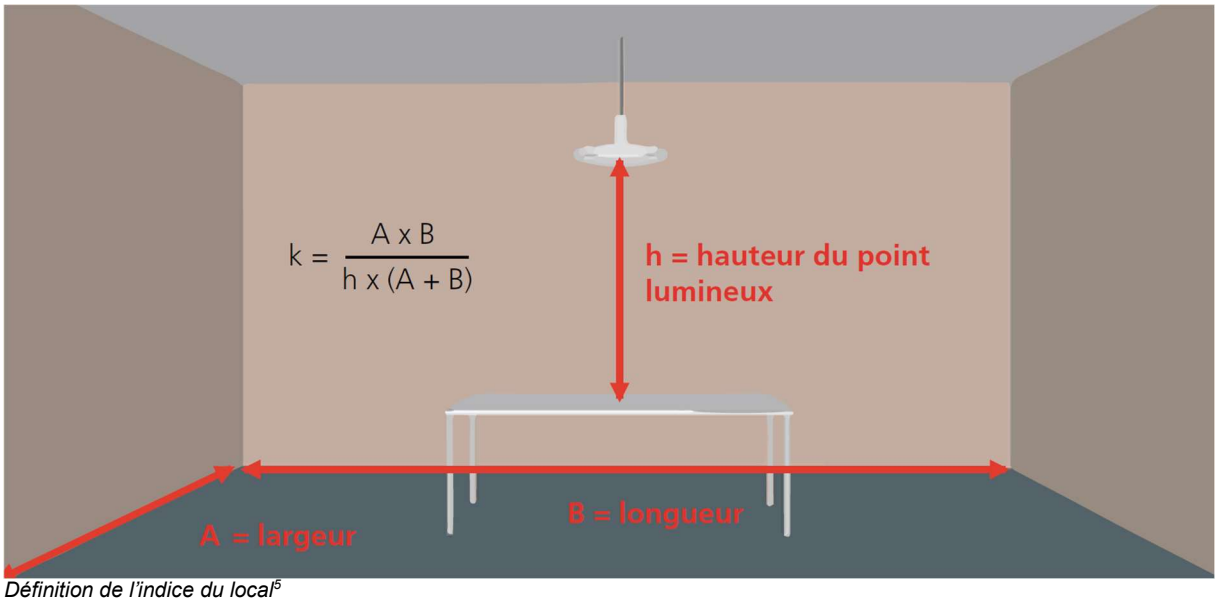
2.2.3 Zone de confort

La couleur de la lumière doit être adaptée au niveau d'éclairement. Quand le niveau d'éclairement augmente, la température de couleur de la lumière doit également s'élever. Le diagramme de Kruithof donne à cet effet les valeurs recommandées de la température de couleur en fonction de l'éclairement.

Le planificateur pourra adapter la couleur de la lumière en fonction de la dimension de l'espace à éclairer et du type de tâche à accomplir.

La température de couleur standardisée de 4'000° K est à respecter, sauf pour les locaux à destination spéciale nécessitant la « lumière du jour » et les locaux borgnes.

2.2.4 Facteur de maintenance



Définition de l'indice du local[5]

Avec le facteur de maintenance, l'éclairement lumineux défini est augmenté pour compenser le vieillissement et la salissure de l'éclairage pendant sa durée de vie. La valeur 1.25 est établie comme valeur standard. Ce qui signifie qu'un éclairement lumineux de base (p. ex. 500 lux) est augmenté de 25% (à 625 lux) pour garantir que l'éclairage fournisse encore 500 lux après plusieurs années de fonctionnement. Il existe également des arguments pour des facteurs de maintenance plus élevés, de 1,5 par exemple, car la salissure et le vieillissement seraient en réalité plus élevés.

L'OCBA demande un facteur de calcul de 1.25. En d'autres termes, cela correspond à un facteur de maintenance de 0.8. Si cela est financièrement réaliste, il conviendra d'ajouter un système de gestion permettant d'éviter le sur-éclairement durant les premières années et ainsi réaliser de substantielles économies d'énergie.

2.2.5 Facteur de réflexion

Rapport entre le flux lumineux réfléchi par une surface et le flux lumineux intercepté par cette surface. Le facteur de réflexion dépend de la distribution spectrale, de la polarisation et de la distribution géométrique de la lumière.

Pour l'approximation de la puissance électrique et des heures d'éclairage à plein charge on retiendra trois mix de réflexion standard :

Degré de réflexion des espaces entourés de locaux en relation avec la luminosité

Luminosité du local	Plafond	Murs	Sol
Locaux clairs	80 %	50 %	30 %
Locaux normaux	70 %	50 %	20 %
Locaux sombres	30 %	30 %	10 %

(Valeurs indicatives, seule la norme dernière version fait foi) [5]

- Pour le facteur de réflexion, il faut tenir compte de l'ameublement, généralement plus sombre que les murs, dans le calcul. Le facteur de réflexion est d'environ 50% pour l'ameublement courant et les murs clairs.
- Les propriétés de réflexion du sol sont moins pertinentes pour l'éclairement lumineux utile.

Il est demandé aux mandataires d'adapter les facteurs de réflexion à prendre en compte en rapport avec le projet lors de leur calcul.

[5] Extrait de : Eclairage intérieur - Efficacité énergétique de l'éclairage de « Suisse énergie » édition 2019

2.2.6 Utilance

C'est le rapport du flux utile (reçu par le plan utile) au flux total sortant des luminaires.

Son symbole est Ui
On détermine le facteur d'utilance en % à l'aide de tableaux comportant trois variables :

- la valeur de J (facteur de suspension)
- la valeur de K (facteur de planification).
- les facteurs de réflexion des parois.

L'utilance d'un local dépend du matériau des surfaces environnantes et de leur couleur.
Il ressort clairement ci-dessous que les propriétés de réflexion, qui sont décisives pour la luminosité dans le local, sont très fortement déterminées par les matériaux. Tandis qu'une couche de peinture blanc pur reflète plus de 80% de la lumière qui apparaît sur les murs ou le plafond, une couche rose ou bleu clair n'en reflètera que 50%. Pour les peintures sombres (p. ex. cramoisi) ou les murs en béton apparent, le facteur de réflexion descend à 20%. Le choix des matériaux et la coloration influencent très fortement la puissance installée nécessaire pour la lumière artificielle et les possibilités d'utilisation de la lumière du jour.

L'utilance d'un local dépend de deux autres facteurs : la taille du local (définie par l'indice du local) et la caractéristique de rayonnement des luminaires.

Dans les locaux sombres, des luminaires à rayonnement direct devraient être utilisés pour que l'éclairage soit relativement efficient. Dans un local plus clair, le choix des types de luminaires possibles est plus large.

Une combinaison de luminaires à rayonnement direct et indirect permet également d'obtenir un éclairage efficient.

Propriétés de réflexion des peintures et matériaux

Peinture	Matériau	Degré de réflexion
Blanc pur	Miroir, aluminium très brillant	supérieur à 80 %
Blanc	Plâtre, aluminium éloxé	70 % à 80 %
Jaune clair	Aluminium, chrome, cuivre poli, érable, bouleau	60 % à 70 %
Blanc teinté	Panneaux de fibres de bois crème, nickel hautement poli	50 % à 60 %
Gris clair, rose, vert clair, bleu clair	Calcaire, mortier clair, crépi calcaire, marbre poli	40 % à 50 %
Gris moyen, rose, vert clair, bleu clair	Chêne clair, contreplaqué brut, grès	30 % à 40 %
Brun	Ciment, béton brut, granite	20 % à 30 %
Bleu foncé, vert foncé, rouge foncé, gris foncé	Chêne foncé poli, brique rouge, tapis sombre	10 % à 20 %
Velours (noir)		env. 1 %

(Valeurs indicatives, seule la norme dernière version fait foi)[6]

[6] Extrait de : Eclairage intérieur - Efficacité énergétique de l'éclairage de « Suisse énergie » édition 2019

2.2.7 Degré d'éblouissement UGR

Rapport entre l'éblouissement direct par des luminaires et la luminosité générale de la pièce, respectivement l'intensité lumineuse en arrière-plan. Les valeurs UGR (Unified Glare Rating, évaluation unifiée de l'éblouissement) autorisées sont indiquées dans la norme EN 12464. La probabilité d'éblouissement est proportionnelle cette valeur. Ce procédé a été développé par la Commission internationale de l'éclairage (CIE) pour rendre disponible dans le monde un système unifié d'évaluation de l'éblouissement. Contrairement au procédé Söllner, qui évalue l'éblouissement par les luminaires seuls, la formule UGR est conçue pour évaluer l'éblouissement d'une installation d'éclairage. Cette valeur est spécifique à un local, elle peut également servir de paramètre pour des luminaires si on prend pour base un local standard, à savoir une pièce de dimensions 12m/ 24m/ 3m (longueur, largeur, hauteur).

L'évaluation de l'éblouissement s'établit en 8 classes (UGR10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31). Plus faible est cette valeur, plus faible est l'éblouissement et meilleur est le confort visuel.

Ressenti de l'effet des différentes valeurs de l'UGR :

Valeur limite R_{UGL} / UGR	**Classe de qualité LiTG/CIE DIN 5035-1**	**Evaluation**	**Genre de travail**
16	A/A	Eblouissement entre absent et perceptible	Tâche nécessitant une très grande acuité visuelle
19	1/B		Tâche nécessitant une grande acuité visuelle
22	2/C	Eblouissement perceptible	Tâche nécessitant une acuité visuelle moyenne
25	3/D		Tâche nécessitant une faible acuité visuelle
28	-/E	Eblouissement entre perceptible et dérangeant	Postes de travail non occupés en permanence pour des tâches ne nécessitant pas une grande acuité visuelle

La définition des limites d'éblouissement visuel repose sur la satisfaction de $^2/_3$ des utilisateurs. LiTG = Lichttechnische Gesellschaft / CIE = Commission Internationale de l'éclairage / DIN = Deutsches Institut für Normung
Indice d'éblouissement recommandé selon la norme SN EN 12464 (valeurs UGR)[7], valeurs indicatives, seule la norme fait foi

2.2.8 Direction de la lumière et effet d'ombre

Pour faciliter la perception visuelle de surfaces et d'objets éclairés, pour créer l'impression de modelé, l'éclairage doit produire un effet d'ombre suffisant. La direction de la lumière artificielle doit correspondre à celle de la lumière du jour. L'aménagement des emplacements de travail doit être tel que la direction du regard soit parallèle aux fenêtres. Pour cette raison, les luminaires allongés doivent être disposés parallèlement aux fenêtres.

Pour certaines tâches visuelles comme le contrôle de surfaces, il est utile de disposer de sources de lumière dirigée créant des ombres nettes.

2.2.9 Sécurité photobiologique

NORME CEI 62471 :2006

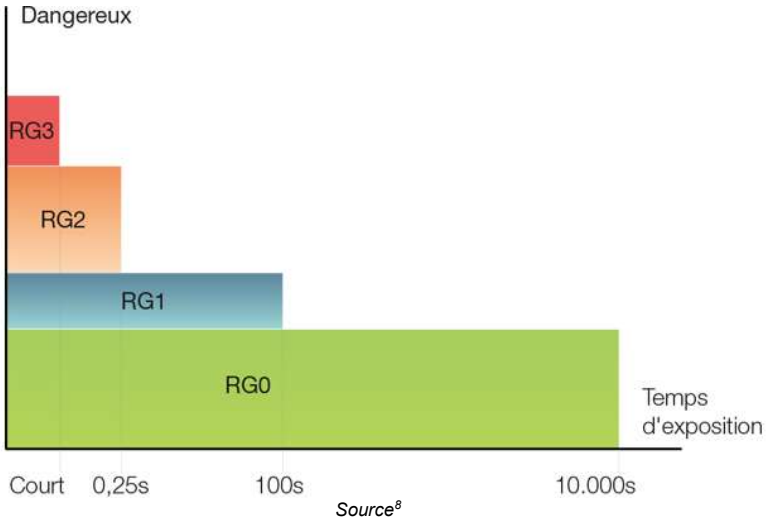
Cette norme internationale fournit un guide pour l'évaluation de la sécurité photo biologique des lampes et des appareils utilisant des lampes. Spécifiquement, elle définit les limites d'exposition, les techniques de mesures de référence et le schéma de classification pour l'évaluation et le contrôle des risques photo biologiques d'une source de radiation optique, alimentée électriquement, dite incohérente, à spectre large, y compris les LED, à l'exclusion des lasers dans un domaine de longueur d'ondes de 200 nm à 3000 nm.

[7] Extrait de : Eclairage intérieur - Efficacité énergétique de l'éclairage de « Suisse énergie » édition 2019

2.2.10 Groupes de risques d'exposition a la lumière bleue

Les groupes de risques sont tirés du rapport technique CEI TR 62778 en application de la norme 62471 pour l'évaluation des risques causés spécifiquement par la composante de lumière bleue contenue dans les lampes et luminaires LED.

Ci-après, le tableau représentatif de la durée d'exposition pour déterminer le groupe de risque photobiologique



Source[8]

G0 – Groupe sans risque. T≥10'000 sec.

Ne présente aucun risque photobiologique.
Dans ce groupe, le temps d'exposition est illimité, quelles que soient les optiques, la distance de la lampe ou du luminaire et le nombre de sources, à condition que la luminance soit <10'000 cd/m2.

Entrent dans cette catégorie toutes les lampes non directives : les tubes LED avec couverture opalisée, les dalles LED, les ampoules LED et même les ampoules à « filaments » LED dans la mesure où leur couleur de lumière est fixée à 2'700 K. Selon leur conception, les spots LED entrent dans le groupe de risque 0 ou 1.

Selon la fiche d'information de l'Office Fédéral de l'énergie OFEN et l'Office Fédéral de la santé publique OFSP : en condition d'utilisation normale, les lampes à LED destinées au grand public ne présentent pas de risque pour la santé, y compris pour les populations sensibles, telles que les enfants et les personnes au cristallin très clair, sans cristallin ou ayant un cristallin artificiel.

https://www.bag.admin.ch/bag/fr/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/elektromagnetische-felder-emf-uv-laser-licht/licht_beleuchtung.html

L'OCBA impose pour les postes de travail, ainsi que les zones d'exposition prolongée à la lumière artificielle, des luminaires du groupe de risque 0. Dans les zones, où l'exposition n'est pas prolongée (couloir, WC, zone de passage, etc.) des luminaires du groupe de risque 1 sont tolérés, mais doivent faire l'objet d'une autorisation préalable de l'OCBA.

Une attention particulière doit être apportée à ce point lors de l'établissement des appels d'offres. Un chapitre dédié aux groupes de risque doit figurer dans tous les appels d'offres lustrerie.
La présentation d'une certification par un organe externe du fournisseur et reconnu de manière nationale ou internationale est exigée. L'absence de cette certification pour les luminaires proposés pour les postes de travail, ainsi que les zones d'exposition prolongée, est éliminatoire.

De plus, lors du retour des offres, les fournisseurs doivent être en possession d'un échantillon du matériel proposé, car l'OCBA se réserve le droit, lors de la phase d'évaluation des propositions, de comparer physiquement le matériel proposé par les trois meilleurs fournisseurs.

[8] 3F Filippi S.p.a. - Éclairage LED et fluorescent - Sécurité photobiologique - Bologne (3f-filippi.com)

L'OCBA se réserve également le droit d'effectuer des tests indépendants de la fourniture proposée. Dans le cas où la fourniture proposée n'est pas conforme à la norme et au cahier des charges imposés, cette fourniture ne sera pas retenue.

Ces deux réserves prévalent sur tout autre critère d'adjudication.

G1 - Groupe de risque 1 (faible risque). 100 sec < T 10'000 sec

Aucun risque photobiologique dans des conditions normales d'utilisation.
Dans ce groupe se trouvent les lampes et luminaires directifs comme certains spots sans protection opalisée qu'on veillera à réserver à de l'éclairage d'accentuation et dans des conditions où, lors d'utilisation normale, le regard n'est pas censé rencontrer les sources.

Selon l'OFEN et OFSP, les lampes à LED du groupe de risque 1 se prêtent également à un usage domestique, car elles ne présentent pas de danger pour les yeux tant que l'on n'observe pas la LED pendant longtemps : il s'agit en particulier des spots et de certaines lampes à poser.

G2 - Groupe de risque 2 (risque modéré). 0.25 sec < T 100 sec

Ne présente pas de risque lié à la réponse d'aversion pour les sources très brillantes ou en raison de l'inconfort thermique.

Dans ce groupe se trouvent les projecteurs LED, notamment à l'attention de l'éclairage des façades et autres projecteurs LED de grande puissance le plus souvent destinés à des utilisations industrielles. Ils seront placés à une hauteur suffisante pour atténuer la force de leur flux lumineux et installés de telle façon à ce que le regard ne les rencontre pas dans des conditions de travail normales.

Selon l'OFEN et OFSP, les lampes à LED des groupes 2 et 3 ne sont pas adaptées à un usage domestique, et à fortiori dans le cadre du travail. Fixer même brièvement ce type de lampes peut occasionner des lésions oculaires graves. La mention du groupe de risque figure sur l'emballage.

G3 – Groupe de risque 3 (risque élevé). T < 0.25 sec

Risque potentiel même pour une exposition momentanée ou courte.

Attention à certains phares de voitures dont la concentration du flux lumineux peut être dommageable pour la rétine, même lors de brèves expositions.

De manière générale, l'OCBA accepte exclusivement des luminaires du groupe de risque 0 ou 1.

Pour d'autres groupes de risque, la pertinence d'une telle fourniture doit être apportée spécifiquement.

Autres risques LED sur la santé

- Risques électriques.
- Risques potentiels à l'exposition aux champs électromagnétiques (EMF).

Beaucoup de ces risques ne sont pas spécifiques à l'éclairage LED.

Les lampes à décharge produisent, quant à elles, un niveau d'émissions électromagnétiques très élevé puisque leurs électrodes sont connectées à des sources à haut voltage.

2.2.11 Exigences groupe de risque par affection

Groupe de risque / Type d'affectation	RG0	RG1
Crèches	X	
Salle de cours ou d'étude / salle de classe	X	
Laboratoire	X	
Bureaux individuels / collectifs	X	
Salle de repos	X	
Cantine / restaurant	X	
Secrétariat / réception	X	
Salle de réunion	X	
Bibliothèque	X	
Auditoire	X	
Archive		X
Locaux techniques		X
Locaux annexes		X
Zone de circulation / hall avec possibilité d'étudier	X	
Zone de circulation et couloir / hall / escaliers		X
Salle de spectacle / omnisport / salle de sport		X
Cave		X
WC / douche / vestiaire		X
Autres locaux		X

Liste non exhaustive / Possibilité de proposé du RG1 dans les zones demandant du RG0 avec justification / Il peut être posé du RG0 aux emplacements prévus pour du RG1

2.3 Eclairage dans les écoles

2.3.1 Principe général

La planification des études réalisées par le mandataire devra respecter les exigences des normes EN 12464-1 – 12464-2 et de la SLG.

Il est utile de pouvoir connaître les niveaux d'éclairement recommandé suivant l'ergonomie de travail (le confort de la tâche de travail).

Dans la norme SN EN 12464-1, on établit une nomenclature dans laquelle on retrouve pour différents locaux des bâtiments du tertiaire, entre autres, les paramètres suivants :

- le niveau d'éclairement moyen $\bar{E}m$ exigé[9] à respecter au niveau de la tâche. Il existe aussi un nouveau niveau modifié[10] qui peut être pris en compte, mais qui est plus astreignant et qui doit être discuté au cas par cas selon la situation,
- la valeur limite du R_{UGL},
- l'uniformité d'éclairement U_0 minimale pour maintenir l'éclairement recommandé,
- l'indice du rendu des couleurs des lampes R_a,
- et des remarques spécifiques à des cas particuliers.

Dans les tableaux des pages suivantes, qui est un extrait de la norme SN EN 12464-1, il a été repris les principaux types de locaux.

2.3.2 Principe d'une salle de classe

Principe de fonctionnement

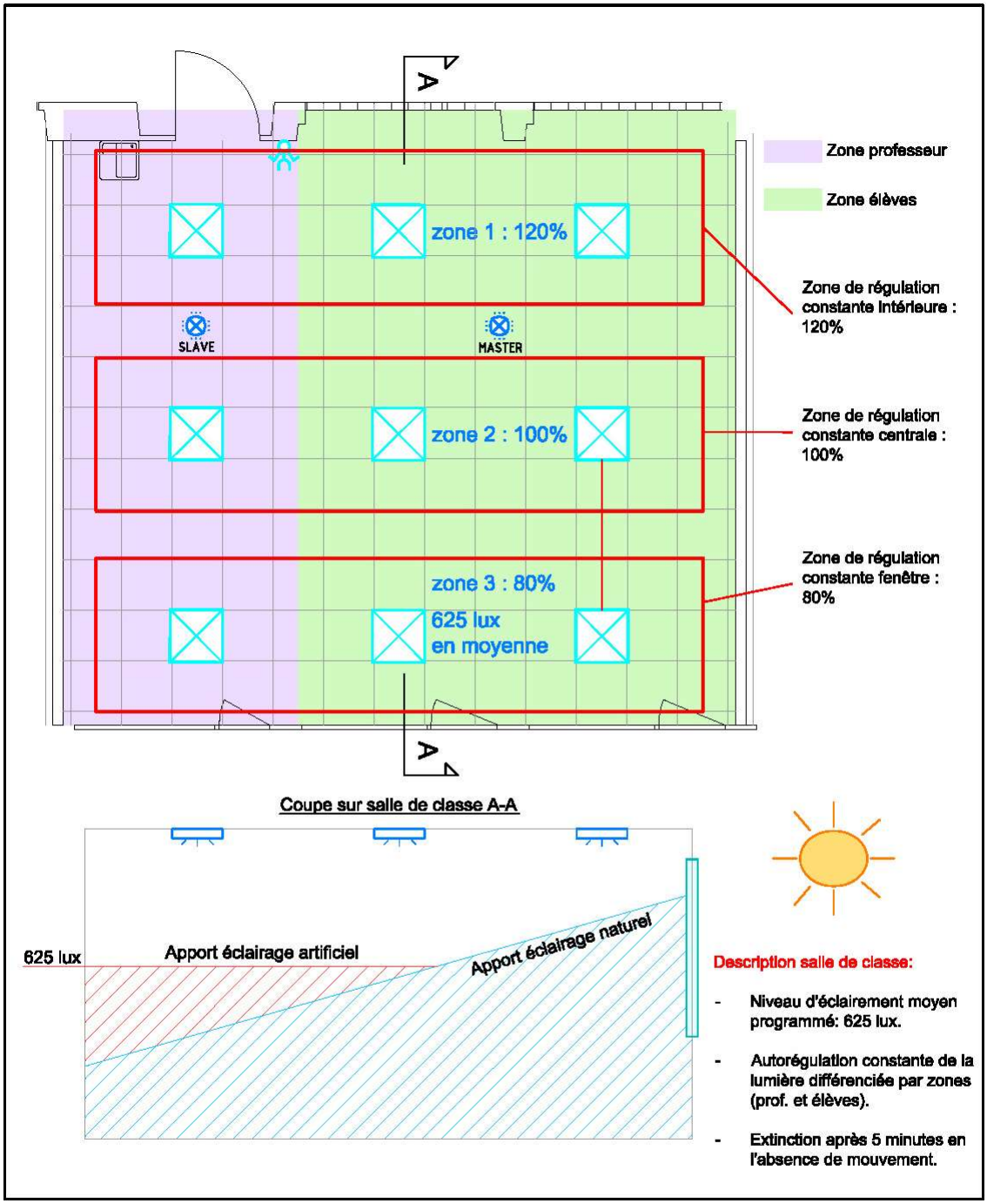
- Allumage de la salle :
  Avec le bouton poussoir (semi-automatique) à 100% puis autorégulation en fonction de la luminosité
- Extinction de la salle :
  Avec le bouton poussoir ou dès que la salle reste inoccupée plus de 5 min.
- Poussoir 1 - zone élève (verte dans le schéma page suivante):
  Allumage et extinction de la salle (hors partie professeur)
  Régulation constante de la zone, régulation 1-2-3 et possibilité de la réguler vers le haut ou le bas.
- Poussoir 2 - zone professeur (violet dans le schéma page suivante) :
  Allumage et extinction de la salle (hors zone élèves)
  Pas de régulation constante de la zone quand elle est pilotée par le poussoir
- Programmation des luminaires :
  - ligne côté fenêtre → puissance à 80%
  - ligne au centre → puissance à 100%
  - ligne opposée à la fenêtre → puissance à 120%

Réglage

- Maintien à environ 625lx sur les places de travail (pour absorber la dégradation de la LED avec le temps)
- Régulation 0-100%
- Temporisation 5min (sans détection de présence)
- Standby (éteint) 15min (pour un ré-enclenchement automatique)

[9] Valeur minimale
[10] Valeur qui prend en compte les caractéristiques communes liées au contexte 5.3.3. de la norme SN EN 12464-1 :2021

Schéma de principe d'installation d'une salle de classe « type »

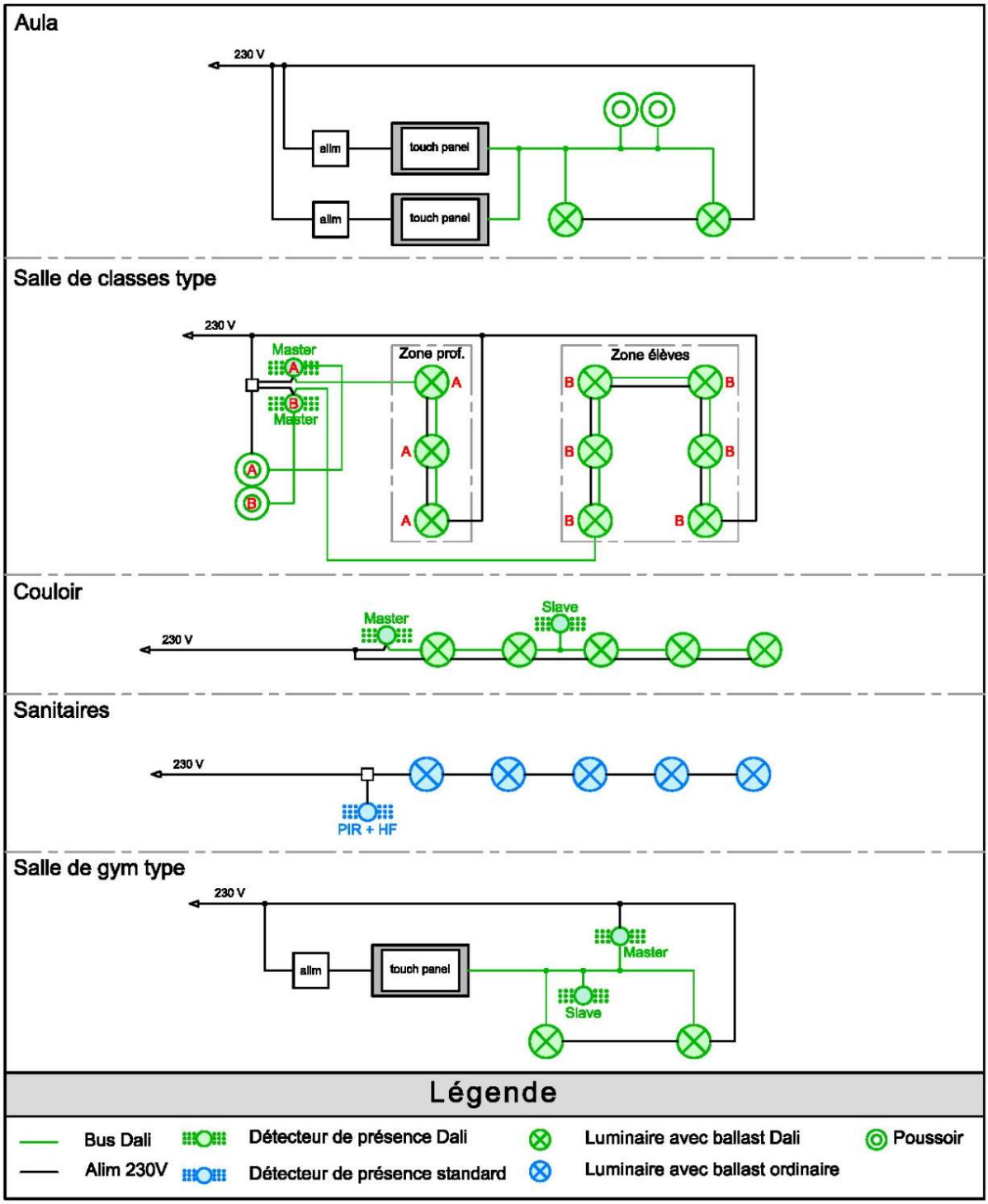


RENOVATION D'ECLAIRAGE	·

REPUBLIQUE ET CANTON DE GENEVE	Schéma de principe d'installation d'une salle de classe	Ind	Date	Dess	Visa
			·	·	·
		·	·	·	·
		·	·	·	·
	Phase : ·	Ech : -	N° : ·		

L'emplacement des détecteurs de mouvement doit être judicieusement positionné afin que l'éclairage naturel soit correctement analysé pour un ajustement au mieux de l'éclairage dans l'ensemble de la salle de classe et d'avoir le meilleur éclairement moyen.

Schéma de principe d'installation d'autres salles d'une école



RENOVATION D'ECLAIRAGE	.

REPUBLIQUE ET CANTON DE GENEVE

Schéma de principe d'installation .			Ind	Date	Dess	Visa
				.	.	.
			.	.	.	.
			.	.	.	.
Phase : Soumission	Ech : -	N° : .				

2.3.3 Principe dans la zone administrative

Selon le type d'affectation de la zone, un éclairage spécifique peut-être mis en lieu et place des luminaires sur pied traditionnellement prévus pour les parties administratives.

Par principe, il a été décidé que pour les sites scolaires, les luminaires au plafond sont préconisés. Chaque lieu/affctation pouvant faire l'objet d'une demande spécifique qui pourra, ou non, être étudiée.

La norme SN EN 12464-1 doit bien naturellement être respectée afin de garantir un bon confort aux utilisateurs.

2.3.4 Principe dans les espaces communs

Dans les espaces communs et les cages d'escaliers, l'éclairage sera commandé par un système de détection automatique Auto-On-Off lors du passage des personnes.

Dans les WC, l'éclairage sera commandé par un système de détection automatique Auto-On-Off équipé d'un capteur sonore.

2.4 Eclairage dans les crèches

Se référer au « Guide à la conception » des espaces dédiés à la petite enfance de la Ville de Genève.

Ce guide peut être trouvé avec les liens suivants :

Ville de Genève :

https://www.geneve.ch/sites/default/files/fileadmin/public/Departement_5/espaces-petite-enfance-ville-geneve-guide-conception.pdf

En dérogation au guide, qui n'a pas été mis à jour, les LED sont maintenant acceptée avec un RG0.

En effet, depuis août 2023 et l'interdiction des lampes fluorescentes par la Confédération et en l'absence d'une modification de la réglementation du SSEJ[11] datant du 12 mars 2018, il est accepter d'installe que des luminaires LED du groupe à risque 0.

Fédération genevoise des institutions de la petite enfance :

https://www.geneve.ch/sites/default/files/2020-05/espaces-dedies-a-la-petite-enfance-guide-a-la-conception-2020.pdf

2.5 Eclairage des salles de sport

Dans une salle de sport, un bon éclairage devra permettre aux joueurs

- de percevoir les mouvements (des balles par exemple),
- de se situer par rapport aux marquages au sol,
- de localiser les autres joueurs et l'équipement sportif (paniers, cages de but).

L'éclairement recommandé par les normes est proportionnel à la vitesse de l'action. Un sport pratiqué comme loisir demande donc un éclairement plus faible qu'un sport pratiqué en compétition. Le type de sports en salle ainsi que leurs niveaux de pratique déterminent le niveau d'éclairement recommandé.

On notera aussi que pour la plupart des sports, l'éclairement vertical est aussi important que l'éclairement horizontal au sol.

[11] *Le service de santé de l'enfance et de la jeunesse de l'état de Genève*

La norme NBN EN 12193 établit une nomenclature dans laquelle on retrouve les paramètres suivants :

- le niveau d'éclairement horizontal moyen Eav,
- l'uniformité entre l'éclairement minimum et Eav (définie comme Emin / Eav),
- l'indice du rendu des couleurs des lampes Ra.

Niveau de pratique des sports

Les classes d'éclairage sont définies comme suit :

Classe I : salles de sport prévues pour accueillir des compétitions internationales et nationales. Elles sont liées, en général, à un grand nombre de spectateurs et à des distances visuelles élevées. On peut aussi associer à cette classe les entraînements de grande performance.

Classe II : salles de compétition moyenne (nombre moyen de spectateurs et distances visuelles moyennes).

Classe III : salles de compétition simple ou amateur (faible nombre de spectateurs et distances visuelles courtes).

Pour les rénovations et les nouveaux sites, l'OCBA doit garantir au minimum un niveau régional de classe II, mais pourrait, selon le projet, être de classe I.

Programmation / fonctionnement

Le principe mis en place dans les salles de gym scolaire est géré par des scénarios comme suit :

- commande éclairage normal/standard
- commande éclairage compétition / basket
- deux variantes pour le mode basket[12] :
  - mode normal ; les 2 luminaires au-dessus des paniers ne s'allument pas.
  - mode compétition ; les 2 luminaires au-dessus des paniers s'allument → 750 lux
- commande éclairage libre
- commande éclairage OFF

Exemples de panneaux de commande :



CEC Emilie-Gourd



CO Pinchat avec intégration de la commande d'ouverture des fenêtres

[12] Si nous avons des panneaux de basket électriques qui sont en place, un éclairage est à prévoir en dessus ainsi que la mise en place des 2 scénarios.



CO des Grandes-Communes



Sous-vue de la platine de commande de la salle de gym 1 du CO des Grandes-Communes

Selon le site, mais d'une manière générale, il est demandé une extinction pour 22h avec un ré-enclenchement uniquement par mot de passe que l'agent d'exploitation connaît pour que les utilisateurs ne puissent pas réenclencher l'éclairage par eux-mêmes.
Afin d'avertir les utilisateurs que l'extinction va avoir lieu, il y a un abaissement du niveau d'éclairement à 10% de l'éclairage durant 10 minutes, puis extinction complète.

Selon le site ou les demandes spécifiques, une programmation différente pourra être mise en place, mais le principe de fonctionnement de la tablette avec commande KNX ou similaire est à respecter.

Description des différents scénarios :

STANDARD

- détecteur ; contrôle la présence
- détecteur ; contrôle la luminosité
- maintien 500lx au sol
- luminaires panier de basket « OFF » (selon l'installation de la salle)
- luminaires salle ; régulation 30-90%
- présence temporisation à 15min

COMPETITION / BASKET

- détecteur ; contrôle la présence
- détecteur ; contrôle la luminosité
- maintien 500lx au sol
- luminaires panier de basket « ON » (selon l'installation de la salle)
- luminaires salle ; régulation 90%
- présence temporisation à 15min

LIBRE

- détecteur ; contrôle la présence
- luminaires panier de basket « ON / OFF » (selon l'installation de la salle)
- luminaires salle ; régulation 100%
- présence temporisation à 15min

OFF

- détecteur ; contrôle la présence « OFF »
- luminaires panier de basket « OFF » (selon l'installation de la salle)
- présence « OFF »

Exigences minimales

N.B. : Les niveaux d'exigences devront correspondre aux niveaux du sport le plus exigeant pratiqué.

Exigences minimales pour l'éclairage des salles de sport	**Classe d'éclairage I**			**Classe d'éclairage II**			**Classe d'éclairage III**		
	Éclairement Eav (lx)	Uniformité Emin/Eav	Rendu des couleurs Ra	Éclairement Eav (lux)	Uniformité Emin/Eav	Rendu des couleurs Ra	Éclairement Eav (lx)	Uniformité Emin/Eav	Rendu des couleurs Ra
Badminton / Escrime / Hockey / Squash / Tennis de table	750	0.7	60	500	0.7	60	300	0.7	20
Basket / Football en salle / Handball / Judo / Karaté / Sport scolaire / Volley-ball	750	0.7	60	500	0.7	60	200	0.5	20
Danse / Escalade / Gymnastique	500	0.7	60	300	0.6	60	200	0.5	20
Tennis	750	0.7	60	500	0.7	60	300	0.5	20
Tir à l'arc	200	0.5	60	200	0.5	60	200	0.5	60

(Valeurs indicatives, seule la norme dernière version fait foi)

2.6 Eclairage dans les aulas / auditoires

Dans ce type de locaux, la nécessité d'avoir un bon éclairage est important. En effet, lors de cours, de conférence, d'examen ou de spectacle, le niveau d'éclairement, avec des scénarios spécifiques, doit être mis en place, et ce, en toute simplicité.

Ce chapitre présente globalement les principes préconisés pour ce type de lieu qui peut accueillir un grand nombre de personne. Par contre, il ne traite pas de l'éclairage de secours qui est spécifique, ni de l'éclairage scénique, mais uniquement de l'éclairage standard.

Le type de technologie de communication entre les luminaires et les platines/interrupteurs utilisé pour obtenir un résultat optimal dépendra principalement de ce qui est déjà en place lors d'une rénovation ou du système de communication qui sera proposé lors d'une constructrion neuve. L'OCBA préconise du filiaire et l'utilisation de KNX/DALI.

Les platines de commande sont généralement installées aux emplacements suivants :

- dans le local de régie
- derrière la scène
- autres emplacements selon nécessité et demande

Il est également possible de mettre des interrupteurs pour un enclenchement basique de la salle aux entrées.

Programmation / fonctionnement

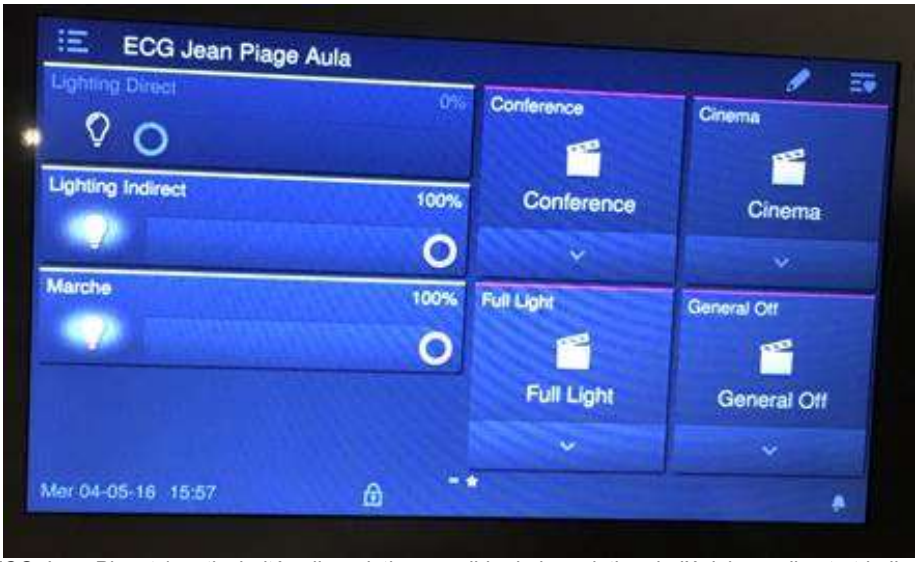
Le principe de fonctionnement / programmation de l'éclairage dans les aulas / auditoires, qui sont rénovés, est géré par différents scénarios présentés ci-dessous :

- commande éclairage standard
- commande éclairage spectacle
- commande d'éclairage conférence
- commande d'éclairage cinéma
- commande d'éclairage nettoyage
- commande d'éclairage OFF

Tous ces scénarios sont à adapter selon le site et la demande des utilisateurs

Pour les nouvelles construction, il faut étudier les besoins au cas par cas selon l'utilisation qui en sera faites.

Exemple de panneau de commande



ECG Jean-Piaget / particularité - dissociation possible de la variation de l'éclairage direct et indirect des dalles lumineuses suspendues (Lighting Indirect / Lighting Direct) / possibilité de variation des niveaux par curseur

Description de la programmation des différents scénarios possible :

STANDARD

- détecteur ; contrôle la présence et la luminosité avec maintien de 500lx au sol
- luminaires salle ; régulation 10-90%
- luminaires scène ; régulation 10-90%
- présence temporisation à 15min
- luminaires marches escaliers ON 100%
- évacuation message ON
- gong d'annonce intercours ON
- éclairage voie d'évacuation 100%

SPECTACLE (selon l'utilisation)

- détecteur ; contrôle la présence « OFF »
- asservissement passerelle DALI par commande DMX SEM
- luminaires salle OFF
- luminaires scène OFF
- luminaires marches escaliers ON 10%
- évacuation message OFF
- gong d'annonce intercours OFF
- éclairage voie d'évacuation 10%

CONFERENCE

- détecteur ; contrôle la présence
- luminaires salle ; régulation 10-40%
- luminaires scène ; régulation 10-90%
- présence temporisation à 15min
- luminaires marches escaliers ON 100%
- évacuation message ON
- gong d'annonce intercours OFF
- éclairage voie d'évacuation 100%

CINEMA

- détecteur contrôle la présence « OFF »
- luminaires salle OFF
- luminaires scène OFF
- luminaires marches escaliers ON 10%
- évacuation message OFF
- gong d'annonce intercours OFF
- éclairage voie d'évacuation 10%

NETTOYAGE

- détecteur ; contrôle de la présence « ON »
- luminaire salle ; 100%
- présence temporisation à 15min
- luminaires marches escaliers OFF

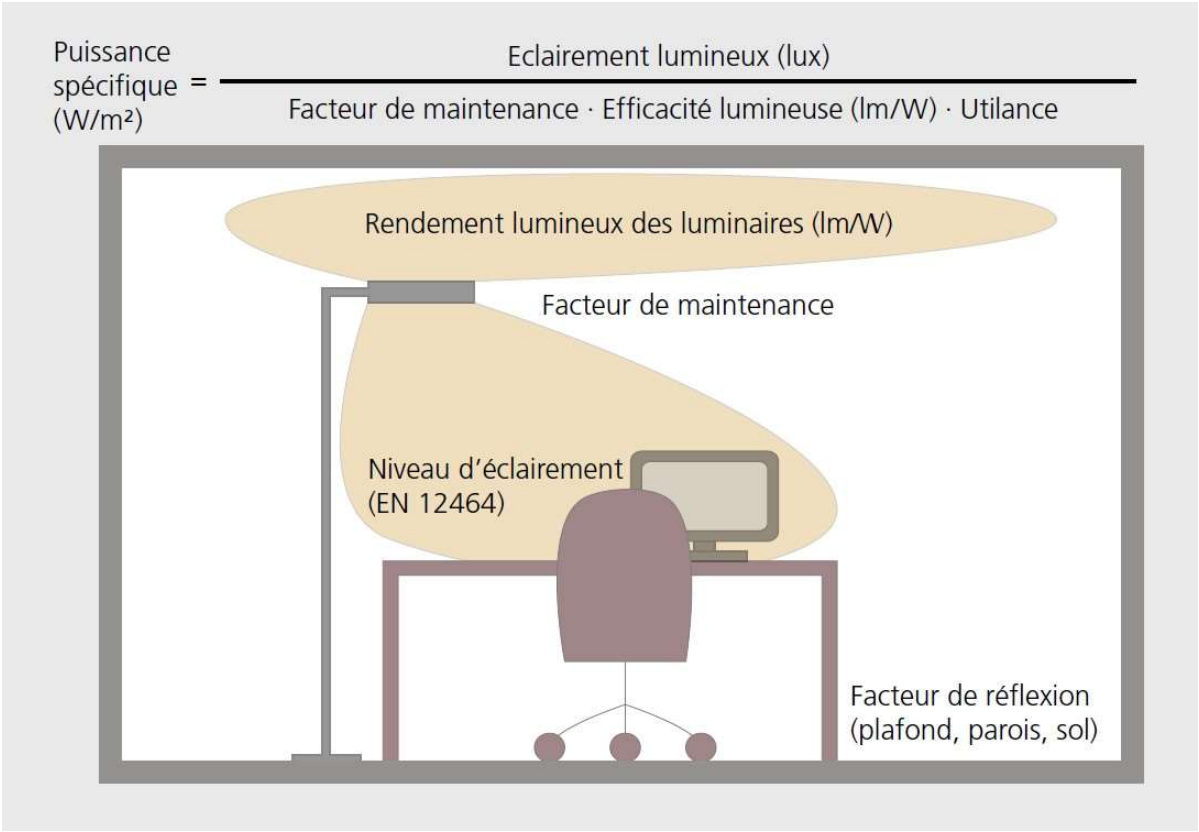
OFF

- détecteur contrôle la présence « OFF »
- luminaires marches escaliers OFF
- évacuation message ON
- gong d'annonce intercours ON
- éclairage voie d'évacuation 100%

2.7 Eclairage dans les bureaux/openspace

D'une manière générale, pour tous les types de bureaux (hors scolaire) la mise en place de l'éclairage des places de travail utilise le principe ci-dessous avec l'installation de luminaires sur pieds.

Pour l'éclairage indirect, un groupe de risque 1 est toléré contrairement à l'éclairage direct qui nécessite quant à lui un groupe de risque 0.



Interaction des variables d'influence pour la puissance électrique[13]

2.8 Eclairage dans les locaux borgnes

Dans les locaux borgnes, l'éclairage doit respecter les mêmes exigences que dans des locaux avec fenêtre.

Le point qui diffère est que la couleur de l'éclairage doit être coimprise entre 5'500 et 6'500°K pour les poste de travail.

Ces locaux doivent également s'allumer et s'éteindre par la détection de mouvement et non en semi-automatique selon l'affectation. Une commande manuelle peut selon la situation être ajoutée.

[13] Extrait de : Eclairage intérieur - Efficacité énergétique de l'éclairage de « Suisse énergie » édition 2019

3. Eclairages exterieurs

3.1 Critères d'éclairage sur les lieux de travail

La norme d'éclairage extérieur EN 12464-2, associée à la norme CIE S008, spécifie la qualité et la quantité d'éclairage nécessaires pour que les tâches visuelles soient assurées avec précision sur les lieux de travail. La norme impose trois critères à respecter :

- le niveau d'éclairement moyen à maintenir (en lux) sur la surface de référence de la zone de travail en extérieur. Celle-ci intègre les critères de confort visuel, de bien-être, les exigences d'ergonomie visuelle et de sécurité
- l'uniformité d'éclairement: dans les zones environnantes qui ne doit pas être inférieure à 0,10. Sur un parking, l'uniformité d'éclairement doit par exemple présenter une valeur de 0,25
- l'indice d'éblouissement ou limite d'éblouissement d'inconfort : elle est évaluée sous la forme de la valeur du taux d'éblouissement

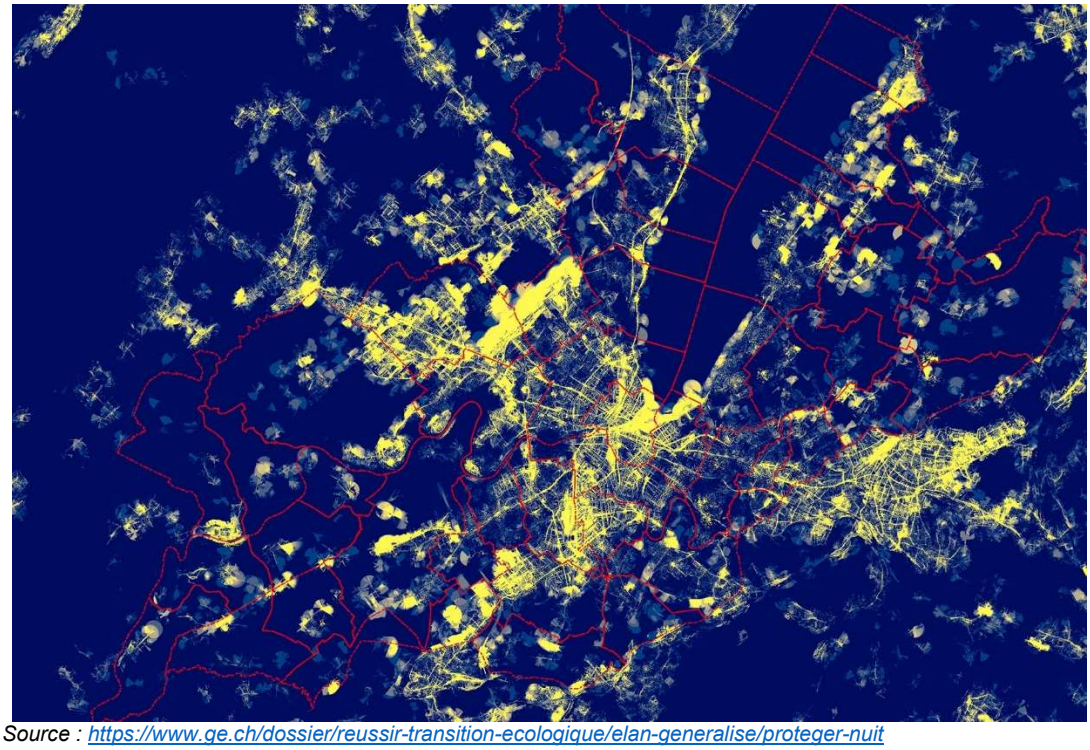
La norme SIA 491 « Prévention des émissions inutiles de lumière à l'extérieur » est à prendre comme une ligne directrice pour le déroulement complet de la planification, de la construction, de l'utilisation et du contrôle des éclairages extérieurs. Par analogie cette norme s'adresse aux propriétaires, maîtres de l'ouvrage, planificateurs, utilisateurs et autorités. Son but est d'adapter l'éclairage aux besoins de l'être humain en réduisant simultanément au minimum les effets incommodants ou nocifs pour les êtres vivants et le paysage. L'attribution des compétences et les indications des projets cités dans le document y figurent pour indiquer aux intervenants concernés une voie commune vers l'utilisation durable de la lumière à l'extérieur. De façon analogue l'accent a été mis lors de l'élaboration de cette norme sur sa compréhension et sa simplicité d'emploi par le plus grand nombre et non pas par de rares spécialistes seulement. Cette norme doit aussi être prise en compte pour l'établissement de l'éclairage extérieur du début à la fin du projet.

L'installation d'un éclairage extérieur dans un environnement paysagé doit obligatoirement être raccordée au réseau par un électricien titulaire d'une autorisation d'installer accordée par l'inspection.

- Toute installation d'une puissance supérieure à 3600 watts (3,6 kW) doit préalablement être annoncée par l'installateur électricien à l'exploitant du réseau. Un rapport de sécurité doit obligatoirement être établi garantissant aux utilisateurs des installations sûres et non dangereuses. En principe les lampes et jeux d'eau d'un jardin fonctionnent avec une tension de 0 à 230 volts.
- Les tranchées de passage des gaines contenant les câbles électriques doivent atteindre une profondeur de 80 cm. Les câbles doivent être signalés par des rubans de marquage de couleur et séparés des autres systèmes d'alimentation.
- Les boîtiers de dérivation et autres chambres de tirage doivent être suffisamment protecteurs et isolés pour protéger les câbles non seulement des mauvaises manipulations mais également de l'eau.

3.2 Pollution lumineuse

La lumière artificielle fait reculer toujours davantage l'obscurité. S'il faut se féliciter de la sécurité accrue qui en résulte en de nombreux cas, on constate aussi des effets dommageables: la contemplation du ciel nocturne n'est plus possible en maints endroits, l'habitat des animaux nocturnes est perturbé, avec des conséquences mortelles pour un grand nombre d'entre eux, le rythme circadien et le système endocrinien de l'homme et des animaux subissent des influences négatives. La lumière dispersée inutilement constitue un gaspillage d'énergie et nous prive des émotions que procure l'ambiance d'un paysage nocturne plongé dans l'ombre. Ce chapitre formule des recommandations sur la façon de remédier aux effets négatifs des émissions lumineuses par des solutions techniques ou des garde-fous juridiques, pour enrayer du même coup un gaspillage inutile d'énergie électrique, sans toutefois réduire la sécurité dont nous avons besoin.



Source : https://www.ge.ch/dossier/reussir-transition-ecologique/elan-generalise/proteger-nuit

Les conséquences néfastes en bref

- Effacement du paysage nocturne naturel et de l'espace au-dessus de nous, avec pour conséquence l'occultation du ciel étoilé (aspects culturel et paysager).
- Influences sur les systèmes circadiens et endocriniens de l'homme et de l'animal (aspects médical et biologique).
- Atteintes aux habitats des animaux nocturnes pouvant avoir des conséquences fatales pour nombre d'entre eux (aspects éthique et écologique).
- Accroissement de la gêne ressentie par l'être humain dans les zones habitées en raison de l'éblouissement et de l'illumination de l'espace (aspects physiologique et psychologique).
- Gaspillage d'énergie dû à un éclairage inutile (aspects technique, économique et énergétique).

Nécessité de l'éclairage

Dans de nombreux cas, la nécessité d'une lampe extérieure peut être remise en question, notamment si elle entraîne un double éclairage. En cas de modifications apportées à des bâtiments, on veillera à supprimer les éclairages devenus superflus.

Mesures techniques

Les corps lumineux doivent être munis d'écrans afin de canaliser la lumière vers le point à éclairer. L'installation d'écrans et de dispositifs optiques (miroirs, réflecteurs) dans les boîtiers des lampes permet d'obtenir cet effet. Les lampes présentant un angle de diffusion réduit sont particulièrement appropriées. Par ailleurs, les objets ne doivent pas être illuminés plus fortement que nécessaire. Un éclairage tamisé donne souvent un meilleur résultat. En outre, on utilisera les corps lumineux qui émettent le moins possible de lumière à ondes courtes. Les lampes à vapeur de sodium à haute pression et surtout les lampes à vapeur de sodium à basse pression sont relativement inoffensives pour les insectes et consomment beaucoup moins d'énergie. C'est pourquoi elles doivent être considérées comme particulièrement respectueuses de l'environnement.

Orientation et disposition des lampes

Par principe, toute lampe doit être dirigée vers le sol. Les réverbères, en particulier, doivent être placés de sorte à ne pas diffuser de lumière dans l'environnement ni dans les milieux écologiquement sensibles.

Limitation de la durée d'éclairage

Un usage de l'éclairage dans le respect de l'environnement implique l'installation d'une gestion. Ces dispositifs permettent au moins de réduire l'intensité de l'éclairage à certaines heures de la nuit (de la

même façon que pour la protection contre le bruit, où des valeurs limites plus basses sont applicables entre 22 heures et 6 heures). Dans les zones écologiquement sensibles, l'éclairage devrait être totalement éteint après 22 heures – pour autant que les prescriptions de sécurité le permettent.

Mesures supplémentaires
Ne seront utilisées que les lampes comportant une isolation qui empêche les insectes de pénétrer à l'intérieur. Si le sol est fortement éclairé, on veillera à éviter que son revêtement soit de couleur claire, voire réfléchissante. Il faut choisir un système d'éclairage simple et sûr à entretenir, difficilement accessible aux passants. En outre, on n'utilisera que des corps lumineux ayant une longue durée de vie et une faible consommation d'énergie. Réduire les émissions lumineuses ne présente aucun inconvénient pour l'homme et la nature, mais les avantages de la démarche sont nombreux:

- **Gain économique:** toute la lumière émise dans l'espace et l'atmosphère est inutilisée. Qui dit réduction des émissions, dit réduction de la consommation d'énergie et, par conséquent, réduction des coûts.
- **Gain écologique:** un éclairage extérieur bien réfléchi, qui laisse la place au calme et à la régénération nocturne, est important pour conserver et améliorer la qualité de vie de l'homme, de la flore et de la faune.
- **Gain architectural:** des espaces extérieurs trop clairs limitent fortement l'aménagement lumineux. La mise en valeur d'un ouvrage par de l'éclairage artificiel requiert un environnement sombre, sans quoi le contraste est insuffisant.

Bases légales
La Suisse dispose au niveau fédéral et canonal de plusieurs bases légales qui indiquent que les nuisances dues à la lumière artificielle sont à éviter dans la mesure du possible:

- Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage (LPN ; RS 451): articles 1 à 3, article 18, ainsi que l'article 20, alinéa 1.
- Loi fédérale sur la protection de l'environnement (LPE ; RS 814.01): articles 1, 7 alinéas 1 et 4, ainsi que les articles 11, 12 et 14.
- Loi fédérale sur la chasse et la protection des mammifères et oiseaux sauvages (LChP ; RS 922.0): article 1, alinéa 1 et article 7, alinéa 4.
- Loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT ; RS 700): articles 1 et 3.
- Ordonnance sur la signalisation routière (RS 741.21): article 96, alinéas 1 et 5, ainsi qu'article 98, alinéa 2.
- Limitation des émissions : dans son article introductif (art. 1 LPE), la loi sur la protection de l'environnement se donne pour but de protéger les hommes, les animaux et les plantes, leurs biocénoses et leurs biotopes contre les atteintes nuisibles ou incommodantes. L'article 11, alinéa 2 traite plus spécialement des émissions et postule qu'indépendamment des nuisances déjà existantes, il importe, à titre préventif, de limiter les émissions dans la mesure que le permettent l'état de la technique et les conditions d'exploitation et pour autant que cela soit économiquement supportable. Les émissions seront limitées plus sévèrement s'il s'avère ou s'il y a lieu de présumer que les atteintes, eu égard à la charge actuelle de l'environnement, seront nuisibles ou incommodantes (art. 11, al. 3, LPE).
- SIA 491 :2013 : Prévention des émissions inutiles de lumière à l'extérieur
- Recommandation de l'OCAN[14]

Critères de sélection

- Efficacité lumineuse (efficacité énergétique)
- Dark-Sky: Les luminaires qui diffusent de la lumière vers le haut ne sont pas admis. L'angle de rayonnement vertical doit être inférieur à 90°. Le luminaire ne doit pas être pivotable vers le haut.
- Les lampes halogènes sont exclues car elles n'atteignent pas l'efficacité énergétique requise.
- Les lampes fluorescentes sont exclues car elles contiennent du mercure et supportent mal le froid.

Pour plus d'informations, on pourra se référer au site **DarkSky Switzerland**

[14] Office cantonale de l'agriculture et de la nature

4. Documentation du projet et attestation selon kbob

Phases du projet					**Exigence** Légende : **E**tudes Préliminaires, **A**vant-Projet, **P**rojet, Appel d'**O**ffre, **R**éalisation (✓) provisoire/ébauche ✓ définitif ☑ contrôle/adaptation
E	**A**	**P**	**O**	**R**	
	(✓)	✓	☑	☑	Attestation d'éclairage conforme à l'aide de l'utilitaire ReluxEnergy CH selon SIA 387/4. On utilisera pour cela la version la plus récente de l'utilitaire (téléchargement à l'adresse www.energytools.ch).
	(✓)	✓	☑		Plans avec luminaires dessinés et surfaces des locaux indiquées à l'échelle 1 :100.
	(✓)	✓		☑	Plans avec luminaires dessinés et surfaces des locaux indiquées à l'échelle 1 :50.
	(✓)	✓	☑		Calculs et simulation d'éclairage de toutes les pièces typiques (par ex. avec ReluxEnergy CH). Les paramètres et résultats tels que les données relatives aux luminaires (fiche technique du luminaire y c. courbe de répartition photométrique, limitation de l'éblouissement selon UGR, diagramme de Söllner), les données de la pièce, y c. les facteurs de réflexion, l'aperçu des résultats du plan utile, le tableau du plan utile et la limitation de l'éblouissement selon UGR dans la pièce être compris dans les calculs.
	(✓)	✓	☑		Justifications en cas d'utilisation spéciale dans l'attestation.
	(✓)	✓	☑		Indications concernant l'utilisation de la lumière du jour : degré de transmission des verres utilisés, hauteurs de chute, équipement de protection solaire, profondeurs de balcon / d'avant-toits et situation de construction (joindre une coupe de façades et un plan de situation).
	(✓)	✓	☑		Concept de couleurs des pièces si des réflexions spatiales sont déclarées « claires ».
	(✓)	✓	☑	☑	Concept / schéma de principe de l'éclairage de secours.
	(✓)	✓		✓	Récapitulatif des coûts d'éclairage (présentation selon les positions CFC).
		✓	☑	☑	Indications relatives aux capteurs de présence, de mouvement et de lumière du jour (fabrication, type).
		✓	☑	☑	Description fonctionnelle des commandes d'éclairage de toutes les pièces typiques et plans d'ensemble (plans des surfaces).
		✓	☑	☑	Fiche technique de tous les types de luminaire (par ex. avec ReluxEnergy CH), avec toutes les indications pertinentes, telles que le type et le rendement du luminaire, l'UGR, la puissance du système, la puissance en veille, le flux lumineux par luminaire.
		✓	☑	☑	Concept d'entretien : accessibilité des luminaires, vue d'ensemble des lampes.
			(✓)	☑	Tests intégrés (tests fonctionnels) : plan de test, procès-verbal.
				✓	Mesures de contrôle des éclairages de tous les locaux typiques.
				✓	Un plan d'entretien et une liste des pièces détachées doivent être établis pour tous les luminaires et lampes des installations d'éclairages. L'intervalle de maintenance doit être déterminé avec l'utilisateur pour les locaux techniques dont l'encrassement est important.

Ce tableau doit être intégré dans les appels d'offres et complété par la limite de prestation selon les SIA 108 et 118.