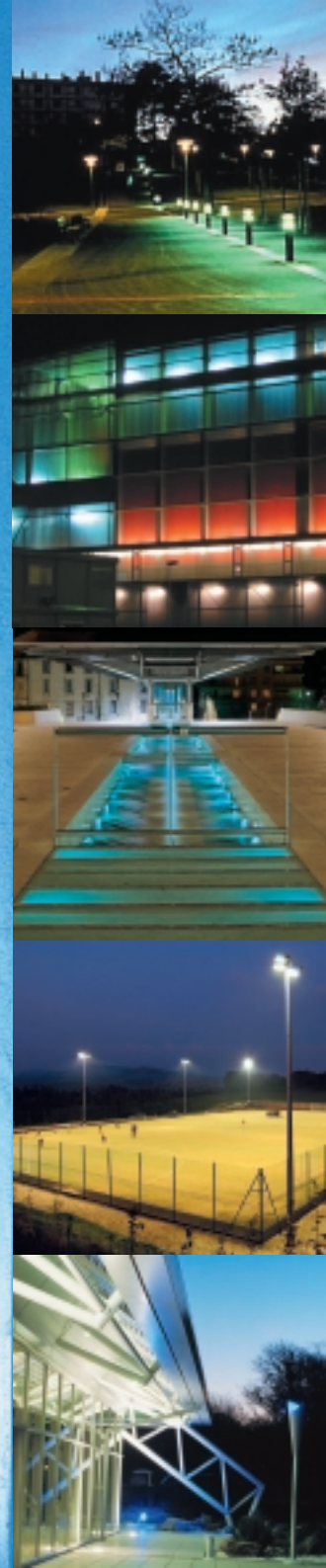


Des plans Eco-lumière pour les campus



Des plans
Eco-lumière
pour
les campus

Cet ouvrage a été réalisé sous la direction de Catherine Chauffray, bureau de l'expertise immobilière, service du pilotage et des contrats, direction générale de l'enseignement supérieur (DGES, ex-DES), grâce au concours, au soutien et à la participation de :

Véronique Mély, déléguée à la communication,

Nicole Krasnopolski, chef du bureau de l'édition et de la création graphique et multimédia, délégation à la communication,

Florence Bottollier-Eid, conseillère artistique pour la conception graphique, bureau de l'édition et de la création graphique et multimédia, délégation à la communication,

Lisa Arbutina, chef de cabinet du directeur général de l'enseignement supérieur et chargée de communication, direction générale de l'enseignement supérieur,

Éric Bernet, chef du service des personnels ingénieurs, administratifs, techniques, ouvriers, sociaux et de santé, des bibliothèques et des musées, direction générale des ressources humaines, au titre de ses anciennes fonctions à la DES.

Nous tenons à remercier particulièrement :

Les partenaires de l'ouvrage :

● EDF

- Gilles Jollivet, directeur de l'agence administration et tertiaire public,
- Huguette Annas Saint-Yves, architecte DPLG, expert lumière, REEL,
- Bernard Larrieu, expert lumière, REEL,
- Département Communication de la Division Entreprises pour le reportage photographique sur les campus de Pau et Nanterre.

● Association française de l'éclairage

- Bernard Duval, délégué général,
- Marie-Pierre Alexandre, attachée de direction.

Les maîtres d'ouvrage, les concepteurs et les personnes ressources des projets :

● Nanterre

- Mohamed Hechelef, chef de la division du patrimoine, université Paris X-Nanterre,
- Jean-Pierre Poccachard, division du patrimoine, université Paris X-Nanterre,
- Luc Peirola, SA d'Architecture Luc Peirola et associés.

- **Les Cézeaux**

- Philippe Skowron, ingénieur régional de l'Équipement, responsable du service des constructions, rectorat de l'académie de Clermont-Ferrand,
- Christian Louat, responsable du service commun technique universitaire de l'université Blaise Pascal,
- Pierre Déat, Carmen de La Vera, paysagistes, CAP paysages,
- Stéphane Servant, concepteur lumière, Agence IXO.

- **Pau**

- Jean-Michel Uhaldeborde, président, université de Pau et des Pays de l'Adour,
- Éric Dutil, secrétaire général, université de Pau et des Pays de l'Adour,
- Jacques Monségu, directeur du patrimoine, université de Pau et des Pays de l'Adour.

- **Orléans la Source**

- Alain Plançon, chargé de mission prospective et aménagement, université d'Orléans,
- Cécile Dioux, responsable du service immobilier et technique, université d'Orléans,
- Agence Florence Mercier paysagiste,
- Yves Adrien, concepteur lumière, Atelier Coup d'éclat.

- **Villetaneuse**

- Marie-Jo Delord, secrétaire générale adjointe, université Paris 13,
- Gilles Andriot, responsable du patrimoine, université Paris 13,
- Nicolas Lecuyer, chef de projet, Établissement public d'aménagement Plaine de France,
- Stéphane Servant, concepteur lumière, Agence IXO.

- **Pôle Universitaire de Guyane**

- Michel Hoessler, associé et directeur, Agence Ter, paysagistes, urbanistes.

Nos remerciements s'adressent également, pour leur collaboration, à :

Roger Narboni, concepteur lumière, Agence Concepto ; Marc Fontoynt, directeur du laboratoire sciences de l'habitat, ENTPE, Lyon ; Christophe Marty, Ingélux ; Syndicat de l'éclairage, ainsi qu'aux fabricants Philips, Targetti, Thorn et la photothèque d'EDF pour le prêt de leurs photos.

Les dernières décennies ont été marquées par une forte et rapide croissance des effectifs étudiants qui traduit l'ouverture de l'enseignement supérieur à de nouveaux publics. Le début des années 2000 se caractérise, au contraire, par une stabilisation de la démographie étudiante qui favorise la mise en œuvre de réformes plus structurelles liées, notamment, à l'organisation des formations : généralisation des trois grades licence, master, doctorat (LMD), meilleur adossement à la recherche, développement de politiques de sites.

Parallèlement, en matière d'immobilier universitaire, aux grands programmes de construction des années 1980-1990, succèdent des préoccupations qualitatives qui concernent la mise en sécurité des bâtiments, leur entretien mais aussi les aspects environnementaux (démarche HQE – Haute Qualité Environnementale), d'accessibilité ou de confort. Cette évolution trouve son expression dans l'objectif de "mise aux standards internationaux de l'immobilier universitaire" qui guide en partie l'élaboration des nouveaux contrats de projets entre l'État et ses partenaires territoriaux.

Le développement des grands campus périphériques des années 1960 avait été suivi, dans les années 1980, d'un retour de l'université dans les centres urbains. La requalification des campus, souvent vastes et négligés, comprenant de la voirie, des équipements variés et des espaces verts, réclamait alors de prendre en compte l'aménagement des espaces jusqu'alors délaissés.

Dans ce contexte, l'éclairage est apparu comme une composante majeure de cet aménagement, pour notamment :

- assurer la sécurité et le confort des usagers, et tout particulièrement favoriser une meilleure accessibilité des lieux aux handicapés, par une mise en lumière adaptée aux déplacements ;
- conforter l'identité du site par une image nocturne de qualité mettant en valeur bâtiments, signalétique, éléments de végétation remarquables, etc. ;
- participer au développement durable par des équipements économes en énergie, d'une maintenance organisée et facilitée, et recyclables.

Le principe de ce guide "Des plans Eco-lumière pour les campus" est de fournir des pistes de réflexion, de présenter des exemples de réalisations ou de projets en cours pour accompagner les maîtres d'ouvrage qui souhaitent s'y engager. Nos campus méritent et, le plus souvent, réclament un traitement qui les rende non seulement particulièrement "fréquentables" mais attractifs.

Jean-Marc MONTEIL
Directeur général
de l'enseignement supérieur

Introduction p. 7

1 Les objectifs du plan Eco-lumière p. 9

1. Procurer un sentiment de sécurité
2. Éclairer à coûts maîtrisés
3. Valoriser les campus

2 La mise en œuvre d'un plan Eco-lumière... p. 15

1. Les fonctions de l'éclairage
2. La préparation du projet
3. Le projet d'éclairage

3 Un éclairage économe en énergie p. 21

1. Matériels économes en énergie
2. Maîtrise des coûts de maintenance

4 Des installations spécifiques p. 27

1. Les installations sportives
2. Éclairage pour personnes malvoyantes
3. Les nuisances dues à la lumière

5 Les premiers plans Eco-lumière p. 33

1. Campus de Nanterre
2. Campus des Cézeaux
3. Campus de Pau
4. Campus d'Orléans la Source
5. Campus de Villetaneuse
6. Pôle Universitaire de Guyane

Annexes p. 62

Certificats d'économie d'énergie
 Bilan des puissances et des consommations avant travaux à Pau
 Bilan des puissances et des consommations après travaux à Pau
 Principales caractéristiques des lampes

Glossaire p. 69

Bibliographie p. 71

Principaux sites Internet p. 72

Crédits photographiques p. 72



Introduction

“L’éclairage n’est plus considéré comme un équipement choisi sur catalogue puis installé, mais comme une partie intégrante du projet urbain.”¹

Dès 2004, le ministère de l’éducation nationale, de l’enseignement supérieur et de la recherche a souhaité inscrire dans une démarche de développement durable l’amélioration de la qualité de vie sur les campus. Dans ce contexte, la question de l’éclairage public est apparue essentielle lors du démarrage de projets de requalification de sites universitaires retenus dans les CPER² 2000-2006.

En effet, le constat est sans appel : les campus sont sous-équipés, dépourvus d’éclairage extérieur à certains endroits ou bien dotés d’installations vétustes et parfois dangereuses, souvent datant de la construction des bâtiments universitaires, qui remonte pour la plupart aux années 60 ou 70. La maintenance est presque inexistante, les quelques tentatives d’opérations d’entretien ou d’installation de matériels neufs se sont soldées par une juxtaposition de produits hétérogènes, tant en ce qui concerne les lampes que les luminaires.

Cet état des lieux a soulevé de nombreuses questions qui, au fil des réflexions, vont devenir les objectifs de la démarche “des plans Eco-lumière pour les campus” :

- Sécuriser les lieux d’enseignement et de vie, y compris les résidences universitaires.
- Améliorer le bien-être et le confort par des ambiances lumineuses adaptées et valoriser des principes d’aménagement.
- Donner ou redonner du sens, de la lisibilité, une identité à un territoire universitaire dans la ville.
- Maîtriser l’énergie.
- Maîtriser les coûts d’entretien et de maintenance.

Électricité de France a souhaité apporter son expertise avec son réseau d’experts Lumière (REEL) selon la méthodologie suivante : prise en compte des attentes du maître d’ouvrage, analyse des sites de jour et de nuit par des relevés photométriques, intégration des contraintes du projet d’ensemble, proposition de

pistes d'aménagement lumière adaptées avec des objectifs environnementaux.

La deuxième étape a consisté à choisir des sites pilotes sur lesquels une mission de conseils a été conduite par Huguette Annas Saint-Yves, architecte DPLG, expert lumière, REEL, sur les campus de Nanterre, des Cézeaux (Clermont-Ferrand) et d'Orsay, celui de Pau ayant été précurseur en la matière. D'autres campus, tels ceux d'Orléans la Source, de Villetaneuse et le nouveau pôle universitaire de Guyane, se sont également engagés dans une démarche Eco-lumière.

Afin de sensibiliser les universités et de présenter les problématiques que pose un plan d'aménagement lumière au sein d'un campus, les objectifs à atteindre et les moyens de les réaliser, le ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche a pris l'initiative, en partenariat avec EDF et avec le soutien de l'Association française de l'éclairage (AFE), de publier un ouvrage qui, à la fois, fait un retour sur les expérimentations en cours et, nous l'espérons, apportera les informations pratiques utiles à tous les sites universitaires intéressés.



Centre ville de Caudry (Nord). Concepteur lumière, Roger Narboni, Agence Concepto.

Après avoir indiqué les objectifs du plan Eco-lumière, ce document donne quelques définitions essentielles pour comprendre le rôle de la lumière, son fonctionnement et la façon d'aborder le projet d'éclairage. Il présente ensuite les différents intervenants du projet, acteurs de la filière professionnelle (concepteurs lumière, bureaux d'études, fabricants), organisation professionnelle (association des concepteurs lumière et des éclairagistes, ACE), organismes de normalisation (AFNOR) et de préconisations (AFE). Sans entrer dans le détail technique de l'étude, les pages suivantes décrivent les différentes étapes du projet, du diagnostic du site au cahier des charges. Pour être complète, cette première partie approfondira les questions liées à la maîtrise de la demande de l'énergie (consommations et maintenance) ou à quelques aménagements particuliers, tels que les installations sportives et l'éclairage pour les personnes malvoyantes. Enfin, le chapitre 5 est consacré aux différents sites engagés dans la démarche Eco-lumière et en présente les stades successifs d'avancement.

Puisse cet ouvrage aider les responsables de sites universitaires et les maîtres d'ouvrage à mieux comprendre les questions liées à l'éclairage, à prendre conscience que les solutions les plus pertinentes, dès lors que les besoins ont été clairement identifiés, proviennent des professionnels et du respect des bonnes pratiques et des règles de l'art qui résultent d'une méthodologie bien définie du projet d'éclairage public, lui-même inscrit dans une démarche de développement durable.

1 Roger Narboni dans "Penser la ville par la lumière" sous la direction de Ariella Masboungi, Éditions de la Villette, avril 2003.

2 CPER : contrat de plan État-Région.



1 Les objectifs du plan Eco-lumière

“En ville, la lumière est une musique que l’on voit”¹

Les objectifs du plan Eco-lumière des campus s’articulent autour de trois axes principaux, assurer la sécurité des usagers, maîtriser les coûts (consommations et maintenance) et valoriser les campus dans un but commun : améliorer la qualité de vie sur les sites, la nuit, tout en protégeant l’environnement.

La dimension “durable” du plan Eco-lumière :

- **les enjeux sociaux** : offrir de bonnes conditions d’études en contribuant ainsi à la réussite des étudiants, construire une image nocturne qui valorisera l’espace urbain à l’échelle du quartier et de la ville, augmenter l’attractivité des campus français par rapport aux standards internationaux ;
- **les enjeux environnementaux** : réaliser des économies d’énergie, promouvoir les énergies renouvelables, réduire les émissions de gaz à effet de

serre, lutter contre les nuisances lumineuses (flux lumineux direct et réfléchi), traiter les déchets ;

- **les enjeux économiques** : raisonner en coût global, intégrer dans le projet d’éclairage des coûts d’entretien et de maintenance maîtrisés sur des installations plus performantes et pérennes.

1. Procurer un sentiment de sécurité

À l’extérieur, le rôle premier, mais pas le seul, de l’éclairage est de garantir la sécurité des usagers qui, si la mise en lumière n’offre pas une bonne perception visuelle de l’espace, vont éprouver un sentiment d’insécurité. Il est donc nécessaire d’assurer un éclairage suffisant et qui améliore les contrastes. Rappelons que, sur un campus, aucune lumière annexe ne peut interférer avec l’éclairage des voies,

les commerces y sont inexistantes, donc pas de vitrines éclairées, et les abords des résidences ne bénéficient que rarement d'un éclairage approprié. Le piéton doit pouvoir accomplir un certain nombre de tâches sans difficulté, notamment :

- effectuer un déplacement en détectant les obstacles éventuels ;
- identifier les autres piétons ;
- déceler rapidement la présence éventuelle des véhicules ;
- apprécier l'éloignement et les mouvements de ces derniers.

La sécurité des piétons dépend aussi de la prise de conscience de l'environnement dans lequel ils évoluent. De nuit, l'éclairage public en est une composante essentielle. Il doit conforter la perception de l'environnement : l'arrière-plan, souvent constitué par les façades des bâtiments, peut former un fond clair sur lequel la silhouette du piéton se détache. Mais s'il est sombre, le piéton ne peut être vu que par un contraste positif.

Les voies des campus sont soit piétonnes, soit mixtes,



L'éclairage contribue à améliorer la qualité de vie sur les sites, la nuit.



Parc Manzanares, Madrid, Espagne.

c'est-à-dire ouvertes à la cohabitation des véhicules et des piétons, mais rarement réservées aux seuls véhicules. Cette caractéristique permet une plus grande liberté dans la conception même de l'éclairage tant en ce qui concerne les niveaux d'éclairement ou le type d'équipements à installer. Il s'agit donc de doser et d'ordonner la lumière en tenant compte de tous ces paramètres.

Il n'est pas utile de suréclairer les zones plus sensibles d'un campus pour des raisons de sécurité, en installant sur les parties supérieures des bâtiments des projecteurs qui éclairent "comme en plein jour". L'éclairage est violent, crée une ambiance désastreuse et, étant en outre discontinu, génère des "trous noirs" qu'il faut réduire... par l'installation d'autres projecteurs.

2. Éclairer à coûts maîtrisés

La consommation d'électricité relative à l'éclairage public ne représente pas en elle-même une dépense très importante – sauf pour les installations vétustes qui sont davantage énergivores – et l'on pourrait se

demander s'il est vraiment judicieux de concentrer des efforts sur la possibilité d'économiser dans ce domaine. La question ne se pose pas tout à fait en ces termes. Le manque d'éclairage peut générer des dangers dramatiques pour les usagers et entraîner des conséquences humaines et financières importantes. Il est donc préférable de parler de maîtrise de l'énergie : les outils pour éclairer mieux sans consommer plus, et même, à terme, en consommant moins, sont disponibles.

Maîtriser les consommations

La maîtrise des consommations passe avant tout par le contrôle de l'éclairage qui s'effectue en trois étapes :

- **la maîtrise du besoin** : il faut définir la tâche à accomplir en tenant compte de la perception visuelle pour se déplacer en toute sécurité, de la topographie des lieux, et établir un diagnostic précis de l'existant ;
- **la maîtrise de la qualité des matériels** : les lampes possèdent des caractéristiques² différentes qu'il faut bien connaître pour choisir la solution la mieux adaptée à l'installation considérée. Une fois effectué le choix du rendu des couleurs et de la température de couleur, l'efficacité lumineuse³ est primordiale. Par ailleurs, les luminaires doivent être équipés de systèmes optiques performants qui améliorent leur photométrie, et de ballasts électroniques qui permettent de réduire les consommations et d'allonger la durée de vie des lampes. Ces choix constituent des facteurs déterminants non seulement pour la qualité de la lumière mais aussi pour en garantir le maintien dans le temps ;



Campus des Cézéaux, cours des grandes terrasses : CAP paysages.



Campus de Nanterre, la galerie couverte.

- **la maîtrise de la quantité de lumière** : pouvoir allumer et éteindre au bon moment, ajuster le niveau d'éclairement en fonction des besoins, par exemple augmenter le niveau d'éclairement en fonction de la sortie des cours ou de l'heure de fermeture du restaurant universitaire.

Maîtriser les coûts d'exploitation

La maîtrise des coûts d'exploitation dépend du choix des matériels, lampes, luminaires, ballasts, du plan de maintenance et des systèmes de gestion mis en œuvre (se reporter aussi au chapitre 3, p. 21).

Choisir des matériels performants et pérennes

Si le faible coût d'investissement de certains matériels peut paraître attractif, il est souvent associé à des coûts de consommation élevés : source à faible efficacité (donc davantage de lampes à installer), optiques moins performantes (plus de luminaires ou une puissance supérieure seront nécessaires), facteur de dépréciation plus important (plus de sources pour obtenir l'éclairage à maintenir), auxiliaires énergivores. Par exemple, utiliser des luminaires du type diffuseur boule opale en plastique, c'est risquer de banaliser les ambiances, de créer un "bruit de fond" lumineux (interférences nuisibles avec les autres espaces éclairés), avec un bilan énergétique (lumière perdue) et environnemental (nuisances lumineuses) déplorable.

Une attention particulière doit, par ailleurs, être accordée aux auxiliaires d'alimentation (ballasts). Ces dispositifs connaissent des développements : les ballasts électroniques sont plus performants que les ballasts ferromagnétiques car ils utilisent moins d'énergie pour leur fonctionnement. De plus, ils intègrent les fonctions d'amorçage, de stabilisation et de



Le plan Eco-lumière permet de valoriser les aménagements du campus.

correction du facteur de puissance, maîtrisent les surtensions du réseau. Ils peuvent générer ainsi une réduction de 5 % à 20 % de la consommation. Les ballasts à gradation offrent une économie de 40 %.

Établir un plan de maintenance

Il est erroné de croire qu'une vieille lampe qui éclaire encore assure toujours le niveau de qualité initial, le flux lumineux a baissé (car il décroît dans le temps), les consommations relatives ont augmenté. De même, le fait d'avoir, par exemple, 3 lampes éteintes sur 30 n'assure plus le niveau d'éclairage ni l'uniformité requis.

Une maintenance régulière, prévue dès le projet, permet de conserver les performances initiales des matériels dans le temps et peut faire varier la puissance consommée dans un rapport d'environ 1 à 2. Il est donc essentiel d'organiser le changement systématique des lampes à intervalles réguliers, et, en même temps, un nettoyage des luminaires.

Rappelons que des matériels efficaces, associés à une maintenance planifiée, permettent de prévoir le



Médiathèque La Roche-sur-Yon. Conception éclairage : Thierry Demangeat et Jean-Marc Dupont.

nombre d'interventions, les délais entre chacune d'entre elles et donc de réduire les coûts d'entretien générés par des opérations multipliées, onéreuses en coût de main-d'œuvre.

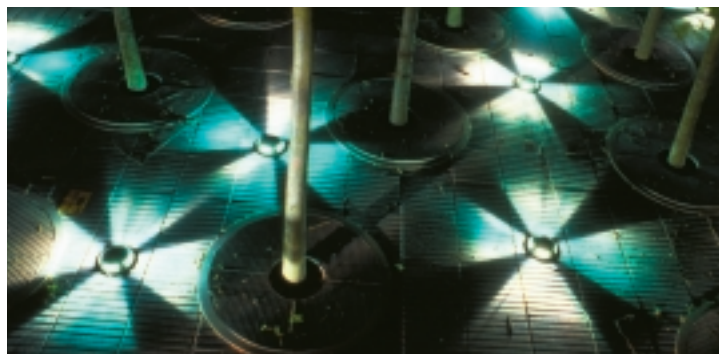
3. Valoriser les campus

L'éclairage d'un campus ne saurait être considéré uniquement sur le plan technique ou sur celui des consommations en énergie. Encore faut-il prendre en compte l'environnement, et adapter l'éclairage aux différents espaces et à leur pratique.

En 1995, dans son ouvrage "La lumière urbaine" (Éditions du Moniteur), Roger Narboni, concepteur lumière, estime que : *"Lorsque la mise en lumière du monument ne sera plus considérée comme une fin en soi, l'image nocturne du patrimoine pourra être aussi conçue en fonction de son environnement urbain"*. L'image nocturne d'un campus doit prendre en compte, son contexte, ses continuités, ses ruptures et y intégrer, les bâtiments d'enseignement et de recherche, les résidences, les installations sportives, être en adéquation avec les aménagements paysagers, afin que le projet d'éclairage constitue une composition lumineuse de l'ensemble du site, mettant en scène son patrimoine architectural et végétal et créant les chemins de lumière avec le centre urbain.

La lumière joue un rôle essentiel dans la valorisation d'un site universitaire mais aussi apporte des solutions à des problématiques spécifiques d'insertion, d'accroche et de cohésion à retrouver.

Ainsi, à propos de l'aménagement lumière de la perspective du Château de la Source sur le campus de



Parc de La Villette, Paris, réalisé avec le concours de l'EPPGHV, Bernard Tschumi, architecte.

l'université d'Orléans, qui sera présenté dans le chapitre 5, Yves Adrien, concepteur lumière, écrit dans l'introduction de son avant-projet : *"À la faveur de la nuit, elle [la lumière] est gardienne de son sens... Le jour seul et les réponses strictement paysagères deviennent alors insuffisants à identifier cette perspective... Il faut par conséquent envisager une rupture temporelle ou mieux, le passage du jour à l'installation dans la nuit."* Pour lui, il s'agit tout d'abord d'accorder une attention particulière à la suggestion du lieu, afin d'éviter : *"l'écueil de la cohésion brutale et l'impasse de la multiplicité abandonnée à son éclatement"*. Le maître d'ouvrage devra associer, selon le montage le plus approprié¹, un concepteur lumière et un bureau d'étude spécialisé à l'équipe de maîtrise d'œuvre du projet de renouvellement urbain et paysager d'un campus, de requalification d'espaces publics, ou d'aménagement dans le cas d'un nouveau site.

1 Laurent Fachard, éclairagiste, Les Éclairagistes associés.

2 Voir Annexe "Principales caractéristiques des lampes", p. 68.

3 Voir Glossaire, p. 69.

4 Les espaces publics urbains. Recommandations pour une démarche de projet.

Mission interministérielle pour la qualité des constructions publiques. Nov. 2001.

La mise en œuvre d'un plan Eco-lumière

*"L'urbanisme lumière [...] a entraîné la création de nouveaux outils destinés aux maîtres d'ouvrage : le schéma directeur d'aménagement lumière (sdal), le plan lumière, la charte lumière"*¹

L'urbanisme lumière", discipline née il y a une quinzaine d'années, s'est vu attribuer une série de fonctions assez mal définies mais pourtant résultant de l'émergence de plusieurs outils destinés à donner, par l'éclairage, une nouvelle vision nocturne de la ville. Aucune raison pour que, *a priori*, un campus ne suive pas les mêmes schémas.

1. Les fonctions de l'éclairage

Le campus n'est-il pas finalement aujourd'hui une composante de la ville, voire d'un quartier, et non plus une "exception" urbaine qui, du point de vue de l'éclairage en tout cas, doit être appréhendé de la même façon, tout en préservant son identité ?

Mais avant d'aborder de façon détaillée le projet d'éclairage, il faut se poser la question de ce que l'on veut éclairer.

Les champs d'application ne manquent pas et, s'ils sont en même temps moins nombreux et plus spécifiques sur un campus que dans une ville – des zones bien délimitées avec des activités et des équipements propres, les parcours extérieur/intérieur jusqu'à l'entrée des bâtiments, l'organisation des déplacements piétons, des voiries internes, des stationnements, les accès principaux, secondaires, d'usage... – il est tout aussi essentiel de bien définir les objectifs de l'éclairage.

Ainsi, l'identification de la voirie est primordiale car, selon le type de voie – à circulation automobile à double sens, avec ou sans piste cyclable et cheminement piéton –, les paramètres photométriques à prendre en compte sont différents, notamment s'il s'agit du confort et de la visibilité des automobilistes et des piétons, ils conduiront à des choix d'équipements spécifiques (luminaires et supports) et à des modes d'éclairage adaptés (direct, indirect, diffus, etc.).

La mise en valeur du bâti concerne les illuminations des façades qui permettent de souligner un bâtiment pour sa qualité architecturale ou aussi pour sa fonction et de le repérer, bâtiment ouvert au public en soirée, résidence universitaire à sécuriser, par des jeux de lumière appropriés. Ces derniers répondent davantage au sens créatif du concepteur lumière qu'à des règles strictes d'éclairagisme.

L'éclairage paysager et l'éclairage graphique constituent les grands oubliés des projets des campus. Or, ces derniers comprennent très souvent de larges espaces verts et un patrimoine végétal parfois important qui mériteraient d'être mis en valeur ou tout simplement dotés d'un éclairage fonctionnel, ou encore de nombreux dédales labyrinthiques qu'aucune signalétique lumineuse ne vient éclairer, sans parler de l'absence ou de l'insuffisance d'une signalétique directionnelle.

Rappelons aussi qu'un campus est ponctué d'abris-bus ou de stations de tramway, qu'il accueille différents équipements sportifs (gymnase, piscine, terrain de football, etc.) et culturels, et, pour les projets en

cours, des programmes plus diversifiés d'habitat, de commerces et de services qui nécessitent tous un éclairage spécifique ayant vocation à s'intégrer harmonieusement dans l'éclairage public environnant.

2. La préparation du projet

Par où doit-on commencer ? Quels sont les outils dont dispose aujourd'hui le maître d'ouvrage et quels sont les intervenants ?

Le diagnostic du site

Avant même de répondre à ces questions, il est indispensable de procéder à l'analyse de l'existant afin de poser la problématique du site, définir les objectifs et déterminer les stratégies à adopter, puis de pouvoir évaluer, après les travaux, les résultats de l'action entreprise. Il est donc essentiel, dans cette démarche, de tenir compte :

- de l'histoire et la géographie du campus et de son patrimoine architectural ;
- de l'évolution du campus et de son environnement ;
- de la typologie de ses espaces (urbains, bâtis, paysagers, publics) ;
- des projets au sein du campus, de constructions, d'aménagements urbains, d'équipements et d'infrastructures ;
- des plans de déplacement ou de parcours piétons ;
- du comportement des usagers et de leur perception de l'ambiance générale du campus ;
- des matériels installés, de leurs performances ;
- des consommations d'éclairage.



Éclairage de façade, Colomiers (Haute-Garonne).



Laboratoire Pierre Fabre, Lavaur (Tarn).

Une fois ce diagnostic établi, les problèmes répertoriés, les attentes et les lieux d'interventions identifiés, il est plus aisé d'aborder les notions fondamentales pour orchestrer l'éclairage du campus. Sdal, plan lumière, charte lumière, illuminations, il est bien difficile de s'y retrouver dans toutes ces appellations, et quelques mises au point s'imposent.

Terminologie et méthodologie

Tous ces termes ne peuvent s'interchanger, ils correspondent chacun à une méthodologie rigoureuse de l'urbanisme lumière.

Le schéma directeur d'aménagement lumière (sdal)

Le sdal concerne les études d'éclairage à réaliser dans une ville, un quartier ou un site. *"Il s'agit d'un document directeur qui définit les orientations et les principes pour l'éclairage et la mise en valeur des villes et qui permet de planifier un certain nombre de stratégies à long terme"*, explique Roger Narboni, concepteur lumière. Le sdal explicite un concept

global, il ne constitue pas une étude de détail ni un projet. Il concerne à la fois l'éclairage public et les illuminations d'un site. En effet, le sdal comprend deux grandes orientations : d'une part, l'éclairage public qui prend en compte les grands axes, les entrées du campus, les voies, et d'autre part la mise en valeur du patrimoine naturel et du bâti qui peut être traitée par thème. Une fois que le sdal a été approuvé, le maître d'ouvrage détermine alors les modalités de sa mise en œuvre.

Le plan lumière

Le terme a longtemps été confondu avec le sdal, le plan lumière englobait à peu près tout ce qui se faisait en matière d'éclairage public, illuminations, éclairage de rues, mise en valeur d'une place, etc. Il s'agit en réalité d'une partie du sdal qui présente les solutions proposées pour chaque espace considéré et permet de définir le phasage et le chiffrage des opérations de manière à programmer des investissements annuels.

La charte lumière

Elle désigne le cahier des charges à proprement parler qui établit les spécifications pour l'éclairage urbain ou les illuminations selon les projets à réaliser. Elle peut tout aussi bien constituer l'ébauche d'un sdal ou en résulter. C'est la charte qui permettra de passer à la phase réalisation du projet. Notons au passage qu'elle ne doit pas être confondue avec la "scénographie lumière" que Roger Narboni définit comme : *"une mise en scène nocturne élaborée par un concepteur unique, à l'échelle d'un site, sur une thématique clairement affirmée"*.

Les acteurs

Tout projet d'éclairage fait appel à une maîtrise d'ouvrage et à une maîtrise d'œuvre. Celle-ci est de plus en plus souvent constituée d'une équipe pluridisciplinaire composée d'architecte, urbaniste, paysagiste, scénographe, bureau d'études techniques, concepteur lumière. Ce dernier, encore méconnu il y a une quinzaine d'années, est devenu un des principaux acteurs du projet d'éclairage. Il intervient bien au-delà de la conception, il est devenu l'interlocuteur incontournable lors de la présentation des études et de leur mise en œuvre. N'oublions pas, dans cette liste d'intervenants, les fabricants, les distributeurs, les grossistes, les installateurs et les entreprises de travaux publics qui, bien souvent, sont fédérés au sein de syndicats professionnels.

Quelques organismes professionnels ou associations – AFNOR (Association française de normalisation), ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), ACE (Association des concepteurs

lumière et éclairagistes), AFE (Association française de l'éclairage) – peuvent être à même de donner des informations intéressantes (documentation technique, normes, aide au diagnostic). Ils éditent des recommandations, ouvrages techniques donnant les règles de l'art et conseils techniques. Le Syndicat de l'éclairage, qui regroupe la majorité des fabricants, publie régulièrement des éléments utiles relatifs à l'éclairage public, en particulier avec l'ADEME (voir Sites Internet p. 72).

3. Le projet d'éclairage

Le projet ou l'étude d'éclairage d'un campus offre de véritables opportunités de qualifier son environnement extérieur, ses espaces publics et ses bâtiments, les proportions des pleins et des vides. Les deux types d'action sont fortement liés, la conception lumière pouvant s'appuyer sur le projet d'aménagement paysager ou de requalification urbaine d'un campus ou encore d'un projet urbain "ville et université".

De la conception à la maintenance

Comme dans tout projet d'éclairage, le plan Eco-lumière doit prendre en compte un certain nombre de paramètres propres à l'installation, afin de proposer des solutions les mieux adaptées possibles, du "sur mesure".

Cette première phase constitue l'avant-projet qui comprend :

- une description détaillée du concept de mise en lumière ;



La mise en lumière des espaces offre une nouvelle vision nocturne.

- des plans ou coupes présentant l'implantation des appareils d'éclairage ;
- une liste des luminaires, lampes, puissances, températures de couleur, auxiliaires et systèmes de commande envisagés ;
- les calculs photométriques avec les niveaux d'éclairement ;
- un estimatif prévisionnel.

Avant de passer au projet, il peut être intéressant, tant pour le maître d'ouvrage que pour le concepteur lumière, d'effectuer des essais qui permettront de modifier les premières données.

La deuxième phase consiste à reprendre les éléments de l'avant-projet, en les développant et les précisant, et d'y ajouter :

- les plans d'exécution ;
- les détails de pose ;
- les régimes d'éclairage et les commandes requis ;
- un cahier des clauses techniques et particulières (CCTP) ;
- un estimatif détaillé ;
- un planning exhaustif des travaux et de leurs différentes phases ;
- un plan d'alimentation électrique du projet avec raccordement au réseau d'éclairage public dédié ou création de poste de distribution.

Pour garantir la qualité de l'installation, il est indispensable que le maître d'œuvre (concepteur lumière, bureau d'études, architecte) assure le suivi des travaux, vérifie la conformité de la mise en œuvre avec les prescriptions du projet ainsi que l'installation électrique (contrôle de conformité à la sécurité) et procède à la phase des réglages (optiques, photométriques, des systèmes de commande) *in situ*.

De plus, il est indispensable d'intégrer un plan de maintenance qui donnera les indications aux entreprises ou services techniques chargés des opérations d'entretien afin de conserver à l'installation ses performances de façon durable.

L'enveloppe budgétaire

Les estimatifs prévisionnels doivent être le plus précis possible afin d'éviter les mauvaises surprises à la réception des installations.

Les coûts prévisionnels doivent prendre en compte :

- l'étude proprement dite, c'est-à-dire les prestations du concepteur lumière et du bureau d'étude associé ;
- les travaux de distribution électrique et génie civil ;
- la fourniture et la pose des câbles et fourreaux d'alimentation électrique, armoire de contrôle et de commande ;
- la fourniture du matériel d'éclairage : lampes, luminaires, appareillages et dispositifs de raccordement électrique (éventuellement les dispositifs électriques nécessaires à un éclairage dynamique), supports ;
- l'installation du matériel d'éclairage.

Tout comme un plan de maintenance est nécessaire, il est essentiel de chiffrer les coûts d'exploitation de l'installation : estimation des consommations, coûts des opérations d'entretien (leur nombre et difficulté d'intervention) comprenant le changement des lampes et le nettoyage des luminaires.

¹ "Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques", Association française de l'éclairage, Éditions Lux.

Un éclairage public économe en énergie

“Le projet d’éclairage doit être conçu comme une démarche durable, faite pour que les coûts d’exploitation et de maintenance soient maîtrisés pour une meilleure gestion de l’installation”¹

Le développement durable d’une installation d’éclairage public, dans sa dimension “écologique”, passe par le respect des textes en vigueur et le choix de matériels performants et économes en énergie.

Dans le cadre du protocole de Kyoto, ont été mis en place, pour l’industrie, les quotas de CO₂ afin de limiter le réchauffement climatique. Pour le résidentiel et le tertiaire, aucune mesure n’avait encore été prise, en dehors du respect de la réglementation thermique. C’est pour cette raison qu’a été votée le 13 juillet 2005, la loi n° 2005-781 de programme fixant les orientations de la politique énergétique (dite “loi Pope”) qui visent à décliner concrètement les engagements internationaux de la France dans le cadre du développement durable et de la lutte contre le changement climatique.

La loi Pope met en particulier l’accent sur la nécessité pour la communauté nationale de garantir la sécurité d’approvisionnement et l’indépendance énergétique nationale et de préserver la santé humaine et l’environnement, en particulier en luttant contre l’aggravation de l’effet de serre. L’objectif du “Plan Climat” national ainsi défini, et révisé tous les deux ans, vise à diminuer de 3 % par an en moyenne les émissions de gaz à effet de serre.

La France soutient la définition d’un objectif de division par deux des émissions mondiales de gaz à effet de serre d’ici à 2050, soit une division par quatre pour les pays développés. La maîtrise de la demande d’énergie est donc, à cet égard, un des moyens privilégiés pour atteindre l’objectif de porter le rythme annuel de baisse de l’intensité énergétique finale à 2 % dès 2015 et à 2,5 % d’ici à 2030.

En outre, l’État, ses établissements publics et les entreprises publiques nationales doivent mettre en

œuvre des plans d'action exemplaires de performances énergétiques aussi bien dans la gestion de leurs parcs immobiliers que dans leurs politiques d'achat de véhicules (circulaire du 28 septembre 2005).

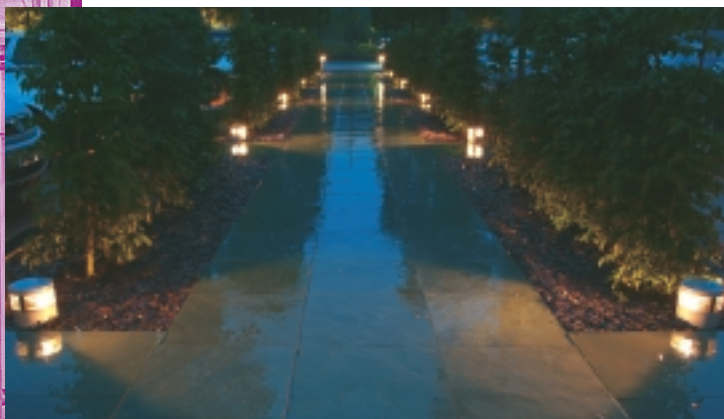
Pour permettre de mesurer les engagements en matière d'économie, la loi Pope a introduit à l'article 14 le dispositif des certificats d'économies d'énergie. Ces certificats peuvent être collectés, notamment, par les entreprises qui vendent de l'énergie (Circulaire du 18 juillet 2006 relative à la délivrance des certificats d'économie d'énergie). Par ce mécanisme, ces entreprises peuvent accompagner leurs clients dans leurs actions de maîtrise de l'énergie (audit, ingénierie de R&D...). Sur une première période allant du 1^{er} juillet 2006 au 30 juin 2009, l'État a réparti la charge entre les fournisseurs d'énergie de 54 milliards de kilowattheures d'énergie finale à économiser. L'ADEME et la direction de l'énergie du ministère de l'Industrie ont identifié et validé près d'une centaine d'actions élémentaires menant à des économies d'énergie, dans tous les domaines, et

dont le résultat en termes de kWh économisé a été forfaitisé afin de simplifier l'approche². C'est ainsi qu'en éclairage intérieur comme en éclairage extérieur, a été validée l'installation de produits performants (luminaires pour tubes fluorescents équipés de ballasts électroniques, lampes à haute efficacité lumineuse) ou favorisant la gestion (systèmes de contrôle de la durée de l'allumage, de détection de présence ou de capteurs qui prennent en compte la lumière naturelle et la dépréciation des installations). La liste est publiée sur le site du ministère de l'Industrie³. Trois décrets du 23 mai 2006 précisent le dispositif (n° 2006-600, n° 2006-603, n° 2006-604).

1. Matériels économes en énergie

La fonction essentielle de l'éclairage public est d'assurer la visibilité et la sécurité des usagers et, par conséquent, on ne devrait pas se priver d'éclairage extérieur dans le seul but de réaliser des économies. Afin de garantir à l'installation ces exigences techniques élevées et des coûts d'exploitation et de maintenance réduits, il est essentiel de bien choisir le matériel et de prévoir, dans la mesure du possible, des systèmes de gestion qui permettront à la fois de réduire les coûts d'interventions d'entretien et d'en limiter leur nombre.

L'ensemble de ces dispositions s'inscrit dans une démarche de développement durable qui, associée au respect de la réglementation en vigueur (directives européennes, décrets) et des normes françaises⁴, est nécessaire pour assurer la qualité et la pérennité de l'installation d'éclairage.



La maîtrise de l'énergie passe par une approche en coût global.

Le choix des lampes

Les lampes utilisées en éclairage extérieur répondent à des caractéristiques⁵ précises dont la connaissance est indispensable dans tout projet d'éclairage :

- **le flux lumineux** (exprimé en lumens : lm) : au fil du temps, le flux émis par les lampes diminue. Cette baisse, différente d'un type de lampe à l'autre, est un paramètre important qui permet au fabricant de conseiller une durée de vie économique, et au projecteur de calculer le facteur de maintenance de l'installation ;
- **l'efficacité lumineuse** (exprimée en lumens par watt : lm.W⁻¹) : plus elle est élevée, plus la puissance mise en œuvre (coûts d'installation) et les dépenses de fonctionnement (énergie consommée) diminuent ;
- **la durée de vie économique** (en heures) : c'est la durée de vie, indiquée par le fabricant, après laquelle l'utilisation de la lampe peut être considérée comme non rentable et doit être remplacée ;
- **la température de couleur** (en kelvins : K) : elle permet de qualifier l'ambiance lumineuse, des teintes dites chaudes, à dominante rouge, jusqu'aux teintes dites froides d'aspect blanc bleuté ;
- **l'indice de rendu des couleurs** (IRC ou Ra) est la capacité d'une lampe à restituer les "vraies" couleurs, le maximum est 100.

À flux lumineux égal, une lampe à vapeur de mercure consomme deux fois plus qu'une lampe sodium haute pression (durée de vie économique de 8 à 12 000 heures, soit deux à trois ans de fonctionnement). Les iodures métalliques, quant à elles, constituent une bonne alternative aux lampes sodium haute pression

quand on souhaite mettre l'accent sur la qualité de lumière (durée de vie économique de 6 à 8 000 heures).

Les auxiliaires d'alimentation

Les lampes à décharge nécessitent un amorceur pour l'allumage, un ballast pour maintenir la décharge et stabiliser le courant ainsi qu'un condensateur de compensation pour la correction du facteur de puissance. Aujourd'hui, pour certaines lampes à décharge, tous ces appareillages sont remplacés avec profit par un ballast électronique qui présente les avantages suivants :

- intégration des fonctions d'amorçage, de stabilisation et de correction du facteur de puissance ;
- maîtrise des surtensions du réseau ;
- réduction de 5 à 10 % de la consommation totale de la lampe et du ballast à flux équivalent ;
- gradation lumineuse possible, pour certains ballasts, soit par palier, soit en continu.

Comme les ballasts électroniques prolongent la durée de vie des lampes, les interventions d'entretien (changement des lampes) sont moins fréquentes. Les coûts de maintenance s'en trouvent d'autant plus réduits, et la solution qui apparaissait au départ la plus coûteuse se révèle la plus rentable au bilan global.

Les systèmes de gestion

Les systèmes de commande délivrent les ordres d'allumage et d'extinction à l'armoire de commande et pilotent éventuellement la modification de régime d'un groupe de foyers lumineux. L'organe de régulation et de modulation peut être placé au niveau de l'armoire de distribution ou des foyers lumineux. Les

régulateurs de tension améliorent la durée de vie des lampes et réduisent l'augmentation de puissance consommée qui résulte des surtensions nocturnes.

Les régulateurs variateurs de tension diminuent la tension jusqu'à une valeur dite "économique".

Il existe d'autres dispositifs abaisseurs de puissance tels que les réducteurs de puissance par impédance additionnelle dans le circuit de l'appareillage, les générateurs HF, les systèmes dits "à induction" qui alimentent les lampes en haute fréquence.

Les horloges commandent les allumages et extinctions à des heures déterminées. Les interrupteurs crépusculaires (cellules) mesurent la quantité de lumière du jour et déclenchent l'éclairage à partir d'un seuil assigné. Moins sensibles aux dérives et aux salissures les calculateurs astronomiques (radio-synchronisés) permettent de gérer plus finement les moments et durées d'allumage.

La commande centralisée, par fil pilote, courant porteur ou radio, permet de gérer un assez grand nombre de points lumineux. Le pilotage s'effectue par un interrupteur crépusculaire, une horloge, un automate programmable ou un simple contacteur.

Ces systèmes, bien adaptés au projet, permettent de réaliser de 5 % à 10 % d'économie.

Les systèmes de télésurveillance consistent à transférer les informations entre un point de commande du réseau d'éclairage public et le gestionnaire, afin de connaître les dysfonctionnements en temps réel ou différé.

L'utilisation de tous ces dispositifs est conditionnée par une étude particulière à chaque projet permettant de valider les conditions techniques de leur installa-

tion (compatibilité de fonctionnement avec certaines lampes, niveaux d'éclairement réduits) et économiques (coût du matériel, économie d'énergie réalisée, calcul du retour sur investissement).

2. Maîtrise des coûts de maintenance

Pendant la durée de vie d'une installation d'éclairage, le niveau d'éclairement décroît de manière progressive en raison de la baisse du flux des lampes, de l'accumulation des poussières sur le système optique du luminaire (réflecteur, vasque) et du vieillissement de l'installation. La prise en compte de cette dépréciation est faite au moyen du facteur de maintenance (rapport entre l'éclairement moyen à maintenir et l'éclairement moyen à la mise en service de l'installation) et du plan de maintenance. Un facteur de maintenance élevé, associé à un programme de maintenance spécifique, contribue à réaliser des projets d'éclairage efficaces.

Entretien des luminaires

Afin de maintenir les performances photométriques du luminaire qui diminuent dans le temps, il est nécessaire de choisir des luminaires fermés et dont l'indice de protection contre la pénétration des poussières et de l'eau soit au moins égal à 65 (IP65) et de procéder au nettoyage des luminaires régulièrement à intervalles fixés selon le type d'environnement (il existe aujourd'hui des vasques moins sujettes aux salissures).

Remplacement des lampes défectueuses

Le remplacement des lampes doit s'effectuer de manière groupée au moment où le nombre de lampes à remplacer est significatif et le niveau d'éclairement est proche de celui requis par la norme. Entre deux remplacements systématiques (tous les deux ou trois ans avec des lampes sodium haute pression), il conviendra de remplacer les lampes hors service. Ce remplacement systématique, défini contractuellement dans un plan de maintenance, doit normalement comprendre les opérations d'entretien qui s'imposent :

- le nettoyage du luminaire en particulier du système optique ;
- la vérification de la fixation de la lampe ;
- la vérification de l'état mécanique (la qualité de la fixation du luminaire sur son support et de la vasque au corps du luminaire) et électrique (l'état de serrage des connexions) du luminaire, de l'appareillage auxiliaire.

Coût de la maintenance préventive et corrective

Une maintenance préventive assurée régulièrement permet d'éviter, dans une certaine mesure, les interventions de maintenance corrective toujours coûteuses à cause des moyens en personnels et matériels à mettre en œuvre inopinément. Par ailleurs, certaines dépenses doivent être envisagées pour maintenir les installations en bon état. Elles peuvent être prévues dans le cadre des contrats



Parc Gramont, Rouen. Concepteur lumière : Roger Narboni, Agence Concepto ; paysagiste : Jacqueline Osty.

ou faire l'objet de programmation exceptionnelle. Il peut s'agir notamment :

- du diagnostic d'état des ouvrages ;
- de la campagne de mesures électriques ;
- de la remise en peinture des candélabres.

1 Gilles Jollivet, directeur de l'agence administration et tertiaire public, EDF.

2 Voir annexe p. 62.

3 Voir Sites Internet p. 72.

4 Norme NF EN 60-598 relative aux luminaires.

Directive 2000/55/CE du Parlement européen et du Conseil du 18 septembre 2000 établissant des exigences de rendement énergétique applicables aux ballasts pour l'éclairage fluorescent.

Directive 2005/32/CE du Parlement européen et du Conseil du 6 juillet 2005 établissant un cadre pour la fixation d'exigences en matière d'écoconception applicables aux produits consommateurs d'énergie et modifiant la directive 92/42/CEE du Conseil et les directives 96/57/CE et 2000/55/CE du Parlement européen et du Conseil.

Directive 2006/32/ce du Parlement européen et du Conseil du 5 avril 2006 relative à l'efficacité énergétique dans les utilisations finales et aux services énergétiques et abrogeant la directive 93/76/CEE du Conseil.

Décret n° 2001-1131 du 28 novembre 2001 relatif au rendement énergétique des ballasts destinés à l'éclairage fluorescent.

5 Voir Annexe p. 68 et glossaire p. 69.

Des installations spécifiques

“Adapter la ville, à la fois à ses habitants et à ses visiteurs, est une démarche qui nécessite de tenir compte du point de vue des usagers de l’espace public urbain”¹

Qu’il s’agisse d’équipements sportifs de plein air, d’expériences spécifiques comme celles de Lyon dédiées aux personnes malvoyantes, une installation d’éclairage extérieur doit tenir compte de la réglementation en vigueur et du confort de l’usager afin d’apporter les solutions les mieux adaptées et limitant les nuisances lumineuses.

1. Les installations sportives

Selon l’enquête nationale sur les équipements sportifs dans l’enseignement supérieur (universités, INP, écoles et instituts et IUFM) de 2000/2001, réalisée par le ministère de la jeunesse, de l’éducation et de la recherche, près des 2/3 des installations sportives de plein air recensées, appartenant aux établissements, ne possédaient pas, à l’époque, d’éclairage. Pour réaliser une installation d’éclairage efficace,

quelques points essentiels doivent être considérés :

- **optimiser la perception visuelle** : les informations utilisées durant les manifestations sportives doivent être perçues facilement et sans aucune gêne pour les joueurs. Il faut donc choisir des luminaires à faible luminance et éviter leur implantation dans l’axe longitudinal de la surface d’évolution ;
- **garantir un bon confort visuel** : il dépend des niveaux d’éclairement, de l’indice de rendu des couleurs ($IRC \geq 65$ est recommandé dans la norme européenne² NF EN 12193-1999, mais la valeur 80 est préférable) ;
- **maintenir les performances de l’installation d’éclairage** : les niveaux d’éclairement indiqués dans la norme sont à maintenir, ce qui veut dire qu’un certain nombre d’opérations d’entretien (changement systématique des lampes et nettoyage des luminaires) doit être effectué pour que l’installation conserve ses caractéristiques initiales.

Il est recommandé de respecter les prescriptions de la norme EN 12193 relatives à l'éclairage des installations sportives. Elle donne les niveaux et uniformités d'éclairement, les critères de contrôle des éblouissements et indices de rendu des couleurs minima ainsi que les maillages nécessaires à l'exécution des calculs et des contrôles précisés pour chaque catégorie de niveau de pratique.

Comment lire les tableaux d'éclairement ?

Les niveaux d'éclairement donnés dans les tableaux correspondent à des valeurs à maintenir et s'appliquent à l'aire principale (notée PA) et attachée mais non nécessairement confondue avec les limites des tracés de jeu. Cependant, lorsqu'une aire totale (TA) est spécifiée pour des conditions de sécurité de déplacement des joueurs, ces exigences d'éclairement doivent, en complément, atteindre au minimum 75 % de celles de l'aire principale pour le sport considéré.



Pour chaque sport, des valeurs d'éclairement sont recommandées selon le niveau de pratique.

Pour certaines pratiques sportives, les prescriptions de l'éclairage figurent dans un règlement particulier, il est préférable de contacter la fédération sportive concernée. Pour quelques sports, il existe une variation des dimensions de l'aire de jeu qui affecte le nombre de points du maillage. Des dimensions typiques minimales et maximales sont alors données dans les tableaux avec les nombres de points correspondants.

Les différents niveaux de pratique sont répertoriés en classes

Auparavant, dans la norme nationale, les éclairages étaient donnés pour chaque sport selon le niveau de pratique avec la terminologie suivante : loisir, entraînement, compétition nationale, compétition internationale. La norme européenne a donné une simplification catégorielle : en fait, les limites entre les différents niveaux de pratique sont moins définitives, ce qui correspond davantage à la réalité et aux classifications utilisées précédemment dans les pays membres et par les fédérations.

- **La classe I** correspond au niveau le plus élevé de compétition (compétitions internationales ou nationales) qui, généralement, concerne les installations ayant une grande capacité de spectateurs et de grandes distances de vision. L'entraînement de très haut niveau peut aussi être intégré dans cette classe.
- **La classe II** est relative à la compétition régionale ou locale et concerne des installations de capacité moyenne. L'entraînement de haut niveau peut aussi y être intégré.

- La classe III concerne un faible niveau de compétition comme les rencontres locales qui n'impliquent pas la présence de spectateurs ou un niveau général de pratique comme l'entraînement, les loisirs, les sports scolaires.

2. Éclairage pour personnes malvoyantes

Le recensement annuel des étudiants en situation de handicap par le ministère de l'éducation nationale montre que, pour l'année universitaire 2004-2005, les déficients visuels représentent 16,2 % du total des étudiants handicapés dans les universités.

Rappelons, par ailleurs, que l'arrêté du 1^{er} août 2006 relatif à l'accessibilité aux personnes handicapées des établissements recevant du public ou d'installations ouvertes au public, stipule dans l'article 2 que "[...] le cheminement accessible permet notamment à une personne ayant une déficience visuelle ou auditive de se localiser, s'orienter et atteindre le bâtiment en sécurité et permet à une personne ayant une déficience motrice d'accéder à tout équipement ou aménagement donné à l'usage.

Lorsqu'il existe plusieurs cheminements, les cheminements accessibles sont signalés de manière adaptée. Les principaux éléments structurants du cheminement doivent être repérables par les personnes ayant une déficience visuelle [...]."

L'article 14 du même arrêté concernant les dispositions relatives à l'éclairage donne des niveaux d'éclairement à respecter sur les cheminements.

L'expérimentation de Lyon

À l'initiative de Marc Fontoynt, directeur du laboratoire sciences de l'habitat, ENTPE de Lyon, et avec la participation de la Ville de Lyon, l'INSERM, EDF et le CERTU, une étude a été conduite à Lyon qui a proposé, en collaboration avec le Comité Louis Braille, une expérience inédite jusqu'alors en France dont le but est d'améliorer l'éclairage urbain et les contrastes pour les personnes malvoyantes.

L'expérimentation s'est déroulée en 2005 sur un site aménagé à Lyon, avenue du Maréchal Foch, entre le cours Franklin Roosevelt et la rue Sully. De nombreux éclairages ainsi que différents contrastes de signalétique et mobilier urbain ont été testés pendant plusieurs mois. La coordination de l'opération a été effectuée par le bureau d'études Ingélux. 73 personnes, dont 62 malvoyantes et 11 bienvoyantes, toutes volontaires, ont expérimenté le dispositif.

"En interrogeant les personnes testées, explique Marc Fontoynt, nous nous sommes aperçus que l'éclairage jouait un rôle très important dans la vie sociale des personnes malvoyantes, un manque de lumière, de signalétique, les rend très vulnérables et, du coup ne se sentant pas en sécurité, elles ont tendance à rester chez elles et à ne plus sortir le soir tombé."

Les exigences visuelles des personnes malvoyantes

Ces constats corroboraient les résultats du rapport de décembre 2004, de l'Observatoire régional de la santé des Pays de Loire, fondé sur l'exploitation des données de l'enquête Handicap-Incapacité-Dépen-

dance (1998-1999) qui mettaient en évidence les incapacités du déficient visuel en fonction des tâches à accomplir, notamment 45 % concernaient les difficultés de déplacement à l'extérieur.

Pour Christian Corbé, premier vice-président de l'AFE, directeur de l'institution nationale des Invalides, *"l'éclairage est bien entendu à même d'être un facteur essentiel dans l'optimisation des moyens d'information nécessaire à une tâche donnée en fonction des conditions variables d'environnement extérieur ou intérieur, photopique, scotopique ou mésopique"*³.

Les pistes de réflexion de l'expérimentation de Lyon

Deux parcours d'une demi-heure ont été mis en place par Ingélux. Les personnes présentant diverses déficiences visuelles empruntaient ces parcours le soir vers 20 h, au moment où les magasins sont encore éclairés et étaient amenées à s'exprimer sur leur perception de l'espace au fur et à mesure de leur déambulation. Sans parler encore de résultats, Ingélux a cependant pu tirer plusieurs pistes de réflexion, notamment l'importance de l'uniformité : la limitation des contrastes au sol est demandée par les personnes bienvoyantes et malvoyantes, et ces dernières ont également besoin d'un meilleur repérage des obstacles. Les deux catégories de personnes trouvent peu d'intérêt au balisage au sol.

Antoine Bouchet, directeur du service technique de l'éclairage public de la Ville de Lyon, envisage de transformer cette expérience en installation pérenne dans plusieurs quartiers de Lyon au fur et à mesure de la rénovation de l'éclairage. *"Même si on ne peut*



Perception par des personnes bienvoyantes.

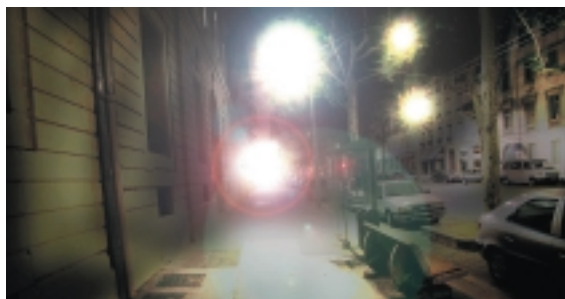


Illustration d'une caractéristique de déficience visuelle : hypersensibilité à la lumière.

pas encore en tirer de véritables préconisations, explique Christophe Marty, consultant lumière naturelle et artificielle, Ingélux, *nous pouvons proposer des solutions qui mettent en œuvre un bon guidage visuel et surtout une bonne uniformité d'éclairage et de luminance*".

3. Les nuisances dues à la lumière

Les astronomes ont été les premiers à se plaindre des gênes occasionnées par l'éclairage public lors de l'observation du ciel la nuit, puis les écologues ont remarqué l'influence de la lumière sur la vie de la faune et

la flore. La Commission internationale de l'éclairage (CIE⁴) dans la publication n° 126 a souligné l'exigence de réduction du halo dû à l'émission de lumière à travers la pollution gazeuse et les aérosols qui sont présents dans l'atmosphère près des sites urbains.

L'Association française de l'éclairage (AFE) a décidé de porter plus loin cette réflexion en proposant un guide co-rédigé par l'ensemble des acteurs. *“Les lumières indésirables (phénomènes gênants dus aux installations d'éclairage extérieur) peuvent nous empêcher de percevoir certaines choses ou être à l'origine d'inconfort visuel, soit parce que nous recevons de la lumière là où nous ne souhaitons pas en avoir (lumière intrusive), soit parce que nous percevons une source de lumière indésirable dans notre champ de vision (éblouissement)”*, précise Bernard Duval, délégué général de l'AFE.

Les composantes du halo nocturne

Le halo artificiel des installations d'éclairage est créé par le rayonnement direct vers le ciel des lampes et des luminaires (lumière débordante) et par le rayonnement dû à la lumière réfléchie par les surfaces éclairées et leurs abords. C'est ce dernier paramètre qui fait toute la différence avec l'analyse de la CIE qui, elle, ne prend en compte que le rapport du flux sortant des luminaires (ULR : *upward light ratio*) émis dans l'hémisphère supérieur au flux total sortant des luminaires.

Jacques Lecocq, représentant français au groupe de travail TC 520 de la CIE, responsable recherche et développement en éclairagisme, Thorn, a été conduit dans ses recherches à considérer en plus le flux réflé-

chi par la surface principale qui reçoit un éclairage (surface que l'on souhaite éclairer) et le flux réfléchi par la surface des abords de la surface éclairée. Ce paramètre, l'UFR (*upward flux ratio*) permet de bien dissocier la part de lumière indésirable due à la distribution lumineuse des luminaires de celle qui provient de la réflexion des surfaces éclairées.

Des recommandations plutôt qu'une législation

Si le contrôle lumineux doit être intégré au projet d'éclairage, il peut aussi être intégré au projecteur. Ainsi, les fabricants ont développé des optiques qui permettent de limiter, sans les supprimer, cela va de soi, les lumières indésirables.

Pour Christian Remande, *“C'est à l'AFE de guider les maîtres d'ouvrage dans l'analyse qualitative de l'existant pour conduire au mieux des opérations de rénovation qui tiendront compte des préoccupations environnementales. Un modèle de calcul, qui doit être intégré au projet, permet de sélectionner les solutions d'éclairage afin de maîtriser la lumière émise vers le ciel. Dans ces conditions de projet, les exigences d'éclairage à maintenir dans le temps, contenues dans la norme européenne d'éclairage public (EN 13-201), sont à respecter pour une meilleure gestion des consommations d'éclairage public.”*

1 Eclairages extérieurs, Les nuisances dues à la lumière, Guide 2006, Association française de l'éclairage. Préface de Christian Remande, président du groupe de travail AFE sur la maîtrise des nuisances lumineuses.

2 Voir Sites Internet p. 72.

3 Vision photopique : assimilée à la vision de jour, vision scotopique et mésopique : assimilée à la vision nocturne.

4 Voir Sites Internet p. 72.

5

Les premiers plans Eco-lumière

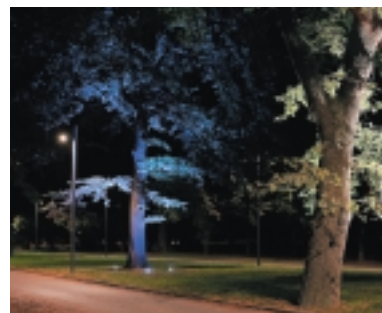
“Nos campus méritent et, le plus souvent, réclament un traitement qui les rende non seulement particulièrement “fréquentables” mais attractifs”¹



Campus de Nanterre



Campus des Cézeaux



Campus de Pau



Campus d'Orléans la Source



Campus de Villetaneuse



Pôle Universitaire de Guyane

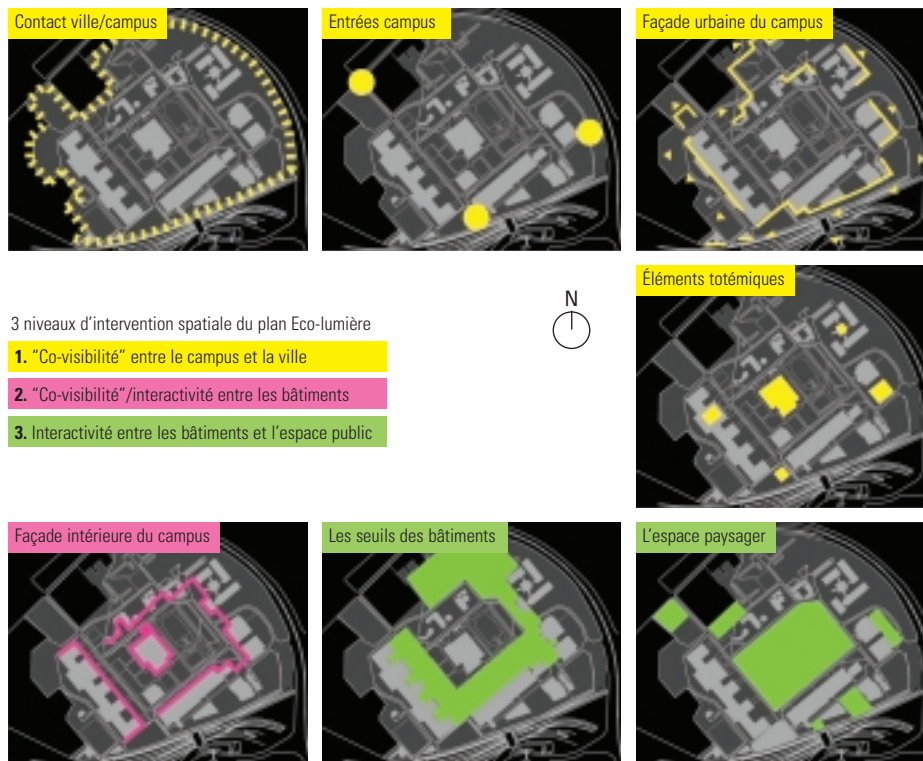
¹ Jean-Marc Monteil, directeur général de l'enseignement supérieur.

Campus de Nanterre

*"Nous avons quatre objectifs principaux : réduire le sentiment d'insécurité, donner une identité spécifique au campus, améliorer la lisibilité des lieux et bénéficier d'une gestion performante de l'éclairage"*¹

Sensible depuis longtemps au développement durable, la division du patrimoine de l'université Paris X a saisi l'opportunité de proposer Nanterre comme site pilote dans le cadre du plan Eco-lumière pour les campus.

Après un diagnostic effectué par REEL², le concepteur lumière Luc Peirolo, SA d'Architecture Luc Peirolo et associés, a défini les éléments du programme lumière du campus.



Synthèse d'éléments de programme du plan Eco-lumière

1. Une démarche de développement durable

L'université Paris X-Nanterre, fondée en 1964 afin de désengorger la Sorbonne, est située dans le prolongement de l'axe de La Défense, au cœur de l'un des secteurs de l'Ouest de l'Île-de-France qui est appelé à connaître de fortes mutations à venir. Elle comprend un vaste campus, situé à deux kilomètres de La Défense et à cinq kilomètres de Paris, qui compte 2 000 enseignants-chercheurs, 700 personnels administratifs et techniques et 35 000 étudiants. Avec ses 30 hectares, Nanterre constitue une sorte de ville dans la ville. L'université compte 22 bâtiments représentant une surface totale de 150 000 m², la résidence universitaire du CROUS de Versailles est composée de 4 bâtiments avec une capacité de 1 400 chambres. Pour Mohamed Hechelef, chef de la division du patrimoine, l'engagement de Nanterre comme site pilote dans le plan Eco-lumière obéissait à un raisonnement logique : *“nous avons toujours essayé de mobiliser nos partenaires, l'État, la région, les collectivités*



À droite, le restaurant universitaire. En arrière-plan, la bibliothèque universitaire.

locales dans une démarche HQE, par conséquent, il nous a paru intéressant de participer au programme Eco-lumière pour les campus. Nous entreprenons à l'époque, soit en 2000, le réaménagement du campus et l'éclairage en était une composante importante. Conscient des enjeux et de l'intérêt que présente le développement durable pour ses actions sur le patrimoine, l'université Paris X a décidé de s'inscrire dans une démarche volontariste en mobilisant nos partenaires”.

2. La problématique urbaine, campus ou quartier ?

L'Université a défini dans le cadre du plan U3M quatre opérations majeures apportant les réponses les plus urgentes : un bâtiment des services logistiques, des locaux d'enseignement et de recherche pour l'UFR STAPS, une maison des étudiants, un bâtiment des langues et des nouvelles technologies. Retenus au titre du CPER 2000-2006, ces projets devaient s'inscrire dans un schéma global. Une réflexion sur les relations de l'université avec son environnement a abouti à l'élaboration du schéma directeur d'aménagement du campus par Christian Devillers, architecte-urbaniste³. Ses axes d'orientation ont pour objectif de :

- rééquilibrer les flux de circulation piétonnière par la réalisation des bâtiments de l'UFR STAPS et des langues à l'Ouest du campus ;
- introduire la notion d'espace public à l'intérieur du campus : le mail “réseau vert” ;

- limiter la circulation et les espaces de stationnement au Nord du campus en dotant la résidence universitaire d'un accès propre.

Réinsérer l'université dans l'urbanité est une problématique essentielle qui passe par l'aménagement de ses franges comme l'a souligné Philippe Michel, chargé du sdal Seine-Arche.

Le projet urbain Seine-Arche visant à désenclaver le grand territoire derrière La Défense et à réarticuler ses différentes entités, la réalisation du pôle multimodal Nanterre-Université et d'une nouvelle gare vont profondément modifier les abords de l'université et créer ainsi de nouveaux points de contact avec la ville.

Rendre lisible l'identification du campus par rapport aux quartiers environnants, définir une meilleure articulation entre les deux sdal pour assurer une cohérence d'ensemble et faire ressortir la spécificité du campus, équipement public de haut niveau, qui ne peut être considéré comme un simple quartier composant la ZAC Seine-Arche, tels sont les enjeux de la démarche engagée.

Le plan Eco-lumière doit donner une image nocturne à la hauteur de la qualité des espaces récemment rénovés.

3. Le diagnostic éclairage

La première étape du projet a consisté à dresser un état des lieux des équipements éclairage. Le diagnostic de l'existant, effectué par REEL, a montré que l'éclairage extérieur était dans l'ensemble très vétuste, mal réparti, peu présent à certains endroits (périmètre de la résidence universitaire), avec des



Le mail vers la future entrée du campus et la nouvelle gare Nanterre-Université.

lampes énergivores, des équipements hétérogènes, à géométrie routière.

Cette première approche a permis à la division du patrimoine de définir un cahier des charges relatif à l'éclairage et qui s'inscrivait dans la poursuite de l'amélioration du cadre de vie. Les priorités ont ainsi été définies :

- réduire le sentiment d'insécurité existant le soir dans le campus, les cheminements étant pour la plupart dans l'ombre et les abords des bâtiments peu ou pas du tout éclairés ;
- créer une identité spécifique au campus la nuit en soulignant les nouveaux aménagements paysagers ;
- améliorer la qualité de la vie en augmentant la lisibilité et la perception de l'environnement et des personnes ;
- maîtriser les consommations d'énergie, via, entre autres, des dispositifs de régulation de tension et un choix de matériels performants, afin de permettre une meilleure gestion de l'installation d'éclairage et de réaliser des économies d'énergie de l'ordre de 30 % ;

- contribuer à assurer le lien entre le campus et la ville ;

- limiter les nuisances lumineuses.

Le diagnostic de REEL et le cahier des charges ont permis de lancer un programme lumière réalisé par Luc Peirola, concepteur lumière.

4. L'évaluation de l'image nocturne du campus

Avant d'aborder le programme lumière, un aperçu de l'image nocturne actuelle du campus est indispensable pour mieux comprendre les enjeux du plan Eco-lumière de Nanterre.

"La nuit, le campus est globalement plongé dans l'ombre, explique Luc Peirola, les entrées du campus, les halls d'entrée, les bâtiments sont mal ou peu éclairés, l'éclairage est monofonctionnel ne tenant aucun compte des autres dimensions de la lumière. Le paysage est sinistre, lugubre aux abords de la zone résidentielle." La photographie du campus de nuit est peu engageante, contribuant au sentiment d'insécurité. Quelques éclairages ont pourtant été réalisés ici et là, sans liaison aucune les uns avec les autres, utilisant des matériels disparates avec des optiques peu efficaces, des sources énergivores, des niveaux d'éclairement trop élevés, par exemple sur des axes mineurs, ou au contraire trop faibles, notamment sur les parcs de stationnement et un manque d'uniformité d'éclairement général. *"La nuit du campus est noire, vide et inquiétante où règnent sentiment d'insécurité et inconfort visuel",* conclut Luc Peirola.

5. Le programme lumière

Pour répondre au cahier des charges de la division du patrimoine, Luc Peirola a situé le plan Eco-lumière du campus dans une perspective environnementale, écologique, économique et sociale. Sa réflexion porte sur les interventions possibles sur le paysage, les différentes temporalités du projet urbain afin de restructurer le campus pour lui donner visibilité et identité, améliorer la qualité de vie, le confort et bien sûr la sécurité.

Les défis du projet

Il est essentiel, pour le concepteur lumière, que dans un premier temps le programme rééquilibre la vision nocturne du campus dans la perspective du grand paysage de Nanterre. Dans ce contexte, le projet doit relier entre eux les différents éléments mis en lumière, établir une communication fondée sur un principe de "co-visibilité" qui doit se poursuivre au-delà du campus, jusqu'à la ville toute proche. Le plan lumière doit accompagner étape par étape le réaménagement urbain du campus à travers la mise en œuvre de matériels (luminaires et lampes) performants.

En liaison avec les principales directions de l'aménagement urbain, le programme lumière préconise les recommandations suivantes :

- conserver et mettre en valeur les relations visuelles depuis l'université vers la Défense (Est) puis vers la Seine (Ouest) ;
- marquer la limite de l'espace entre la ville et l'université tout en établissant la continuité des espaces publics ;

- valoriser le mail Est/Ouest, de la gare RER jusqu'à l'entrée Ouest et traiter la voirie du campus comme un "réseau de rues" ;
- signaler chacune des fonctions universitaires et résidentielles ;
- créer une "façade urbaine" pour l'université le long de la rue de la Folie ;
- constituer une véritable façade intérieure au campus autour du carré central ;
- mettre en évidence les qualités paysagères en veillant à l'unité du mobilier urbain, des luminaires et du mobilier signalétique.

Les étapes du projet

Le programme défini par Luc Peirola, dont la mission comprend l'élaboration du sdal puis de la charte lumière, définit trois critères permettant de sélectionner les "ensembles" à mettre en lumière :

- le "principe actif" qui prend en compte la valeur d'usage qui confère un sens, une image à l'espace public ;
- le "cadre", c'est-à-dire le nombre de bâtiments et les éléments de l'espace public qui permettent de définir les seuils des zones à traiter ;
- "l'emplacement" dans lequel s'inscrivent les éléments définis précédemment.

Les performances

Le programme tient compte des exigences du plan Eco-lumière relatives à la maîtrise de l'énergie et au développement durable.

Ainsi, les préconisations incitent-elles à choisir des luminaires aux optiques performantes, des lampes à haute efficacité lumineuse (principalement des lampes aux iodures métalliques à brûleur céramique), des ballasts électroniques pour leur faible consommation et les possibilités qu'ils offrent ultérieurement de mettre en place une gestion centralisée de l'ensemble du site.

Cette gestion de l'installation portera essentiellement sur la mise en œuvre, notamment :

- du contrôle des régimes de fonctionnement ;
- de variateurs de tension pour pouvoir réguler les niveaux d'éclairement en fonction des heures de la nuit, des saisons, etc. ;
- de la vérification de l'état de l'installation (lampes et ballasts défectueux) pour effectuer les opérations d'entretien rapidement.

L'étude prévoit l'établissement d'un programme de maintenance pour le remplacement systématique des lampes et le nettoyage des luminaires.

L'ensemble du projet s'inscrit dans une démarche de développement durable qui permettra de maîtriser l'énergie, contrôler l'éclairage, améliorer la qualité de l'environnement et *"accompagner les étudiants dans leur vie de tous les jours jusqu'à l'intérieur des bâtiments, y compris les étudiants résidents"*⁴.

1 Mohamed Hechelef, chef de la division du patrimoine de l'université Paris X, Nanterre.

2 Huguette Annas Saint-Yves, architecte DPLG, expert lumière, REEL.

3 B. d'Albas, paysagiste et L. Schlumberger-Guedj, programmeur étaient associées à Ch. Devillers.

4 Cf. note 2.

Campus des Cézeaux

*“La lumière est bien plus qu’un simple usage électrique.
Elle est indispensable à tout équilibre”¹*

Pour apprécier le plus possible les sensations et les effets que peut procurer la lumière, il est essentiel de connaître les techniques de l’éclairage artificiel. Leur connaissance et le choix des matériels permettent d’appréhender plus facilement la mise en lumière du paysage nocturne et

de l’apprécier comme un champ agréable de découverte et de déambulation. Le campus des Cézeaux à Aubière s’est ainsi engagé dans un vaste projet de réaménagement urbain et paysager, incluant un plan lumière conséquent du site. Une opération d’envergure.



Schéma directeur du réaménagement urbain et paysager

- ❶ Les Grandes terrasses, plate-forme du tramway et voirie
- ❷ Mail des Magnolias
- ❸ Cours du tramway
- ❹ Avenue des “Universités”
- ❺ ❻ Le clos Vasarely

- Extensions ou constructions de bâtiments universitaires
- Équipement culturel
- Équipements, activités, commerces ou services
- Logements des ménages
- Logements pour étudiants et chercheurs

1. Le réaménagement urbain et paysager

Les Cézeaux, un campus de 73 ha situé à 6 km de Clermont-Ferrand, sur la commune d'Aubières, accueille 10 000 personnes dont 9 000 étudiants répartis sur deux universités et quatre écoles d'ingénieurs, de nombreux laboratoires de recherche, un restaurant, plusieurs cafétérias, des résidences universitaires. Le projet de réaménagement du campus est lancé en 2002, le recteur d'académie, maître d'ouvrage, en a confié la conduite à la DDE du Puy-de-Dôme (bureau des constructions publiques). L'opération, pilotée par Philippe Skowron, ingénieur régional de l'Équipement, responsable du service des constructions au rectorat de Clermont-Ferrand, est ambitieuse, il s'agit d'une réintégration urbaine du site qui s'articule autour de quatre axes principaux :

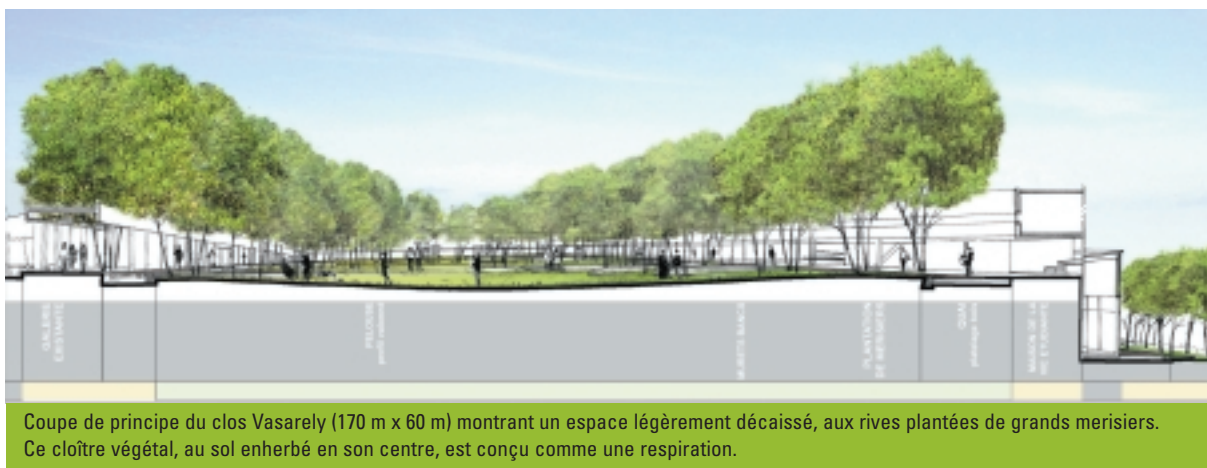
- faire du campus un quartier de l'agglomération clermontoise ;

- rompre la mono-fonctionnalité du campus ;
- organiser la perméabilité du site ;
- renforcer sa lisibilité et son attractivité.

"Cette opération, précise Philippe Skowron, est inscrite au contrat de plan État-région d'Auvergne 2000-2006 financée aux deux tiers par l'État, le dernier tiers se répartissant entre la région d'Auvergne, le département du Puy-de-Dôme, Clermont communauté et le Syndicat mixte des transports en commun."

Le projet s'appuie sur la traversée du campus par le tramway clermontois. Il comporte deux volets qui font l'objet de démarches et réflexions simultanées :

- la réalisation d'aménagements visant à rationaliser et humaniser les espaces ;
- la préparation de l'arrivée sur le site de pôles de vie, après identification de réserves foncières destinées à l'implantation de différents éléments de programme : logements non étudiants, équipements, commerces et services.



Coupe de principe du clos Vasarely (170 m x 60 m) montrant un espace légèrement décaissé, aux rives plantées de grands merisiers. Ce cloître végétal, au sol enherbé en son centre, est conçu comme une respiration.

Le schéma directeur d'aménagement

À la suite d'un concours de paysage et d'urbanisme, la maîtrise d'œuvre de l'opération a été confiée au groupement CAP paysages, paysagistes, mandataire / Reichen et Robert, architectes urbanistes / Ingerop, BET. Le schéma directeur d'aménagement, établi par cette équipe, propose une reconstruction du paysage et une organisation urbaine du site et édicte, à cette fin, des prescriptions que la municipalité d'Aubière s'est engagée à intégrer dans son plan local d'urbanisme (PLU).

Le campus, depuis sa création dans les années 1960, a vu de nouvelles constructions s'ajouter les unes aux autres, de nouveaux cheminements piétons ou voies de circulation de véhicules sont apparus, certains bâtiments ont été rénovés, le paysage urbain du campus s'est sensiblement transformé, de façon hétérogène et désordonnée. Le réaménagement paysager prévoit de donner un autre souffle à ces vastes espaces (pas toujours verts) dont la fonctionnalité n'est plus pertinente depuis longtemps. Le projet de CAP paysages comprend dans un premier temps la rénovation du cœur du campus avec, en point d'orgue, la végétalisation de la place Vasarely, dont les dalles, usées par le temps, ont avalé l'œuvre graphique de l'artiste. La deuxième phase ne pourra être engagée qu'après l'arrivée du tramway : aménagement d'allées piétonnes, de pelouses, de voies de circulation, d'espaces verts. C'est tout le campus qui doit changer de physionomie, plus qu'un lifting, il s'agit d'une opération chirurgicale qui redonnera au site le dynamisme et la convivialité répondant aux attentes spécifiques de ses occupants.



Les 18 hectares d'espaces extérieurs du campus sont constitués pour partie de prairie et de pelouse.

Les nouveaux pôles de vie

Comme le demandait le programme du concours, un certain nombre de réserves foncières ont été prévues au schéma directeur pour accueillir :

- environ 230 logements à destination des ménages : type d'habitat proposé proche de la maison de ville, à haute qualité environnementale, réparti en îlots, avec une attention particulière aux espaces publics et aux liaisons ;
- une crèche ;
- un équipement culturel d'intérêt communautaire, en bordure de la place Vasarely, en complète cohérence avec les orientations du schéma directeur du campus ;
- une hôtellerie pour l'accueil de séminaires ;
- des activités, commerces et services ;
- quelques extensions de bâtiments universitaires.

"En ce qui concerne les logements, explique Philippe Skowron, la commune d'Aubière réfléchit actuellement à la possibilité de faire inscrire cette opération dans un programme de zone pilote pour l'habitat

(ZPH). Ce dispositif, mis en place par Clermont communauté, vise notamment des territoires en mutation (ce qui est le cas du campus des Cézeaux) au sein des communes de l'agglomération en déficit de logements sociaux par rapport aux quotas exigés par la loi SRU (ce qui est le cas d'Aubière)."

La conception lumière

La maîtrise d'ouvrage a pensé, dès l'origine du projet, que la mise en lumière constituait un élément important du réaménagement du campus, mais elle n'avait pas traduit très précisément cette préoccupation dans son programme. De ce fait, au niveau des rendus du concours, la conception lumière était insuffisamment abordée. L'engagement dans la démarche "Plan Eco-lumière dans les campus", à l'initiative de Philippe Skowron et Christian Louat, responsable du service universitaire en charge de la gestion du site des Cézeaux, a permis de bénéficier de l'aide méthodologique d'EDF. Un concepteur lumière a pu ainsi être retenu sur la base du complément de programme proposé par l'expert REEL¹.



Le grand mail, future avenue des "Universités", avant travaux.

2. L'étude préalable

Une première analyse, effectuée dans le cadre de l'expertise, a donné trois orientations à l'approche éclairage du campus : sécurité, confort et ambiance.

Bien que le campus des Cézeaux ne soit pas particulièrement concerné par des problèmes d'insécurité, des actions de protection des personnes et des biens à l'aide de l'éclairage, en particulier dans les allées piétonnes, les espaces verts et aux abords des bâtiments, permettront de rassurer les usagers.

Le confort visuel pourra être assuré par l'obtention de niveaux d'éclairement adaptés à chaque zone, une lumière diffusée de manière homogène et un éblouissement contrôlé.

Les éléments végétaux et architecturaux, révélés par la lumière, contribueront à créer des ambiances distinctes tout en renforçant l'identité du site.

L'état des lieux

Des candélabres disparates, des "boules" lumineuses souvent hors service, des espaces entièrement plongés dans le noir, 254 points lumineux pour 60 ha, 1 lux au sol sur des parkings, 2 lux sur la place Vasarely... d'un hectare, contribuent à créer une atmosphère inquiétante. Aucune identité lumineuse dans ce paysage nocturne où seules se détachent les zones de proximité des bâtiments neufs.

La diversité des candélabres installés évoque un catalogue qui regrouperait les matériels des 30 dernières années... Les lampes ne sont pas mieux loties : ballons fluorescents avec un indice de rendu des couleurs faible (de 40 à 55).

La requalification de la lumière

Forte de ce constat, Huguette Annas Saint-Yves¹ propose dans son étude préalable de requalifier la lumière en fonction de chaque zone, tout en obéissant à des principes de base d'éclairagisme. Il ne s'agit pas de ponctuer l'espace de tâches lumineuses, ni de se contenter de relever les niveaux d'éclairage, mais d'abord et surtout d'analyser chaque espace afin de lui apporter une solution lumière adaptée, efficace et économique.

3. Les composantes du plan lumière

C'est le traitement des différents espaces défini par le projet de CAP paysages qui a permis d'établir le plan lumière. Ses grandes lignes en ont été tracées par Yves Adrien (Coup d'éclat) et le projet d'éclairage a été confié à Stéphane Servant et Corinne Galerne (IXO, agréé Greenlight²).

Le projet d'éclairage

La mission de maîtrise d'œuvre lumière comprend les études d'avant-projet sur l'ensemble de la première tranche des aménagements paysagers et, pour la partie mise en scène, les études de projet.

L'éclairage de la première tranche, prévu en 2007, concerne les espaces du cœur du campus : le clos et le cours Vasarely, le cours des Grandes Terrasses, le mail des Magnolias seront éclairés par 170 lampadaires, encastrés de sol et projecteurs. Les lampa-

La place Vasarely avant son réaménagement.



À droite, la bibliothèque universitaire, au fond les amphithéâtres.



En arrière-plan, le bâtiment de mathématiques, à droite, la galerie couverte.



La bibliothèque universitaire et sa galerie.

dares des cours, sont de 4,30 m et 5,50 m, tandis que ceux du clos Vasarely font 10 m de haut, ils sont tous équipés de lampes aux iodures métalliques de 70 W ou 150 W.

Le coût de cette première tranche de travaux a été estimé à 300 000 euros, la deuxième tranche qui comprend le mail piéton au Nord, et les cheminements, à 380 000 euros.

La place Vasarely, sa mise en scène

Située au cœur du campus, non seulement la place est un centre de passage important mais elle représente aussi un lieu de vie essentiel. Point de rencontre, de discussions, de repos, elle doit offrir tous ces choix en termes de lumière à chaque usager qui la fréquente.

C'est l'ensemble de la place (le clos) et ses abords (les cours) qui a été considéré :

- réintroduire un statut urbain par des candélabres de hauteur moyenne le long des cheminements existants ou à créer ;
- éclairer ponctuellement les bâtiments périphériques par des projecteurs, aujourd'hui en hauteur, implantés au sol et orientés sur les façades ;
- travailler les limites visuelles de la place, en préservant une ambiance intimiste en son centre ;
- marquer le végétal au niveau des principaux accès vers la place de façon à créer des appels visuels dans la perspective des cours ;
- concevoir une ouverture visuelle vers le bâtiment de mathématiques et y projeter des trames lumineuses en référence au calepinage de la place conçu par Vasarely.

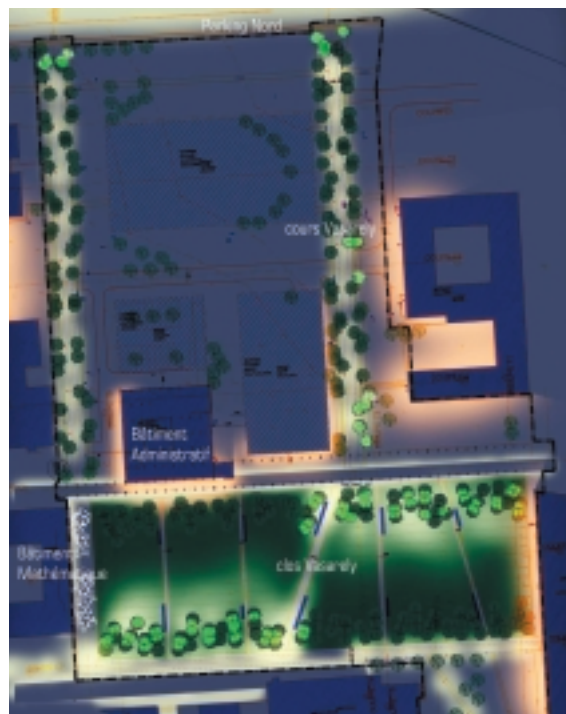


Image nocturne du clos Vasarely. Respect du parti d'aménagement paysager (aucun candélabre ni borne au milieu), traitement asymétrique des cheminements piétons, traitement lumière du bâtiment administratif, renforcement de la présence visuelle du futur équipement culturel.

Les prévisions énergétiques

Les préconisations devraient permettre une maîtrise de la facture d'électricité. La moitié du campus étant pour l'instant plongée dans le noir, il apparaît évident que le nombre de points lumineux va être multiplié par 2 ou 3 lorsque les travaux seront réalisés.

1 Huguette Annas Saint-Yves, architecte DPLG, expert lumière, REEL.

2 Greenlight est un programme européen au travers duquel les organismes privés et publics s'engagent à améliorer leurs systèmes d'éclairage existants afin de réduire les consommations d'énergie. Les installations neuves sont également concernées.

Campus de Pau

"Noir c'est noir... mais il y a de l'espoir"¹

Concilier sécurité et mise en valeur du patrimoine architectural et végétal du campus a été le point de départ du plan Eco-lumière du campus de Pau. Rénover l'éclairage existant, vétuste sur le plan du matériel et dangereux, énergivore quant

aux consommations, devenait une priorité absolue. Au-delà de l'éclairage fonctionnel, la réflexion s'est également portée sur la mise en lumière des bâtiments et des espaces paysagers. Une démarche innovante dans le domaine.

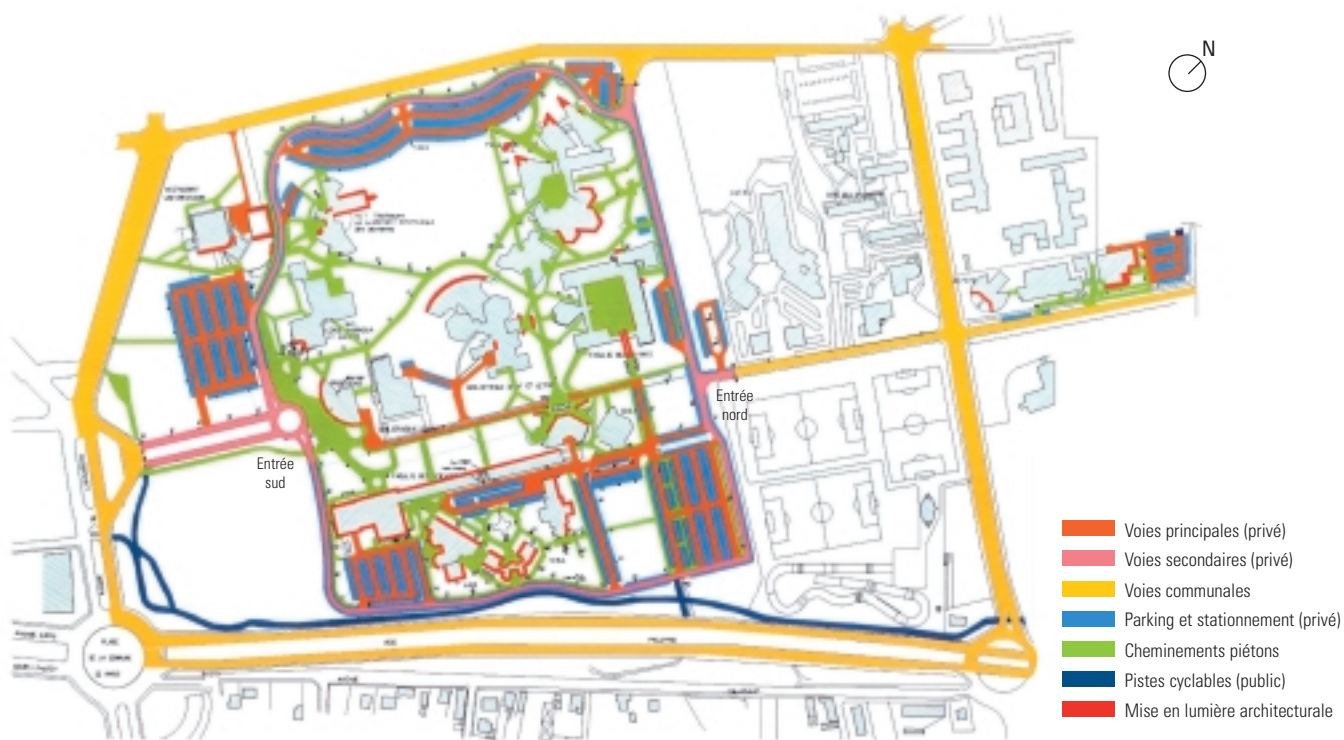
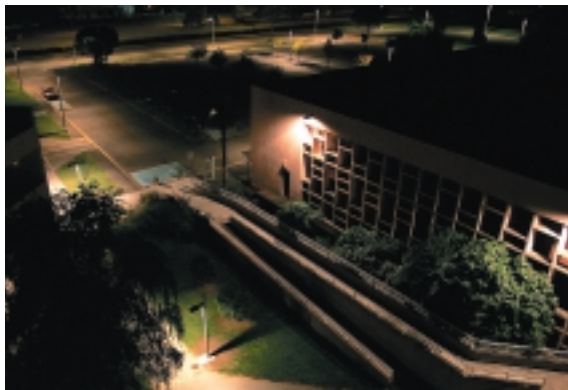


Schéma de hiérarchie des voies

1. Le diagnostic

Dans son "Mot du Président" (de l'université de Pau et des Pays de l'Adour) du 3 février 2005, Jean-Michel Uhaldeborde dressait un tableau, certes pessimiste, mais sans doute réaliste du paysage nocturne du campus de Pau. Après avoir vanté le "charme des magnolias", et "l'harmonie des bâtiments", il soulignait, pragmatique : *"La carte postale a toutefois ses zones d'ombre. Sur le campus de Pau, elles se révèlent à la tombée de la nuit. Il est des endroits tellement sombres que la circulation impose aux conducteurs et aux piétons une attention accrue et où, le soir venu, à tort ou à raison, le manque de vision claire secrète un sentiment de malaise ou d'inquiétude. Des ombres qui passent, de petits attroupements, des bruits inhabituels suffisent à le déclencher. L'éclairage public est de fait déficient. Pire, parfois ce sont les lampadaires qui deviennent des dangers publics car menaçant de s'effondrer. Il en est même qui sont passés à l'acte."* Ce billet d'humeur reflétait



Éclairage des cheminements piétons. À droite, amphithéâtre de la faculté des sciences.

pourtant la réalité : le diagnostic était établi, le soutien financier de l'État acquis et le plan lumière lancé. Le président concluait en ces termes : *"Situé en entrée de ville, le long d'une pénétrante, le campus de Pau pourrait être mieux mis en valeur par un éclairage soulignant l'esthétique du lieu, avant-goût d'une cité apprenante et rayonnante. En pleine lumière et sans excès de lux."*

L'engagement de toute une équipe

Démarrée dès 2002 par Jacques Monségu, directeur du patrimoine, la réflexion s'est immédiatement portée sur l'aspect économique de l'installation : les candélabres dataient, pour les plus anciens, de la construction du campus, 1961, et étaient équipés de ballons fluorescents très énergivores. La vétusté de l'ensemble des matériels installés, voire leur dangerosité, a conduit Jacques Monségu à initier un programme de rénovation de l'éclairage fonctionnel et de mise en valeur du bâti et du végétal.

Toute l'équipe dirigeante se motive alors pour engager une véritable procédure de rénovation de l'éclairage : le président, Jean-Michel Uhaldeborde, le secrétaire général, Christian Horgues, puis Éric Dutil, son successeur et Jacques Monségu s'adjoignent les conseils de Bernard Larrieu, expert lumière REEL.

L'étude préalable

L'analyse de l'existant montre qu'il est non seulement nécessaire d'élaborer un programme qui prend en compte la sécurité des biens et des personnes

ainsi que les coûts énergétiques mais qu'il est aussi essentiel de tenir compte d'un certain nombre de facteurs indispensables à l'établissement d'un projet d'éclairage : qualité de l'éclairement, confort des usagers, plan de maintenance, entretien des installations. Le cahier des charges du projet d'aménagement lumière est alors défini et le campus de Pau devient un des premiers sites pilotes des plans Eco-lumière pour les campus.

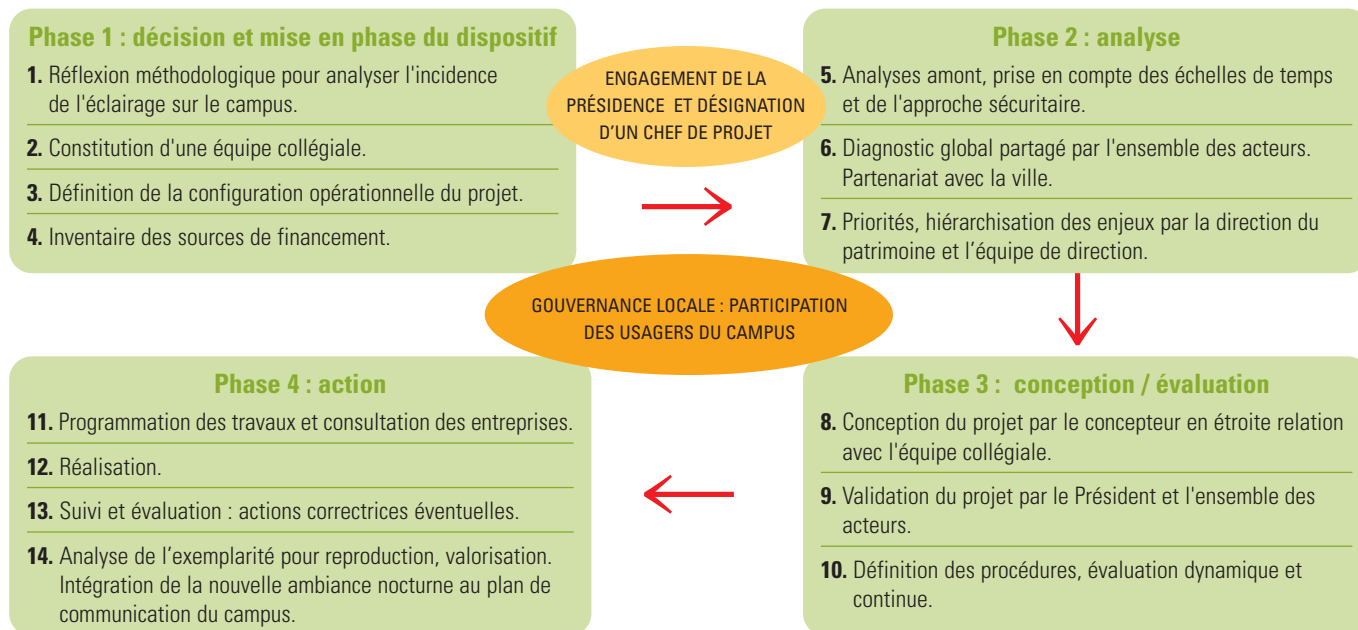
Pour les initiateurs du projet, il faut éviter les solutions "plaquées" et chaque campus doit bénéficier

d'une étude spécifique appropriée au site et répondant à ses besoins. Citélum, mandataire, confie le dossier à Alain Guilhot, concepteur lumière, Architecture Lumière.

2. Les objectifs du plan lumière

L'opération prend de l'ampleur et, de rénovation basique de l'éclairage fonctionnel, le projet englobe désormais l'ensemble du site. *"La remise à niveau de*

Mode de gouvernance du plan Eco-lumière du campus universitaire de Pau



Source : Réflexions - Analyses - Approche méthodologique. Mise en œuvre d'un plan Eco-lumière durable. Université de Pau et des Pays de l'Adour. 24 mars 2005.

Jacques Monségu, directeur du patrimoine de l'université de Pau et des Pays de l'Adour. Bernard Larrieu, expert lumière, REEL.



Éclairage de la voie centrale.

tout l'éclairage public était une priorité, déclare Jacques Monségu, elle a donc figuré comme la première phase des travaux, terminée au cours de l'été 2006. La mise en valeur du bâti et des végétaux viendra tout de suite après. Comme le campus compte 14 bâtiments et couvre une superficie de 26 ha, il est bien évident que la réalisation de cette deuxième phase du projet nécessite des investissements importants et donc prendra quelques années."

À titre d'expérimentation, la maison de l'étudiant, bâtiment réalisé en 2005, a fait l'objet d'une mise en lumière et quelques arbres significatifs ont été mis en valeur lors des travaux d'éclairage public.

Assurer la sécurité des usagers

Les voies de circulation ou de cheminements piétons ont fait l'objet d'une attention particulière. Dans son projet, Alain Guilhot précise : *"l'éclairage constitue aujourd'hui un véritable enjeu. Il est un instrument de valorisation vers les usagers et un témoin objectif de l'attention qui leur est portée"*.

L'objectif est de concilier les besoins de déplacements aisés et sûrs avec des notions de confort visuel et d'intégration dans l'environnement urbain. Outre les voies empruntées par les véhicules, ont été pris en compte les allées piétonnes qui parcourent le campus ainsi que les différents parkings.

Mettre en valeur le patrimoine bâti

Avec plus de 14 bâtiments différents, construits sur une période de 40 ans, faisant côtoyer des styles architecturaux hétéroclites, mêlant des matériaux aussi variés que le béton, la terre cuite, le verre, l'aluminium, le bois, il est difficile de donner une identité lumineuse homogène à tous ces édifices. Chaque bâtiment a donc fait l'objet d'un projet de mise en lumière spécifique, harmonisé avec l'ensemble du campus par le biais de la couleur de lumière utilisée ou des matériels proposés (couleur des candélabres, des lanternes, type de lampes). L'idée était de ne pas multiplier le type de sources afin de simplifier au maximum les opérations de maintenance.

Éclairer le végétal

Proposé par Alain Guilhot, le concept a tout d'abord paru superflu, mais *"les espaces verts constituent une part tellement importante du campus qu'il nous a paru évident d'intégrer cette dimension au projet d'éclairage"*, explique Éric Dutil, secrétaire général. Pelouses, arbustes, arbres, le campus est aussi un parc qui, de nuit, perd son identité. L'éclairage de la végétation peut non seulement contribuer à embellir le site, mais aussi et surtout participer au guidage

visuel, une fois que la nuit transforme les végétaux en silhouettes sombres et inquiétantes. Éclairer tous les espaces verts était tâche impossible, mais le parti pris par le concepteur lumière a consisté à choisir quelques végétaux selon leur emplacement stratégique, leur importance dimensionnelle ou simplement leur apparence.

3. L'analyse économique

L'étude de l'existant a permis de révéler une surconsommation supérieure à 43 % due à la vétusté des appareils, des lampes énergivores, des ballasts ferromagnétiques, le manque de régulateurs de puissance ou de gradation, etc.

“Un plan d'aménagement lumière nécessite des investissements importants, vouloir les réduire fait toujours partie du rôle du maître d'ouvrage. Cependant, en éclairage, il est plus pertinent de raisonner en termes de coût global, en tenant compte des économies générées par des matériels performants comme des luminaires fermés, des lampes basse consommation, des ballasts électroniques, des régulateurs de puissance, des systèmes à gradation, un plan de maintenance. Ce sont autant d'éléments qui nous permettront de réduire notre facture d'électricité et d'inscrire ce projet dans un plan de développement durable”, explique Jacques Monségu.

Les préconisations d'Architecture Lumière ont été attentivement examinées par l'équipe dirigeante qui a opté pour des mâts acier (plus résistant et nécessitant moins d'entretien que le bois proposé dans un premier temps), des lampes basse consommation



Le platane près de l'entrée Nord.

comme des iodures métalliques (70 et 150 W pour les voies de circulation véhicules, 35 W pour les bornes destinées aux cheminements piétons), pour ne citer que quelques exemples.

Chaque mise en lumière fera l'objet de la même attention tant en ce qui concerne le choix du matériel que la mise en place d'une maintenance préventive qui permettra d'effectuer un changement systématique des lampes à intervalles réguliers, garantie d'une qualité constante de l'éclairage et d'une gestion efficace de l'installation.

4. Les réalisations

Fin 2006, un certain nombre de réalisations sont déjà terminées, parmi elles, citons :

- **la rénovation de la totalité de l'éclairage public** du campus, objectif majeur du plan Eco-lumière du campus universitaire de Pau, dont :
 - la voie centrale : éclairage public par candélabres équipés de lampes aux iodures métalliques,

- les cheminements piétons : balisage par bornes basses équipées de lampes iodures métalliques ;
- **le traitement des entrées du campus**, dont :
 - les deux chênes de l'entrée Sud : mis en valeur par projecteurs posés au sol équipés de lampes aux iodures métalliques de couleur blanche et bleue,
 - le platane près de l'entrée Nord : projecteurs au sol équipés de lampes aux iodures métalliques de couleur blanche ;
- **la Maison de l'Étudiant** : illumination de deux façades de la salle de spectacles par encastrés de sol et projecteurs posés en terrasse, équipés de lampes aux iodures métalliques, marquage des entrées par tubes fluorescents bleus ;
- **le patio intérieur et l'entrée de la faculté des lettres** : candélabres type éclairage public et éclairage de façade par projecteurs équipés de lampes aux iodures métalliques ; mise en lumière d'un charme pyramidal majestueux par projecteurs équipés de lampes aux iodures métalliques et filtres bleus ;



La Maison de l'Étudiant.



Le patio intérieur de la faculté des lettres.

- **le parvis du restaurant universitaire** : balisage réalisé par leds bleues selon un maillage carré de 4 m de côté.

Le coût de la réalisation de cette première phase (études et travaux) s'est élevé à 1 326 000 euros TTC. Elle a été financée en mobilisant conjointement des ressources propres et des crédits spécifiques mis en place par l'État pour la réfection de l'éclairage public du campus, dans le contrat quadriennal de développement de l'établissement pour la période 2003-2006.

La suite du plan Eco-lumière du campus, que constitue la deuxième phase, a pour objectif la mise en valeur d'une partie du patrimoine bâti et végétal, préfigurée dans les réalisations actuelles. Son coût est estimé à 800 000 euros TTC.

¹ Jean-Michel Uhaldeborde, président de l'université de Pau et des Pays de l'Adour, titre du "Mot du président" du 3 février 2005.

Campus d'Orléans la Source

"Proposer une vision inédite suppose d'en passer par la mise à distance d'un certain nombre de présupposés actifs dans le champ courant ou dominant des approches de la lumière"¹

Dans le cadre du contrat de plan État-Région 2000-2006, l'université d'Orléans prévoit le réaménagement de son campus tant au niveau des infrastructures, du

paysage que de l'éclairage. Un schéma directeur d'aménagement lumière est alors élaboré par Yves Adrien, concepteur lumière, Atelier Coup d'éclat.



Schéma directeur paysager

1. Un partenariat Ville-Université

L'université d'Orléans fête cette année ses 700 ans. En effet, c'est en 1306 qu'elle fut consacrée par cinq bulles du pape Clément V. Mais, après la fermeture des universités en 1793, y compris celle d'Orléans, ce n'est que quelques siècles plus tard que l'université émergea de nouveau. Premier partenariat de la ville et de l'université, il s'agissait pour le maire d'Orléans élu en 1959 et le premier recteur de la nouvelle Académie créée en 1961, d'établir au Sud de Paris "le premier grand campus universitaire européen" selon l'expression du ministre de l'éducation nationale de l'époque. Le premier acte fut l'acquisition de 400 ha du Domaine de la Source, coup d'envoi d'une grande opération lancée au début des années 1960 avec le campus universitaire, mais aussi la création de la ville nouvelle de la Source, l'arrivée de plusieurs laboratoires de recherche du CNRS et l'installation du Bureau de recherches géologiques et minières.

Le premier plan d'aménagement du campus conçu par l'architecte Olivier-Clément Cacoub sera appliqué jusqu'à la fin des années 1980. En 1992/1993, dans le contexte immobilier du schéma Université 2000, un nouveau schéma directeur est élaboré dont les options seront intégrées dans le POS de la ville d'Orléans. La troisième et dernière étape de l'aménagement du campus commence en 2001 avec le choix par l'université, maître d'ouvrage, de Florence Mercier, paysagiste, qui a pour mission de réaliser un schéma directeur. Les objectifs du projet : confirmer les principes structurants du campus, achever la mise en valeur de ses espaces remarquables et améliorer la sécurité sur l'ensemble du site.

Le campus boisé d'Orléans la Source, une centaine d'hectares, situé à 10 km du centre ville, est distribué, depuis fin 2000, par la première ligne de tramway qui le traverse d'Ouest en Est, puis du Nord au Sud, avec trois stations.

"La Ville s'efforce depuis une dizaine d'années de s'associer le plus possible aux projets d'aménagement du campus, aussi il nous a paru essentiel d'appuyer l'Université dans sa démarche de réaménagement lumière et paysager", souligne Philippe Bousser, chargé de mission Enseignement supérieur et Université/Ville d'Orléans.

Aujourd'hui, l'université compte quatre UFR, un institut polytechnique (Polytech'Orléans), quatre instituts universitaires de technologie et 15 000 étudiants. Depuis 2004, l'université d'Orléans est entrée officiellement dans le dispositif d'harmonisation européenne, LMD.

2. Un sdal dès 2000

En 1999, l'université dresse un état des lieux de l'éclairage du campus et fait un constat inquiétant : le matériel en place a plus de 30 ans, est devenu inefficace, et surtout la sécurité des usagers n'est plus assurée. *"Nous avons lancé une consultation, explique Alain Plançon, chargé de mission Prospective et Aménagement, et c'est à Yves Adrien, Atelier Coup d'éclat, que nous avons confié le schéma directeur d'aménagement lumière."*

Le sdal s'articule autour de trois vecteurs fondamentaux :



Le tramway traverse la perspective du château.

- créer une image nocturne du campus rassurante, attractive et identifiante de façon à permettre aux étudiants de s'approprier leur université ;
- restaurer l'adéquation harmonieuse entre natures et fonctions d'espaces publics, typologies d'éclairage et tonalités de lumière ;
- accéder à un équilibre de la trame lumineuse nocturne générale qui offre une nouvelle lecture du campus, exploitant ainsi les fonctions signalétiques de la lumière.

Vision extérieure du campus

Le campus est situé au Sud d'Orléans, entre le parc floral et le quartier de la Source, territoire d'un Grand Projet de Ville. Pour le concepteur lumière, l'image du campus doit se composer avec l'environnement lumineux existant pour permettre une meilleure perception nocturne et rendre son équilibre à l'ensemble. Il serait utile d'homogénéiser l'éclairage des voies périphériques en ne gardant que quelques mises en valeur particulières, comme certaines entrées du campus.

Dans la même logique, les accès devraient recevoir un traitement particulier. Le sdal en a retenu quatre, qui sont soit de réels accès de l'université, soit des signaux qui marquent des entrées visuelles :

- **l'entrée Nord-Ouest** : sa mise en valeur va de paire avec un traitement plus général, paysager et lumineux, de l'axe historique du château de la Source au bâtiment Polytech'Galilée. Pour marquer cette entrée et dégager visuellement cet axe, Yves Adrien recommande la création d'un mât spécifique de grande hauteur qui assure à lui seul l'éclairage de l'entrée et un signal fort du campus ;
- **l'entrée Sud-Ouest** : elle correspond actuellement à un accès uniquement visuel, dans l'axe du château et pourrait être mise en valeur par un éclairage spécifique du bâtiment, voire être reconfigurée pour devenir une véritable entrée au campus ;
- **l'entrée Sud-Est** : peut être signalée par l'éclairage architectural de l'UFR de lettres, langues et sciences humaines ;
- **l'entrée Nord-Est** : une mise en lumière du mur du parc floral et des arbres est recommandée pour rompre avec l'éclairage fonctionnel de la voirie.

L'organisation intérieure du campus

Pour Yves Adrien, cette organisation visuelle est étroitement liée à la pratique des usagers : *"les parcours sont déjà tracés par les étudiants, il faut veiller à ce que la lumière les accompagne mais ne les dirige pas"*. Ainsi, il propose de renforcer la centralité du lac qui occupe le cœur du campus et autour duquel se trouvent les restaurants afin qu'il devienne, non pas

un lieu à éviter, mais bien au contraire un endroit convivial et attirant. Pour ce faire, la promenade sera éclairée par un mobilier d'éclairage piétonnier, associé à un éclairage végétal de la lisière, avec au centre un éclairage aquatique du lac lui-même.

Le passage du tramway est l'occasion de créer de multiples liaisons transversales entre le centre du campus et la périphérie, aussi son tracé doit-il être mis en lumière en adéquation avec les cheminements piétons.

Par ailleurs, un des objectifs du sdal est, bien entendu, de permettre aux étudiants de se déplacer en toute sécurité dans le campus et les cheminements seront traités avec une attention particulière aux sous-bois pour éviter à l'utilisateur "d'être vu sans voir". Les mises en lumière architecturales et végétales mettront en œuvre des tonalités de lumière différentes selon les espaces considérés.

Enfin, la perspective du château a fait l'objet d'un double projet, paysager et lumineux, dont les travaux ont débuté à l'été 2006.

3. L'aménagement lumière de la perspective du château

Yves Adrien estime que la perspective joue un rôle de valorisation nocturne déterminant dans son rapport au contexte environnant, parc et ville. Dans la réponse aux différents besoins engendrés par l'usage (piétons, cycles, véhicules), l'éclairage doit faire face certes, mais aussi et surtout respecter le statut exceptionnel de la perspective du château de la Source. Celle-ci



L'aménagement lumière de la perspective constitue le lieu d'un enjeu particulier qui tient à la construction d'un nouvel équilibre dans la composition de l'image nocturne du campus.

n'est ni un paysage urbain, ni un paysage forestier, ni un paysage de type espaces verts, et si elle emprunte des éléments à chacune de ces formes paysagères, elle ne se réduit à aucune d'entre elles. Yves Adrien la considère comme un *"grand paysage, grand dans le sens où les différents éléments de la perspective risquent, du fait de l'ampleur des lieux, d'être privés d'une cohérence globale et de s'exposer à la juxtaposition et à la dissociation quand ils devraient réclamer une cohésion organique ou leur intégration réciproque"*.

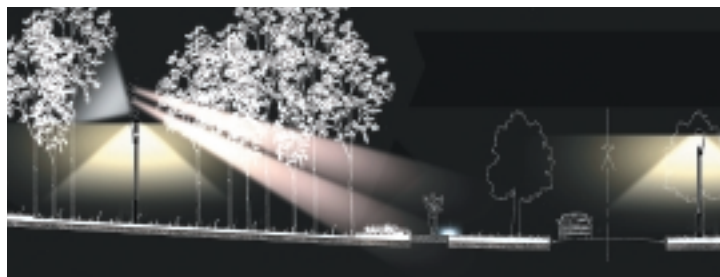
La perspective est marquée, à chacune de ses extrémités, par une architecture à laquelle il était essentiel de donner une présence nocturne adéquate. Ainsi, le château et les corps de bâtiment

Polytech'Galilée feront chacun l'objet d'une mise en lumière. *"Au château la thématique d'une image plus conventionnelle et respectueuse du caractère his-*

torique du bâti, au bâtiment Galilée, le cachet nocturne plus contemporain qui sied à l'esprit de son architecture", précise Yves Adrien.

Les lisières boisées qui cadrent la perspective recueillent aujourd'hui la plus grande part d'ombre. La situation s'inverse dans le projet d'éclairage : une part importante de lumière provient du sous-bois, afin de diffuser la quantité de lumière nécessaire, de conforter la pratique par l'extension du périmètre des perceptions visuelles aux sous-bois, d'user de la richesse nocturne des frondaisons végétales des lisières.

Le mobilier lumière n'a pas été choisi pour ses seules performances techniques, il devait par ailleurs offrir une esthétique et une qualité de matériau qui s'inscrivent dans le cadre d'une démarche de développement durable, comme l'a souhaité Cécile Dioux, responsable du service immobilier et technique de l'université. *"Le garant de la pérennité esthétique réside certainement dans une forme d'élégance faite*



Une part importante de la lumière provient du sous-bois pour un éclairage fonctionnel qui conforte la pratique des usagers en bénéficiant de la richesse nocturne des frondaisons végétales des lisières.

de sobriété et de discrétion, tandis que la pérennité technique appelle la réunion de différents composants de qualité", souligne Yves Adrien.

La réussite d'un projet comme l'aménagement lumière de la perspective du château s'évalue, *in fine*, au degré d'appréciation prononcé par les visiteurs, les riverains certes, mais aussi et surtout, par les usagers.

1 Yves Adrien, concepteur lumière, Atelier Coup d'éclat.



Il est nécessaire de donner à chaque extrémité de la perspective une présence nocturne adéquate : à Politech'Galilée, le cachet nocturne contemporain qui sied à l'esprit de son architecture.

Campus de Villetaneuse

"La mise en lumière du campus de Villetaneuse est directement liée au projet d'aménagement urbain du campus et des quartiers environnants"¹

C'est dans le cadre du grand projet d'aménagement "Villetaneuse et Université" qui englobe le campus de Villetaneuse et ses abords, que l'université Paris 13 s'est enga-

gée dans la rénovation de l'éclairage du campus et de ses espaces extérieurs. Un projet attendu depuis longtemps par les étudiants et les personnels.



Le projet universitaire et urbain de Villetaneuse

1. Le désenclavement du campus

Érigé à la fin des années 1960, le campus de Ville-taneuse s'étend sur 20 ha, comprend une vingtaine de bâtiments, et compte aujourd'hui près de 12 000 étudiants. Réellement pluridisciplinaire, l'université Paris 13 est un pôle majeur d'enseignement et de recherche au Nord de Paris.

Le campus est posé dans cette banlieue sans réelle communication avec son environnement : séparé de la ville à l'Ouest par des friches, sortes de "no man's land" initialement prévues pour l'extension de l'université, au Nord par la voie ferrée sans accès de ce côté, bordée à l'Est par la cité HLM Salvador Allende. Si le campus n'est pas concrètement fermé par une clôture, il n'en pas moins coupé du reste de la ville par manque de lien et de passerelle. *"C'est cette situation que vont changer, sur l'ensemble du site, le schéma d'aménagement de Christian Devillers ainsi que les recommandations de Florence Mercier, paysagiste, dans sa charte des espaces publics, explique Gilles Andriot, responsable du patrimoine à l'université Paris 13. Tout d'abord, une entrée Nord va être ouverte et donnera accès à une gare intermodale (tramway, SNCF, bus) qui desservira à la fois le centre-ville, la cité Allende et le campus. Une voie piétonne Est-Ouest a été percée sous un des bâtiments de la cité pour relier celle-ci au campus."*

De plus, la ligne du futur tramway Saint-Denis-Épinay-Villetaneuse passera en bordure du campus côté Est, dans le sens Nord-Sud. L'ensemble des voies du campus, toutes des cheminements piétons, va également être réaménagé. *"Le nombre de maîtres d'ouvrage et de projets différents est une contrainte*

depuis les premières études, commencées il y a 10 ans, souligne Nicolas Lecuyer, chef de projet à l'EPA Plaine de France. Ce n'est qu'en 2003 qu'un protocole a été signé entre tous les partenaires, l'EPA étant alors mandaté pour être ensemblier de ce vaste projet qui devrait voir le jour avec une première tranche de travaux, livrée en 2007."

2. La prise en compte de l'éclairage

Dans ce contexte, comment envisager un réaménagement urbain et paysager sans y inclure l'éclairage ? Résultat d'une réflexion conjointe avec le Bureau de l'architecture et de l'urbanisme², la prise en compte de l'éclairage public s'impose. Gilles Andriot précise : *"les installations étaient soit inexistantes, soit déficientes ou de mauvaise qualité, tant au niveau du matériel que de la lumière"*. En effet, la maintenance n'avait jamais vraiment été assurée ou mal : certains candélabres trop vétustes avaient été "remplacés" par des projecteurs équipés de lampes de 1 000 W disposés au sommet des bâtiments et orientés vers les cheminements.

Partant de ce constat et sur la base de recommandations de REEL, le Groupement d'Intérêt Public Épinay-Villetaneuse du Grand Projet de Ville, lauréat d'un appel à projet national DIV³/EDF, a missionné l'EPA Plaine de France pour lancer une consultation en vue d'élaborer une étude lumière sur l'ensemble du territoire du PUUV (projet universitaire et urbain de Villetaneuse).

C'est l'agence IXO qui est chargée de sa réalisation, avec Stéphane Servant, concepteur lumière, qui

explique : *“Le diagnostic a montré que la perception nocturne du site est essentiellement liée à l’éclairage depuis le campus universitaire. Il ne semble jamais dormir et, par sa lumière très fonctionnelle, il plonge les usagers dans un espace parfois anxiogène. Mais ce territoire détient pourtant de nombreux atouts d’ordre végétal, architectural et plastique (couleur et matière) que la lumière pourra révéler de nuit.”*

3. Le sdal

De cette analyse sont nées les propositions de mises en lumière des différents espaces identifiés par le projet d’aménagement urbain et paysager. La lumière doit permettre de recréer des îlots et des composantes urbaines en leur donnant une image de qualité. Ainsi, l’éclairage participe à la lisibilité des espaces parcourus, permet de hiérarchiser différentes zones dans une cohérence d’ambiances conviviales et sécurisantes.

“Cet éclairage doit permettre le confort nocturne du site, précise Stéphane Servant. L'utilisateur est au centre du processus de création de ce morceau de ville, englobant la complexité de la mixité des fonctions et des espaces afin de rendre au passant son environnement, qu'il puisse le partager en bonne urbanité.”

Difficile, compte tenu de l'état des lieux, de parler d'économies, cependant, c'est bien dans un contexte de maîtrise de l'énergie qu'est abordé le projet qui préconise des matériels à performances élevées, tant pour leur durée de vie, leur résistance que pour leurs consommations. Cette maîtrise passe aussi par un



Projet universitaire et urbain de Villetaneuse. Le sdal et ses principes d'implantation lumière.

travail fin de conception lumière pour limiter toute forme de gêne visuelle liée aux sources lumineuses (éblouissements, zones de luminances trop importantes) qui ont tendance à réduire l'impression de luminosité ambiante.

Une expertise, confiée à REEL, est en cours pour réaliser un diagnostic urbain nocturne, estimer les consommations et proposer des solutions de gestion.

Le découpage par zones

Il ne s'agit pas, pour le concepteur lumière, d'éclairer à profusion avec des sources économes, mais bien de choisir ce que l'on éclaire et pendant combien de temps. Le sdal prévoit d'utiliser la composante lumière pour affirmer et renforcer les singularités identitaires

entre les différents types d'espaces du PUUV : espaces publics, privés, universitaires.

Les espaces publics seront traités dans une lumière chaude avec un indice de rendu des couleurs élevé (> 80) qui permettra de renforcer les liens entre le campus et la ville.

L'éclairage de l'axe Nord-Sud se distinguera par un traitement à la fois plus contemporain et plus intégré à l'architecture de l'université (éclairages encastrés, indirects). Il véhiculera une image singulière et marquée des espaces universitaires.

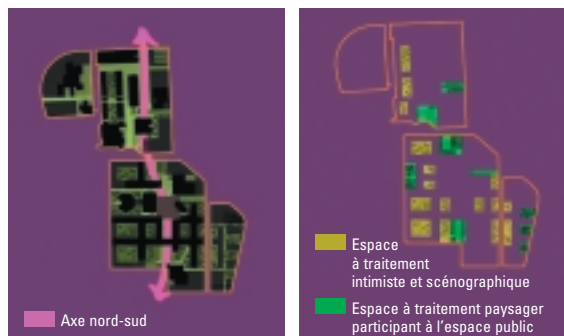
Les entrées, plusieurs bâtiments, les patios bénéficieront d'un traitement lumineux soigné mettant en valeur quelques éléments architecturaux ou végétaux, en veillant toujours à accorder une attention particulière à la vision lointaine du campus.

Enfin, deux pôles essentiels vont être aménagés. Il s'agit de la gare multimodale qui sera implantée au Nord du campus et de la place du Quartier, espace tampon à la fois sur le territoire universitaire et communal. Bien que jouant des rôles très différents au sein du campus, ces espaces seront marqués par un traitement lumineux contemporain et offrant un impact identitaire fort.

Une première opération dès 2007

Cette phase comprend l'aménagement et la mise en lumière de la zone b du sdal, axe qui naît au Nord du campus, traverse le bâtiment de la Présidence puis le forum pour finir à l'entrée Sud.

En parallèle, un cheminement Est-Ouest, partant de la cité Salvador Allende, qui sort à l'Ouest du campus, du côté de l'arrêt de bus actuel, sera aménagé



en tenant compte de toutes les extensions prévues ultérieurement (extension de la bibliothèque, création de résidences étudiants, etc.). Les mises en valeur des bâtiments, comme l'Institut Galilée, la bibliothèque, le forum seront traitées ultérieurement. Pour Gilles Andriot, *"le sdal nous permet d'avoir une vision à long terme de l'éclairage du campus et de pouvoir anticiper lors des diverses tranches de travaux. Cependant, nous sommes bien conscients que certaines mises en lumière, notamment architecturales, ne seront effectuées que bien plus tard car il s'agit là de travaux étroitement liés aux capacités d'investissement du maître d'ouvrage"*.

Cette première opération, dont le coût s'élève à 2 millions d'euros, a été financée en partie par le produit de la vente de terrains pour le passage du tramway à la Communauté d'agglomération Plaine Commune et en partie par des crédits exceptionnels accordés par le ministère de l'éducation nationale. Les travaux doivent débuter en 2007 et devraient finir à la fin de l'année.

1 Marie-Jo Delord, Secrétaire générale adjointe, université Paris 13.

2 Ex Bureau de la direction générale de l'enseignement supérieur.

3 Délégation interministérielle à la ville.

Pôle Universitaire de Guyane

"Proposer une innovation sur la manière d'éclairer ou une technique à employer plutôt qu'une autre dépend de la capacité du maître d'ouvrage à accepter le défi"¹

Le ministère de l'éducation nationale décide d'implanter en Guyane un campus destiné à recevoir à terme 5 000 étudiants sur 15 ha. En 2003, l'Agence TER est chargée du schéma directeur d'aménagement qui

inclut une étude éclairage extérieur, faisant du Pôle Universitaire de Guyane (PUG) le premier campus dont le plan Eco-lumière est prévu en même temps que la conception du projet d'ensemble.



Plan d'aménagement général

¹ Vincent Laganier, architecte éclairagiste, dans "Lumières architecturales en France", Éditions AS Scéno+, 2004.

1. L'implantation du campus

L'évolution démographique de la Guyane, le manque d'adéquation entre les composantes universitaires (principalement implantées sur le campus Saint-Denis à Cayenne) et les besoins en termes économique et culturel de la population guyanaise rendaient nécessaire la refonte de l'enseignement universitaire dans sa structure et ses infrastructures.

La démarche de promotion et de développement de l'enseignement supérieur en Guyane, impulsée par la préfecture, le rectorat et la région a abouti au projet d'un nouveau campus : le Pôle Universitaire de Guyane. Il regroupera sur un même site la composante guyanaise de l'université des Antilles et de la Guyane dont le siège est en Guadeloupe et l'IUFM. Le site retenu pour la réalisation du PUG est celui de Trou Biran, à quelques kilomètres du centre historique de Cayenne. Une rue piétonne couverte marquera l'interface du campus, au Nord, avec de nouveaux quartiers d'habitat, ponctuée de kiosques se prolongeant en terrasses ouvertes sur des jardins. Les parcs de stationnement étant tous prévus en périphérie, la circulation à l'intérieur du campus est essentiellement piétonne, distribuant les différents bâtiments d'enseignement et lieux de vie.

2. Le principe d'éclairage

Porté par le recteur Jean-François Bellegarde et l'ingénieur régional de l'équipement, Georges Govindassamy, le projet a très vite inclus l'éclairage, et l'Agence Ter, chargée des prescriptions urbaines et architecturales, a élaboré des recommandations inspirées directement du plan Eco-lumière pour les campus. *"En Guyane, même si la nuit tombe très vite, explique Michel Hoessler de l'Agence Ter, l'éclairage extérieur n'est que rarement pris en compte surtout à ce stade du projet. À partir du diagnostic réalisé par REEL, nous avons pu établir une charte qui donne les grandes lignes de l'éclairage à mettre en place."*

Le principe d'éclairage s'articule autour de quatre espaces types :

- un éclairage indirect sur la rue couverte avec une mise en lumière particulière sur les terrasses ;
- un éclairage végétal dans les jardins ;
- un éclairage piétonnier sur mâts de 4 m et 12 m pour les cheminements du campus ;
- un éclairage fonctionnel type éclairage public sur les parkings périphériques.

Des mises en lumière des abords des bâtiments seront étudiées au fur et à mesure de leur construction, celle du rectorat s'achèvera en 2007.



Certificats d'économie d'énergie¹

Il existe aujourd'hui une opération standardisée "installation d'un luminaire d'éclairage extérieur performant" qui permet d'obtenir un certificat d'économie d'énergie. Chaque installation d'un luminaire IP55 minimum, dont le système optique est conçu pour une lampe tubulaire claire d'une efficacité lumineuse ≥ 80 lumens par watt et maîtrisant le flux émis vers le ciel est crédité forfaitairement de 6 437 kWh d'économie d'énergie cumulés sur la durée de vie de l'équipement.

À partir des performances photométriques acquises sur les installations existantes en luminaires et lampes à vapeur de mercure (éclairagements moyens et luminances moyennes), quels gains énergétiques peut-on espérer du remplacement systématique des luminaires complets ? Et quels gains photométriques éventuels en découlent en fonction des puissances de lampes utilisées dans les nouveaux luminaires (voir tableaux ci-contre) ?

Bilan photométrique

- E est l'éclairement moyen à maintenir ;
- S est la surface éclairée, en m^2 ;
- u , le facteur d'utilisation de l'installation ;
- F_{la} , le flux nominal de la lampe, en lumens ;
- N , le nombre de lampes équipant un luminaire ;
- W , puissance électrique installée, en watts ;
- F_e , l'efficacité lumineuse de la lampe, en lumens par watt ;
- M , le facteur de maintenance.

D'où l'on tire :

$$E = \frac{F_{la} \times N \times M \times u}{S} = \frac{F_e \times W \times N \times M \times u}{S}$$

Calcul des kWh cumac

Le remplacement complet de chaque luminaire est justifié par l'économie d'énergie réalisée ; elle résulte du choix optimisé des paramètres électriques et photométriques qui ne sont pas dissociables les uns des autres (F_e , W , E , M , u) ; sur une durée de vie du luminaire de 25 ans, l'économie réalisée est de :
 $25 \times 417 = 10\,425 \text{ kWh}$

La situation de référence de renouvellement du parc d'éclairage public en France correspond à un rythme annuel de remplacement de 5 % par du matériel performant. Le calcul des économies d'énergie permettant d'obtenir un certificat sera en conséquence affecté d'un coefficient minorateur de 0,95.

Pour une durée de vie de 25 ans, le taux d'actualisation annuel est de 4 %, d'où un coefficient d'actualisation de 0,65. L'économie d'énergie par opération standardisée pour l'attribution du certificat s'établit ainsi : $10\,425 \text{ kWh} \times 0,95 \times 0,65 = 6\,437 \text{ kWh Cumac}$ (cumulés actualisés)

Ainsi, on réalise des économies d'énergie... tout en améliorant la qualité de l'éclairage.

¹ D'après l'annexe de la fiche de calcul de l'opération standardisée "Luminaires d'éclairage extérieur performant" élaborée par l'ATEE (Association technique énergie environnement) et l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie).

Tableau I - Bilan énergétique

Répartition du parc existant en luminaires pour lampe à vapeur de mercure					
Puissance lampe / Flux lumineux	Puissance lampe + ballast (W)	Consommation par luminaire, pour 4 300 h/an (kWh)	Répartition du parc par type de lampe mercure (%)	Consommation annuelle pondérée par luminaire (kWh)	Consommation annuelle réalisée par luminaire (kWh)
125 W / 6 800 lm	140	602	65	391	834
250 W / 12 700 lm	270	1 161	30	348	
400 W / 22 000 lm	40	1 892	5	95	
Remplacement par des luminaires fermés IP ≥ 55 pour lampes tubulaires F _e ≥ 80 lm/W					
70 W / 6 600 lm	83	357	65	232	416,6
100 W / 10 500 lm	115	495	30	148,5	
150 W / 16 500 lm	168	722	5	36,1	
Économie d'énergie réalisée : 417 kWh/appareil/an, soit 50 %					

Si E est l'éclairement moyen à maintenir, prescrit dans l'installation initiale, obtenu avec des valeurs définies de u , M et F_{la} , E' sera le nouvel éclairement à maintenir après remplacement des luminaires.
 E' sera fonction des nouvelles valeurs de u' , M' , F_{la}' , définies dans le tableau II.

Tableau II - Comparaison des performances des luminaires d'une installation type (1)

Luminaires fermés pour lampe à vapeur de mercure				Luminaires fermés ≥ IP 55 pour lampes tubulaires claires d'un flux supérieur ou égal à 80 lumens par watt			
W	125	250	400	W	70	100	150
F_{la} lm	6 800	12 700	22 000	F_{la}'	6 600	10 500	16 500
u	0,3	0,3	0,3	u'	0,38	0,38	0,38
M	0,56	0,56	0,56	M'	0,71	0,71	0,71

(1) Extrait des "Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques" de l'AFE.

On admet, dans le calcul simplifié du tableau III, que le nombre de lampes N et la surface éclairée S sont inchangés.

Tableau III - Gains en éclairage après remplacement

Installation	$E = \frac{F_{la} \times u \times M \times N}{S}$	$\frac{E'}{E}$	Gains en éclairage
Initiale : luminaires fermés pour lampe à vapeur de mercure 125 W	$E = \frac{6\,800 \times 0,3 \times 0,56 \times N}{S} = \frac{1\,142 \times N}{S}$	1,56	+ 56 %
Finale : luminaires fermés IP ≥ 55 pour lampe tubulaire claire 70 W à flux ≥ à 80 lumens par watt	$E' = \frac{6\,600 \times 0,38 \times 0,71 \times N}{S} = \frac{1\,781 \times N}{S}$		
Initiale : luminaires fermés pour lampe à vapeur de mercure 250 W	$E = \frac{12\,700 \times 0,3 \times 0,56 \times N}{S} = \frac{2\,134 \times N}{S}$	1,33	+ 33 %
Finale : luminaires fermés IP ≥ 55 pour lampe tubulaire claire 100 W à flux ≥ à 80 lumens par watt	$E' = \frac{10\,500 \times 0,38 \times 0,71 \times N}{S} = \frac{2\,833 \times N}{S}$		
Initiale : luminaires fermés pour lampe à vapeur de mercure 400 W	$E = \frac{22\,000 \times 0,3 \times 0,56 \times N}{S} = \frac{3\,696 \times N}{S}$	1,20	+ 20 %
Finale : luminaires fermés IP ≥ 55 pour lampe tubulaire claire 150 W à flux ≥ à 80 lumens par watt	$E' = \frac{16\,500 \times 0,38 \times 0,71 \times N}{S} = \frac{4\,452 \times N}{S}$		

CALCULS THÉORIQUES DES CONSOMMATIONS	NOM DE L'ARMOIRE	Durée* annuelle de fonctionnement en heures	Puissance totale installée en kW	Consommations en kWh	Facteur de correction lié à la cellule**	Consommations corrigées en kWh
	SCIENCES	4 100	15,08	61 828	–	61 828
		4 100	7,79	31 947	–	31 947
		4 100	0,54	2 214	–	2 214
		4 100	1,26	5 174	–	5 174
		4 100	0,39	1 599	–	1 599
		4 100	1,44	5 900	–	5 900
	LETTRES	4 100	4,81	19 701	1,04	20 489
		2 275	8,82	20 068	1,04	20 870
		4 100	0,91	3 731	1,04	3 880
		2 275	5,90	13 413	1,04	13 950
	DROIT	4 100	4,01	16 421	1,04	17 077
		2 275	6,26	14 237	1,04	14 806
ENSGTI	4 100	1,01	4 157	1,04	4 324	
PRÉSIDENTE	4 100	1,46	5 994	1,04	6 234	
		59,67	206 384		210 293	

** Il incorpore la dérive sur la durée de fonctionnement générée par la cellule.

avant travaux à Pau

	Mixte 250 W et ballast ferro.	Fluocompacte 13 W	Tube fluo. 36 W et ballast ferro.	Halogènes 1 000 W	Nombre de lampes par armoire	Puissance installée en kW	Puissance totale (P _t) installée en kW
	P _t installée 264 W	P _t installée 13 W	P _t installée 40 W	P _t installée 1 025 W			
			60	4	103	14,11	15,08
		6	4		41	7,26	7,79
					6	0,48	0,54
		10			22	1,08	1,26
		30			30	0,39	0,39
		8			13	1,35	1,44
	12				54	12,75	13,63
					2	0,80	0,91
				2	30	5,41	5,90
			39		75	9,52	10,26
					9	0,90	1,01
					10	1,30	1,46
	12	54	103	6	395	55,36	59,67

S
e
X
e
U
U
a

Bilan des puissances et des consommations

CALCULS DES PUISSANCES APRÈS TRAVAUX	NOM DE L'ARMOIRE	Iodures métalliques 35 W et ballast électronique	Iodures métalliques 70 W et ballast électronique	Iodures métalliques 150 W et ballast électronique	Iodures métalliques 250 W et ballast électronique	
		P _t installée 35 W	P _t installée 75 W	P _t installée 158 W	P _t installée 262 W	
	SCIENCES	15	9	11		
			7			
		6	22			
			7	24		
	LETTRES	4	16	36	2	
	DIV. LETTRES		9	1		
		4				
	DROIT		9	25		
		35	8			
	IUT			39		
2		9	16			
3		14	8			
17		2				
ENSGTI	7	6				
	93	118	160	2		

CALCULS DES CONSOMMATIONS PRÉVISIBLES	NOM DE L'ARMOIRE	Durée annuelle de fonctionnement en heures	Puissance totale installée en kW	Consommations en kWh
	SCIENCES	4 100	0,95	3 887
		1 910	2,04	3 887
		4 100	0,53	2 153
		1 910	2,01	3 835
		4 100	1,90	7 774
		1 910	2,50	4 773
		4 100	0,39	1 599
	LETTRES	4 100	2,05	8 421
		1 910	1,74	3 320
		1 818	3,93	7 148
	DIV. LETTRES	815	0,83	679
		997	1,30	1 292

→

66

après travaux à Pau

	Fluocompacte 26 W	Fluocompacte 13 W	Tube fluorescent 36 W et ballast ferro.	Nombre de lampes par armoire	Puissance installée en kW	Puissance totale (P _t) installée en kW
	P _t installée 26 W	P _t installée 13 W	P _t installée 40 W			
				35	2,81	2,98
				7	0,49	0,53
		10		38	1,88	2,01
		6		37	4,17	4,40
		30		30	0,39	0,39
			4	62	7,30	7,72
				10	0,78	0,83
	22			22	0,57	0,57
	22			26	0,71	0,72
			4	38	4,52	4,79
				43	1,79	1,93
	3			42	5,93	6,24
				27	3,10	3,28
				25	2,29	2,43
				19	0,74	0,80
				13	0,67	0,72
	47	46	8	474	38,12	40,33

NOM DE L'ARMOIRE	Durée annuelle de fonctionnement en heures	Puissance totale installée en kW	Consommations en kWh
DROIT	4100	1,58	6 478
	1910	3,21	6 122
	1818	1,93	3 509
IUT	4100	3,00	12 308
	1910	2,37	4 527
	1818	0,87	1 578
	4100	0,79	3 239
	1910	2,49	4 754
	1910	2,43	4 637
	1818	0,80	1 447
ENSGTI	1910	0,72	1 368
		40,33	98 734

Source : d'après CITEIUM

Principales caractéristiques des lampes d'éclairage public⁽¹⁾

Type de lampe	Puissance (W)	Efficacité lumineuse (lm/W)	Température de couleur (K)	IRC (2)	Durée de vie économique (h)
Lampes à incandescence halogènes basse tension (230 volts)					
Double enveloppe avec culot E14, E27 ou B22	60 à 150	14 à 16	2 900	100	2 000 à 4 000
Simple enveloppe (culot B15d ou G9 à broche)	40 à 250	12 à 16	2 900	100	1 500 à 2 000
Tubulaire à deux culots R7s	60 à 1500	16 à 24	2 900	100	500 à 2 000
A réflecteur parabolique aluminium ou dichroïque PAR16, PAR20, PAR30, PAR38	35 à 100	*	2 700 à 2900	100	2 000 à 3 000
Fluorescentes compactes					
A culot E14, E27, B22 avec alimentation électronique intégrée	3 à 42	44 à 65	2 700 à 6 500	> 80	5 000 à 15 000
A culot à broches avec alimentation électronique séparée	5 à 120	50 à 87	2 700 à 4 000	80 à 98	8 000 à 15 000
Fluorescentes tubulaires					
Haut rendement Ø 26 mm (T8) rectiligne ou circulaire	15 à 58	65 à 98	2 700 à 5 400	80 à 98	12 000 à 66 000
Électronique Ø 16 mm (T5) rectiligne ou circulaire	14 à 80	75 à 104	3 000 à 8 000	85 à 98	18 000
Iodures (ou halogénures) métalliques standard (4)					
Tubulaires monoculot (PG12, G12 ou E27, E40)	70 à 1 000	73 à 80	3 000 à 6 500	> 80	6 000 à 9 000
Tubulaires à double culot (R7s ou Fc2 ou câbles)	70 à 2 000	64 à 92	3 000 à 5 200	80 à 93	2 500 à 9 000
Ellipsoïdale	70 à 1 000	65 à 95	2 800 à 5 800	70 à 107	3 000 à 15 000
Iodures métalliques à brûleur céramique					
Monoculot G8.5, G12, G22, E27, E40	20 à 250	> 90	3 000 à 4 200	> 80	6 000 à 12 000
Double culot	70 à 250	86 à 92	3 000 à 4200	> 80	9 000 à 12 000
Vapeur de sodium					
Haute pression	50 à 1 000	80 à 120	2 000	20 à 65	9 000 à 24 000
Sodium blanc	150 à 400	37 à 48	2 500	> 80	8 000
A induction					
Génura® (3)	23	48	2 700 et 3 000	82	15 000
QL® (4)	55 et 85	65 et 70	3 000 ou 4 000	> 80	60 000
Led					
Led blanche de balisage	*	< 10	3 200 à 6 500	> 80	10 000 à 30 000
Led de puissance pour l'éclairage	*	20 à 40	3 200 à 6 500	> 80	20 000 à 50 000
Cosmopolis® (5)					
Cosmowhite®	60 et 140	114-118	2 850	65	12 000
Cosmogold®	65 et 140	100-118	2 000	20	16 000

* Non significatif.

Source : d'après le Syndicat de l'éclairage

(1) Principaux fabricants de lampes : GE Lighting, Osram, Philips, SLI.

(2) L'indice de rendu des couleurs (IRC) des lampes à incandescence est toujours de 100.

(3) GE Lighting.

(4) (5) Philips Éclairage.

Ballast

Dispositif interposé entre l'alimentation et une ou plusieurs lampes à décharge et qui sert principalement à limiter le courant de la ou des lampes à la valeur requise. Les ballasts électroniques sont recommandés car ils consomment moins, allument les lampes instantanément sans clignotement, les rendent moins gourmandes et les protègent contre les surtensions, augmentent le rendement global du luminaire et la qualité de l'éclairage, simplifient le travail et le coût de câblage (plus de starter ni de condensateur).

Confort visuel

Impression subjective de la satisfaction du système visuel principalement procurée par l'absence de gêne induite par l'ensemble de l'environnement visuel.

Contraste

Évaluation de la différence d'aspect de deux ou plusieurs parties du champ observé, juxtaposées dans l'espace ou dans le temps (contraste de luminance, contraste de couleur). Au sens physique, il s'agit de grandeurs associées au contraste de luminosité perçu, généralement définies par une formule faisant intervenir les luminances des stimuli considérés.

Couleur de la lumière

Elle est définie par la température de couleur (cf. définition) dont l'unité est le Kelvin (K). Elle est élevée pour les lumières froides riches en bleu (lampes fluorescentes par exemple) et basse pour les lumières chaudes riches en rouge (lampes à incandescence par exemple).

Durée de vie économique (d'une lampe)

La durée de vie d'un type de lampe n'est pas un critère à utiliser seul. Les durées sont généralement calculées en laboratoire dans des conditions optimales et le comptage s'arrête lorsque 50 % des lampes d'un lot considéré sont mortes. On ne dit rien de l'efficacité lumineuse des lampes survivantes, forcément inférieure à la valeur nominale. Il est donc sage de définir plutôt une durée de vie d'utilisa-

tion rationnelle de la lampe qui prend en compte la dépréciation du flux lumineux en cours de vie, afin de pouvoir programmer un plan de maintenance de l'installation.

Éblouissement

Gêne ou diminution de visibilité due à des luminances trop intenses ou à des répartitions de luminance défavorables dans le champ visuel. On distingue l'éblouissement d'inconfort (gêne, trouble visuel, fatigue) et l'éblouissement d'incapacité (réduction de l'aptitude à distinguer les détails) qui ne provoque pas obligatoirement une gêne immédiate.

Éclairagisme

Ensemble de techniques et applications de l'éclairage intérieur ou extérieur, naturel ou artificiel.

Éclairement

Flux lumineux reçu par unité de surface (m^2). L'unité est le lux (lx).

Efficacité lumineuse

L'efficacité lumineuse d'une lampe est le rapport entre le flux lumineux et la puissance électrique consommée par la lampe, y compris l'appareillage électrique pour les lampes à décharge. Elle s'exprime en lumens par watt (lm/W). Elle varie selon la puissance, la finition de la lampe, ses composants (gaz, poudres, etc.). Une efficacité lumineuse élevée réduit à la fois les frais d'installation (le nombre de lampes et de luminaires, la puissance mise en œuvre) et les dépenses de fonctionnement (l'énergie consommée).

Facteur de dépréciation

Rapport entre l'éclairement moyen sur le plan utile après une certaine durée d'utilisation de l'éclairage et l'éclairement moyen pour l'installation considérée comme neuve.

Facteur de maintenance

Rapport de l'éclairement moyen à maintenir à l'éclairement moyen initial.

Flux lumineux

Une source lumineuse consomme de l'énergie et en rayonne une partie sous forme de radiations qui produisent des

effets chimiques, calorifiques et lumineux. C'est ce flux énergétique visible qui est évalué sous forme de flux lumineux et exprimé en lumens (lm). Les catalogues des fabricants indiquent la valeur de ce flux pour chaque lampe mais il faut savoir que celle-ci diminue dans le temps et qu'il faut en tenir compte dans le plan de maintenance.

Gradateur (ou variateur)

Dispositif électrique ou électronique permettant de faire varier le flux lumineux des lampes dans une installation d'éclairage.

Indice de rendu des couleurs

Il est important, pour la performance visuelle et le sentiment de confort et de bien-être, que les couleurs de l'environnement soient en rapport avec le niveau d'éclairage et que la couleur des objets et de la peau soit rendue correctement. Cette capacité d'une lampe à restituer les couleurs est traduite par l'indice de rendu des couleurs (IRC, noté aussi Ra). Sa valeur maximale est 100.

Intensité lumineuse

Une source lumineuse ne distribue pas forcément la lumière d'une manière égale dans toutes les directions ; il est donc nécessaire de connaître la puissance rayonnée dans chacune des directions, d'où la notion d'intensité lumineuse. C'est le quotient du flux lumineux émis par une source, et qui se propage dans un élément d'angle solide contenant la direction donnée par cet élément d'angle solide. L'unité est la candela (cd).

Lampe

Source qui produit un rayonnement optique en général visible.

Luminaire

Appareil servant à répartir, filtrer ou transformer la lumière d'une ou de plusieurs lampes et comprenant, à l'exclusion des lampes elles-mêmes, toutes les pièces nécessaires pour fixer et protéger les lampes et, éventuellement, les circuits auxiliaires ainsi que les dispositifs de connexion au circuit d'alimentation.

Luminance

Grandeur qui caractérise l'aspect lumineux d'une surface éclairée ou d'une source dans une direction donnée. En éclairagisme, on considère les luminances des sources primaires (lampes et luminaires) et celles des sources secondaires (surfaces éclairées qui réfléchissent la lumière). Unité : cd.m^{-2} (candela par mètre carré).

Plan de maintenance

Ensemble des instructions fournies par le concepteur pour définir le cycle de maintenance et les procédures d'entretien.

Projecteur

Luminaire dans lequel la lumière est concentrée dans un angle solide délimité par un système optique mettant en œuvre les phénomènes de réflexion ou de réfraction afin d'obtenir une intensité lumineuse élevée.

Puissance nominale

Puissance indiquée dans les catalogues des fabricants. Pour les lampes à décharge, cette puissance correspond à la lampe seule, sans la consommation de leur ballast ; il y aura donc lieu d'ajouter celle-ci pour avoir la consommation totale.

Rendu des couleurs

Aspect chromatique d'un objet éclairé par une source comparé à l'aspect d'autres objets éclairés par une source de référence. Il est défini par l'indice de rendu des couleurs (IRC).

Température de couleur (T_c)

L'apparence de la couleur de la lumière d'une lampe se rapporte à la chromaticité de la lumière qu'elle émet. Unité : K (kelvin). Elle est quantifiée par la température de couleur. Lorsque celle-ci est inférieure à 3 300 K, on parle de teinte chaude ; entre 3 300 et 5 300 K, de teinte intermédiaire et, au-delà de 5 300 K, ce sont des teintes froides.

Variateur

cf. Gradateur

Ouvrages

- Association française de l'éclairage (AFE), *Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques*, 2002, Lux Éditions, Paris, 188 p.
- Association française de l'éclairage (AFE), *Les nuisances dues à la lumière. Éclairages extérieurs*. Guide 2006, Lux Éditions, Paris, 96 p.
- Association française de l'éclairage (AFE), *Recommandations relatives à l'éclairage des installations sportives*, nouvelle édition en 2007, Lux Éditions, Paris, 126 p.
- Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU), *Le paysage lumière. Approches et méthodes pour une "politique lumière" dans la ville*, édité par le CERTU, 2004, 160 p.
- Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU), *L'éclairage, un levier dynamique dans les politiques urbaines*, édité par le CERTU, 2006, 82 p.
- Laganier Vincent, *Lumières architecturales en France*, Éditions AS Scéno +, 2004, 304 p.
- Masbouni Ariella (sous la direction de), *Penser la ville par la lumière*, Éditions de la Villette, 2003, 112 p.
- Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche, *La politique d'accueil des étudiants handicapés*, rapport n°2006-050, Inspection générale de l'administration, de l'éducation nationale et de la recherche, 2006, Paris, 74 p. Consultable sur le site du ministère.
- Mission interministérielle pour la qualité des constructions publiques, *Les espaces publics urbains*.

Recommandations pour une démarche de projet, Paris, 2001, 172 p.

- Narboni Roger, *La lumière urbaine, éclairer les espaces publics*, Éditions du Moniteur, 1995, 262 p.
- Narboni Roger, *La lumière et le paysage, créer des paysages nocturnes*, Éditions du Moniteur, 2003, 230 p.
- Narboni Roger, *Lumière et ambiances, concevoir des éclairages pour l'architecture et la ville*, Éditions du Moniteur, 2006, 244 p.
- Syndicat de l'éclairage/ADEME, *Éclairer juste*, 2002, Paris, 10 p.
- Syndicat de l'éclairage, *Maintenance en éclairage extérieur*, 2002, 6 p.

Revues

- *AMC*, n°162, juin-juillet 2006, "L'année de toutes les économies", Isabelle Arnaud.
- *Archicréé*, n°323, décembre-janvier 2006, "Lumières architecturales et urbaines", Isabelle Arnaud.
- *La Gazette des Communes*, Supplément Aménagement urbain, 18 septembre 2006, "Entretien avec Anne Bureau", "Une ville de festivals sous les feux des projecteurs", Isabelle Arnaud.
- *Le Moniteur*, n° 5271, 3 décembre 2004, "L'électronique dans l'éclairage : une évolution inéluctable", Isabelle Arnaud.
- *Le journal du Club des Partenariats Public-Privé*, dossier "Éclairage public", n°1, mai - juin 2006 (10, rue Royale 75008 Paris. Tél. : 01 44 18 45 04. Site Internet : www.club-ppp.org)
- *Lux*, n°233, mai-juin 2005, "Les plans Eco-lumière démarrent".

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) : www.ademe.fr
- Association des concepteurs lumière et éclairagistes (ACE) : www.ace-fr.org
- Association française de l'éclairage (AFE) : www.afe-eclairage.com.fr
- Association française de normalisation (AFNOR) : www.afnor.fr
- Association technique énergie environnement (ATEE) : www.atee.fr
- Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU) : www.certu.fr
- Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) : www.cstb.fr
- Commission internationale de l'éclairage (CIE) : www.cie.co.at
- Électricité de France (EDF) : www.edf.fr
- Le service public de la diffusion du droit : www.legifrance.gouv.fr
- Lighting urban community international (LUCI) : www.luciassociation.org
- Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche : www.education.gouv.fr
- Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie : www.industrie.fr
- Ministère de l'écologie et du développement durable : www.environnement.gouv.fr
- Mission interministérielle pour la qualité des constructions publiques (MIQCP) : www.archi.fr/MIQCP
- Syndicat de l'éclairage : www.syndicat-eclairage.com
- Union technique de l'électricité (UTE) : www.ute-fr.com

Crédits photographiques

Couverture : Thorn Lighting (Eden Project à Cornwall, R-U). **Vignette 1** : Roger Narboni, Concepto. **Vignette 2** : Roger Narboni, Concepto. **Vignette 3** : Philips Eclairage. **Vignette 4** : Philips Eclairage. **Vignette 5** : Targetti.

p. 7 : Thorn Lighting. p. 8 : Roger Narboni, Concepto. p. 9 : Roger Narboni, Concepto. p. 10 : Philips Eclairage. p. 11 : Haut : CAP paysages – Bas : Catherine Chauffray, DGES. p. 12 : Philips Eclairage. p. 13 : EDF Médiathèque / Pierre Bérenger. p. 15 : Roger Narboni, Concepto. p. 16 : Thorn Lighting / Patrick Dumas. p. 17 : Philips Eclairage. p. 18 : Philips Eclairage. p. 21 : Philips Eclairage. p. 22 : Targetti. p. 25 : Roger Narboni, Concepto. p. 27 : Philips Eclairage. p. 28 : Philips Eclairage. p. 30 : BET Ingélux. p. 33 : Bandeau : Targetti – Vignette 1 : EDF Médiathèque / Julien Daniel, L'Œil Public – Vignette 2 : Stéphane Servant, IXO – Vignette 3 : EDF Médiathèque / Julien Daniel, L'Œil Public. Vignette 4 : Yves Adrien, Coup d'éclat – Vignette 5 : Stéphane Servant, IXO – Vignette 6 : Agence Ter. p. 34 : Luc Peirolo, SA d'Architecture Luc Peirolo et associés. p. 35 : EDF Médiathèque / Julien Daniel, L'Œil Public. p. 36 : EDF Médiathèque / Julien Daniel, L'Œil Public. p. 39 : PICTUR'ALL, Jean-Pierre Poughon. p. 40 : Pierre Déat, CAP paysages. p. 41 : Catherine Chauffray, DGES. p. 42 : Philippe Skowron, rectorat de Clermont-Ferrand. p. 43 : Photo 1 : Huguette Annas Saint-Yves, REEL – Photos 2 et 3 : Catherine Chauffray, DGES. p. 44 : Stéphane Servant, IXO. p. 45 : Université de Pau et des Pays de l'Adour et Bernard Larrieu, REEL. p. 46 : EDF Médiathèque / Julien Daniel, L'Œil Public. p. 48 : EDF Médiathèque / Julien Daniel, L'Œil Public. p. 49 : EDF Médiathèque / Julien Daniel, L'Œil Public. p. 50 : EDF Médiathèque / Julien Daniel, L'Œil Public. p. 51 : Agence Florence Mercier. p. 53 : Cécile Dioux, Université d'Orléans. p. 54 : Yves Adrien, Coup d'éclat. p. 55 : Yves Adrien, Coup d'éclat. p. 56 : Devillers Associés, architecte-urbaniste / EPA Plaine de France. p. 58 : Stéphane Servant, IXO. p. 59 : Stéphane Servant, IXO. p. 60 : Agence Ter. p. 61 : Agence Ter.

thématique

Aménagement universitaire

titre du document

Des plans Eco-lumière pour les campus

éditeur

Direction générale de l'enseignement supérieur
service du pilotage et des contrats

coordination éditoriale

catherine.chauffray@education.gouv.fr

conseil artistique

florence.bottollier-eid@education.gouv.fr

rédaction

Isabelle Arnaud

accès internet

www.education.gouv.fr

date de parution

Décembre 2006

conception graphique et réalisation

LM Concept

