

Julie LORANT

Réalisation lumière

LA LED, NOUVEL OUTIL LUMIERE ?



MÉMOIRE DE RECHERCHE

ENSATT 2013 – 2014

LORANT Julie

REALISATION LUMIERE

ENSATT 2013 – 2014

PROMOTION 73, VACLAV HAVEL

MÉMOIRE DE RECHERCHE

LA LED, NOUVEL OUTIL LUMIERE ?

Coordinateur : Mireille LOSCO

Tuteurs : Eric BENOIT, Michel THEUIL

Responsables de filière : Christine RICHIER, Michel THEUIL

MEMOIRE DE RECHERCHE

Titre : La LED, nouvel outil lumière ?
Auteur : Julie Lorant
Année : 2014
Filière : Réalisation lumière
Tuteurs du mémoire : Éric Benoit, Michel Theuil
Coordinateur des mémoires : Mireille Losco

Je soussigné(e) Julie Lorant,

- Certifie la conformité de la version électronique avec l'exemplaire officiel remis au jury,
- M'engage à transmettre à la bibliothèque une version finalisée si le jury exige des corrections,
- Certifie que mon mémoire ne comporte pas de documents non libres de droit **ou** joins une table des illustrations, avec la référence précise (page, numéro ou description de la figure...) des documents figurant dans mon mémoire pour lesquels il n'y a pas d'autorisation de diffusion.
- Autorise la consultation* de mon mémoire à la bibliothèque de l'ENSATT par des personnes extérieures, sa copie en version numérique et sa diffusion par prêt entre bibliothèques (PEB).

A Lyon, le
l'étudiant(e)

Signature de

Mémoire consultable par des personnes extérieures à l'ENSATT

OUI NON

Président(e) du jury

Signature du

*Etant entendu que les éventuelles restrictions de diffusion de mes travaux ne s'étendent pas à leur signalement dans le catalogue de la bibliothèque, accessible sur place ou par les réseaux, ni à leur consultation sur place, ni à leur diffusion par Prêt entre Bibliothèques (PEB) ou sur le réseau intranet de l'ENSATT.
En cas de diffusion du mémoire mentionné ci-dessus selon les conditions précitées, l'ENSATT s'engage à respecter le droit moral de l'auteur sur le mémoire.

RESUME

Dans ce mémoire, je me suis intéressée à la LED, cette technologie qui fait petit à petit son apparition en éclairage de spectacle vivant. De l'étude précise des composants de la LED jusqu'à son utilisation dans des conceptions, j'ai tenté de comprendre si la LED pouvait être un nouvel outil lumière en spectacle vivant.

Mots-clés :

Conception lumière, LED, Nouvelle technologie.

TABLE DES MATIERES

LA LED, NOUVEL OUTIL LUMIERE ?	1
RESUME	6
TABLE DES MATIERES	7
INTRODUCTION	10
CHAPITRE 1. COMPRENDRE LA TECHNOLOGIE LED	14
1.1. Histoire de la LED.....	14
1.1.1. Ses inventeurs.....	14
1.1.2. De simple diode à appareil d'éclairage.....	16
1.2. Les fondamentaux	17
1.2.1. Composition d'une LED	17
1.2.2. Récupération de la lumière	22
1.2.3. Le blanc des LED	23
1.2.4. La LED de puissance.....	25
1.2.5. La constante évolution de la LED.....	28
CHAPITRE 2. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES	31
2.1. Exigences techniques.....	31
2.1.1. Nature de la lumière LED.....	31
2.1.2. Besoin de la « gradation »	33
2.1.3. Le blanc.....	35
2.2. Spécificités et possibilités	36
2.2.1. La couleur	36
2.2.2. Puissance électrique.....	39
2.2.3. Ecoulement du temps.....	41
2.2.4. Autres spécificités.....	44

CHAPITRE 3. DU TECHNOLOGIQUE A L'ARTISTIQUE.....	46
3.1. La LED dans d'autres domaines.....	46
3.1.1. Au quotidien	46
3.1.2. L'éclairage muséographique.....	47
3.1.3. L'éclairage architectural	49
3.2. L'arrivée de la LED au théâtre	52
3.2.1. La LED comme appareil d'éclairage	52
3.2.2. Les avancées des constructeurs	55
3.2.3. Les salles équipées à LED.....	57
CHAPITRE 4. UTILISATION DE LA LED AU THEÂTRE	60
4.1. La LED en conception lumière	60
4.1.1. La LED en éclairage ponctuel	60
4.1.2. Annie Leuridan, éclairagiste	67
4.1.3. Claude Régy, Rémi Godfroy et la LED	73
4.1.3.1 Claude Régy et la lumière.....	73
4.1.3.2 La LED au service du propos théâtral	75
4.1.3.3 Dans des spectacles de Claude Régy	77
4.1.4. <i>Le recours aux forêts</i> , théâtre Jean-Claude Carrière	80
4.2. Innover sans révolutionner les habitudes	84
4.3. Réflexion autour de la LED : Interrogations et expériences.....	86
4.3.1. Regard sur la LED	86
4.3.2. Expérimentation de la LED	87
4.3.2.1. Tests pratiques, ENSATT, février 2014	87
4.3.2.2. Un projet : <i>La Dispute</i> de Marivaux.....	89
4.3.3. Problématiques émergentes	93
CONCLUSION	96
ANNEXES	97
GLOSSAIRE	107

TABLE DES ILLUSTRATIONS..... 110

BIBLIOGRAPHIE 112

REMERCIEMENTS 117

INTRODUCTION

La LED est un sujet d'actualité, on la trouve de plus en plus dans des éclairages de bâtiment, dans des luminaires domestiques, dans des projecteurs asservis (projecteurs motorisés qui pivotent sur eux-mêmes), pour du concert, etc. On se pose énormément de questions à propos de cette technologie, d'ordre technique écologique ou économique. Sur le plan économique, la LED est un investissement, ce sont des produits onéreux à l'achat (c'est une technologie en plein essor qui n'est pas encore répandue partout) mais qui deviennent rentables par la suite. Ce sont des appareils qui consomment très peu d'énergie et de puissance électrique, ils peuvent rester allumés pendant des heures sans que cela se ressente sur les factures d'électricités. De plus, ces lampes disposent d'une longue durée de vie, plusieurs milliers d'heures, ce qui implique qu'il n'y a pas besoin de les changer souvent et leur prix est rapidement rentabilisé. La question écologique qui se développe avec la LED est plus controversée. En effet, comme elle ne consomme quasiment pas de puissance électrique, la LED permet de faire des économies d'énergie considérables. Mais ceci n'est valable qu'au moment de l'utilisation de la LED, la fabrication de cette technologie est très polluante bien que ce ne soit que peu évoqué. En effet, les entreprises usent de matériaux ultra-polluants, comme les terres rares, métaux extraits et transformés (principalement en Chine) pour fabriquer les diodes. Mais lors de leur transformation, ces matériaux polluent énormément et produisent des déchets radioactifs, ce qui a une incidence sur l'environnement non négligeable... Mais cet élément est malheureusement passé sous silence lorsqu'on parle de la LED, on ne voit que le côté écologique à la l'utilisation.

Pour ma part, même si je trouve ces aspects importants de la LED, ils amènent beaucoup d'interrogations mais ce n'est pas ça qui m'a donné envie d'en parler. Les questions que je me suis posées viennent d'une approche beaucoup plus

technique et concrète. La première fois que j'ai été amenée à prendre en main cette technologie, c'était il y a quatre ans, lors d'un stage chez un prestataire à Nîmes. A ce moment, je ne savais pas trop ce que c'était que la LED à part que c'était un projecteur très pratique qui sortait encore constamment du dépôt. Cet outil servait pour du concert, pour éclairer des fonds de scène ou certaines structures métalliques et donner un plus à l'univers lumineux mis en place, et il était aussi employé dans des conventions pour habiller les espaces de réception et donner vie aux grandes tentes blanches installées pour de nombreux événements d'entreprises ou de particuliers : des changements de teintes permettaient différentes ambiances entre le cocktail et le diner, ou encore l'installation des couleurs d'une entreprise... J'ai trouvé ces projecteurs très efficaces, simples d'installation et d'utilisation pour moi qui était électrotechnicienne et j'ai pris beaucoup de plaisir à voir des éclairagistes les mélanger avec du traditionnel pour construire des états lumineux très réussis. Après ce stage, j'ai continué à travailler avec ce prestataire et à me servir de la LED. Après quelques mois, me suis tournée vers le théâtre et vers l'ENSATT et une de mes premières interrogations a été de savoir pourquoi il y avait si peu de LED et d'asservis dans ce type d'éclairage et les réponses que j'ai eu étaient très tranchées : c'est du matériel de mauvaise qualité, le faisceau*¹ n'est pas propre, ça ne gradue pas ou très mal, les couleurs sont criardes... Il ne semblait n'y avoir que des côtés négatifs à l'intégrer en éclairage de spectacle et je n'étais pas d'accord car j'en avais vu une utilisation juste sur de l'événementiel et cette technologie ne posait pas de problème.

Doucement, je me suis mise à comprendre que pour toute innovation technique, il y a un pas à franchir pour accepter cette nouveauté et en lumière on préfère travailler avec de l'halogène et des filtres colorés plutôt qu'avec de la LED et

¹ (*) Renvoie à des définitions dans le glossaire, en fin de mémoire.

que c'est en partie une question d'habitude. Alors, au cours de mes recherches, je me suis intéressée au côté historique de l'éclairage et j'ai pris conscience que des remarques similaires à celles qu'on me faisait sur la LED avaient déjà été prononcées pour le passage entre le gaz et l'électricité dans l'éclairage de scène, que c'était une lumière désagréable, qu'elle dévoilait trop, comme en témoigne un article paru dans *La revue des deux Mondes*, en Mars 1878 :

« En résumé, comme quantité et qualité de lumière, la lumière électrique dépasse de beaucoup celle des flammes, et comme éclat, elle approche ou même dépasse celui du soleil. Or, c'est précisément cette immense profusion de pouvoir éclairant qu'on reproche à la lumière électrique. On se dit qu'elle est exagérée, qu'elle dépasse nos besoins, qu'elle embarrasse par son excès, qu'il faudrait la diviser, et l'on soutient qu'elle n'est pas divisible. Les gens qui tiennent aux vieilles habitudes, que le progrès effraie par instinct, et ces gens sont nombreux dans notre pays, ne voient dans cette splendeur et dans cet éclat qu'un nouveau motif de répulsion [...] »²

L'arrivée de cette lumière a créé de véritables bouleversements des habitudes à cette époque, il a fallu une vingtaine d'années et l'arrivée du filament en électricité pour qu'on accepte ce type d'éclairage : dans les théâtres, l'électricité avait beau être moins dangereuse que le gaz, elle ne plaisait pas car on voyait les moindres détails dans les décors et leur manufacture, tous les défauts dans les toiles peintes apparaissaient, ce qui était caché auparavant avec la faible luminosité de la flamme se retrouvait en pleine lumière... Je me suis alors dit qu'on pouvait en faire une analogie avec la LED, sa lumière, ses couleurs et son impact sur les décors et les corps qui ne sont pas encore bien acceptés. Mais, de même que pour l'électricité, ça fait maintenant une quinzaine d'années que la LED existe, qu'elle est développée pour des projecteurs, elle commence à être grandement améliorée et à apparaître dans des conceptions lumière de spectacle vivant.

² Alain Beltran, *La fée électricité*, édition Découvertes Gallimard Science et Technique, p. 130

Tous ces questionnements m'amènent à me demander en quoi la LED peut changer l'art de la lumière au théâtre.

Qu'est-ce que cette technologie ? Va-t-elle engendrer seulement des mutations technologiques ou aussi des changements artistiques ? Quelles vont être les réflexions à avoir en tant qu'éclairagiste pour utiliser cette nouvelle source de lumière en conception ? Est-ce une solution de remplacement au tungstène ? Est-ce un nouvel outil lumière à allier avec d'autres éléments dans un éclairage ? Je vais m'intéresser à ces questions en essayant d'abord de comprendre ce qu'est la LED et quelles caractéristiques vont permettre de l'intégrer en éclairage, autant d'un point de vue technique qu'artistique. J'espère que mes recherches vont m'apporter des réponses, mais je dois signaler que la LED est un élément nouveau en lumière, qui évolue constamment et rapidement et certaines de mes avancées seront obsolètes d'ici peu.

CHAPITRE 1. COMPRENDRE LA TECHNOLOGIE LED

1.1. Histoire de la LED

1.1.1. Ses inventeurs

La LED est décrite comme une nouvelle technologie. Ce n'est pas tout à fait vrai : le principe de la diode électroluminescente existe depuis presque un siècle. En 1907, le scientifique anglais H.J Round est le premier à s'apercevoir que le passage d'un courant asymétrique au travers d'un cristal de carbure de silicium (un semi-conducteur*) provoque une émission de lumière.

A Note on Carborundum.

To the Editors of Electrical World:

SIRS:—During an investigation of the unsymmetrical passage of current through a contact of carborundum and other substances a curious phenomenon was noted. On applying a potential of 10 volts between two points on a crystal of carborundum, the crystal gave out a yellowish light. Only one or two specimens could be found which gave a bright glow on such a low voltage, but with 110 volts a large number could be found to glow. In some crystals only edges gave the light and others gave instead of a yellow light green, orange or blue. In all cases tested the glow appears to come from the negative pole. a bright blue-green spark appearing at the positive pole. In a single crystal, if contact is made near the center with the negative pole, and the positive pole is put in contact at any other place, only one section of the crystal will glow and that the same section wherever the positive pole is placed.

There seems to be some connection between the above effect and the e.m.f. produced by a junction of carborundum and another conductor when heated by a direct or alternating current; but the connection may be only secondary as an obvious explanation of the e.m.f. effect is the thermoelectric one. The writer would be glad of references to any published account of an investigation of this or any allied phenomena.

NEW YORK, N. Y.

H. J. ROUND.

1 Extrait des notes de Henry J. Round sur les LED

La première LED à proprement parler n'est fabriquée qu'en 1962 par Nick Holonyak (chercheur chez la Générale Electric Corporation), c'est une LED émettant dans le rouge avec un flux inférieur à 0,01 lm. En 1967, la société Monsanto – par l'intermédiaire de George Craford (ingénieur en génie électrique) – met au point la première LED jaune. Dès lors, les diodes électroluminescentes sont développées par plusieurs groupes industriels (IBM, GE, RCA...) qui l'utilisent dans des composants électroniques comme voyant lumineux et malgré sa petite taille, le prix d'une LED est très élevé, environ 260\$ pour une LED, il est encore difficile de s'en servir pour n'importe quel usage.

Jusqu'ici, il n'existe que deux couleurs de LED, rouge ou jaune et il faut attendre 1993 pour que la première LED bleue voie le jour. Ce sont les recherches de Shuji Nakamura (scientifique japonais dont les travaux s'accroissent sur la LED) sur la composition du semi-conducteur* qui vont lui permettre de découvrir les LED bleues, en remplaçant le GaP (phosphore de Gallium) par du GaN (nitrure de Gallium). C'est la société NICHIA (société japonaise qui se spécialise dans la fabrication de phosphores, de semi-conducteurs* et donc de LED) qui va commercialiser ces LED bleues en suivant les suggestions de Nakamura, de mélanger le semi-conducteur* de la LED bleue à un luminophore jaune, et cette société met sur le marché la première LED blanche dès 1995.

A la fin des années 90, Philips et HP lancent la première LED dite « de puissance », en augmentant la dimension des boîtiers, des puces semi-conductrices et le courant qui les traverse. On peut alors s'intéresser vraiment à l'utilisation de la LED comme outil d'éclairage, le flux lumineux* est bien plus important que pour une simple diode, sans pour autant avoir une consommation électrique trop importante.

A partir de ce moment-là, il est possible d'en fabriquer de toutes les couleurs du spectre et de différentes tailles. Les nouvelles avancées se font

désormais sur l'amélioration de la technologie et non plus sur sa découverte : des changements sont opérés sur le semi-conducteur*, le substrat, l'alimentation, ou encore le boîtier.

1.1.2. De simple diode à appareil d'éclairage

En une quarantaine d'années, la LED s'est complètement transformée, elle ne sert plus seulement d'indicateur lumineux. On peut faire beaucoup plus avec, et son inventeur, Nick Holoniak le soupçonnait déjà dans les années 60 :

« Si tout se passait comme prévu, la lampe du futur serait certainement constituée d'un petit morceau de métal de la taille d'une mine de crayon, qui serait pratiquement indestructible, qui ne pourrait jamais griller et qui convertirait dix fois plus de lumière que ne le font les lampes d'aujourd'hui. »³

Visionnaire pour l'époque, ses propos sont réalistes aujourd'hui...

En effet, les développements de la technologie LED s'accélérent et en seulement 20 ans, on passe de diode d'une efficacité de quelques lumens par Watt à plus de 100 lm/W et l'utilisation des LED dans des appareils d'éclairage est multipliée : dès sa découverte, la LED est employée dans des circuits et des composants électroniques, comme témoin lumineux, rouge ou jaune, on la trouve aussi dans la signalisation routière.

Sa présence dans d'autres domaines s'étend à partir du moment où elle est vraiment développée et opérationnelle : dans les années 2000, on la trouve dans la composition d'écrans de télévision, dans le rétro-éclairage d'ordinateurs, dans les feux de voitures... Elle se développe aussi en éclairage, avec la création des lampes à LED et des appareils d'éclairage à LED qui sont optimisés.

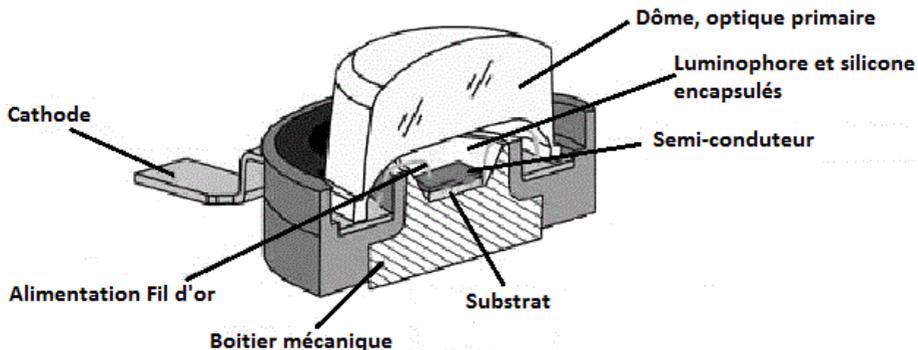
³ Nick Holoniak cité par Laurent Massol, *Les LED pour l'éclairage*, Dunod, Paris 2012, p. 23.

1.2. Les fondamentaux

1.2.1. Composition d'une LED

Une LED émet de la lumière lorsqu'elle est traversée par un courant. Sa constitution va induire sa qualité. Elle est composée de plusieurs éléments :

- Le semi-conducteur* (puce)
- Le substrat (socle du semi-conducteur*)
- L'alimentation du semi-conducteur*
- Le boîtier mécanique
- Le luminophore
- Résine/ dôme en silicone

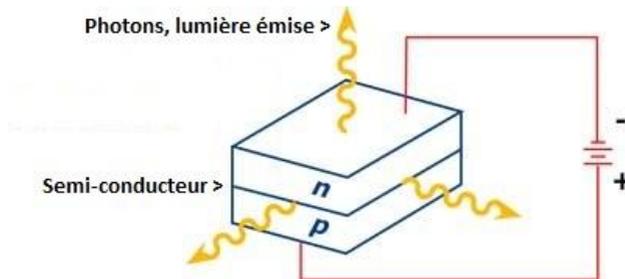


2 Descriptif des composants d'une LED

Le semi-conducteur*

Une LED est caractérisée par son semi-conducteur*. C'est la seule technologie dont la zone active de l'émission lumineuse est solide et composée de couches de matériaux dopés différemment (couche N et couche P) pour permettre aux électrons de passer d'un état d'excitation à un autre. Ce changement d'état

permet de produire une émission de photons, donc de lumière, c'est l'électroluminescence (lumière émise en fonction d'un courant transmis). La nature de la lumière et sa qualité dépendra du type de semi-conducteur* développé et suivant le matériau choisi et le dopage qu'on lui donne, il est possible de produire des semi-conducteurs* avec des longueurs d'onde déterminées. Le matériau principalement utilisé est le Gallium, souvent sous la forme de GaN (Nitrure de Gallium) mais aussi sous d'autres formes GaAlAs (Arséniure de Gallium-aluminium), AlGaInP (gallium d'aluminium phosphure d'indium), GaAsP (Phospho-arséniure de Gallium), InGaN (Nitrure de gallium-indium), suivant l'émission lumineuse souhaitée.



3 Fonctionnement du semi-conducteur*

Le substrat

C'est le socle sur lequel le semi-conducteur* est fabriqué, avec l'empilement de couches successives de matériaux dopés suivant différents dosages. L'idéal serait qu'il soit du même matériau que le semi-conducteur*, mais c'est encore trop complexe à concevoir. D'autres substrats sont appliqués et doivent avoir une excellente conductivité thermique et des propriétés cristallographiques proches de celles du semi-conducteur* pour une bonne dissipation de la chaleur et éviter d'être confrontés aux défauts du matériau de la puce semi-conductrice. Deux matériaux se

trouvent principalement dans la composition du socle, le saphir ou le carbure de silicium :

- Le saphir est utilisé à cause de son faible coût (3 fois moins cher que le carbure de silicium) mais en échange sa conductivité est moyenne (46 W/m.K, Watt par mètre Kelvin) et ses propriétés cristallographiques sont différentes, ce qui entraîne une faiblesse prématurée de l'association semi-conducteur*/substrat et limite les performances de la LED.
- Le carbure de silicium est un bien meilleur substrat tant au niveau de sa conductivité (120W/m.K) que de ses propriétés cristallographiques qui sont quasiment identiques à celle du semi-conducteur*. Evidemment, le coût n'est pas le même...

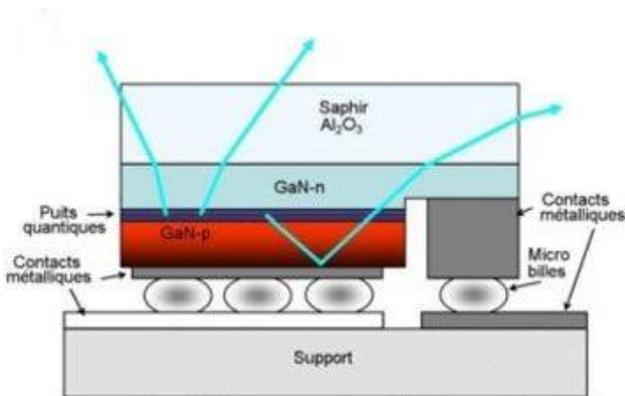
Depuis 2011, de nouveaux substrats sont testés, comme le silicium ou le diamant synthétique, mais tous ne sont pas encore complètement convaincants en dehors des tests en laboratoire.

L'alimentation

L'alimentation du semi-conducteur* peut se faire de 3 manières. L'alimentation par fil d'or est la technique la plus ancienne et la plus maîtrisée. Entre un et quatre fils d'or sont employés pour relier le semi-conducteur* à son support. Pour les LED on utilise principalement la liaison « ball bonding ». C'est une technique qu'on trouve encore très souvent car on ne lui connaît que peu de défauts majeurs : il y a peu de risque que l'alimentation de la LED ne se fasse plus à cause d'une coupure des connecteurs (les fils d'or).

L'alimentation par microbille est plus récente. C'est la société Philips Lumileds qui a lancé cette technique en fabriquant des puces de LED particulières : la puce « flip

chip ». Le schéma suivant montre bien la place des microbilles dans la construction d'une diode. Lors de sa fabrication, cette dernière est retournée au moment de l'assemblage du semi-conducteur* au substrat et des microbilles sont insérées entre les deux. Ces microbilles alimentent le semi-conducteur* et permettent de faciliter la dissipation de la chaleur produite. Comme le contact avec le semi-conducteur* est direct et par le bas, cette technologie apporte quelques avantages optiques, il n'y pas de composant qui gêne pour rapprocher au maximum les optiques de la LED et on peut ainsi obtenir une meilleure extraction lumineuse.



4 Alimentation par microbilles, schéma extrait Des Led pour l'éclairage, de Laurent Massol

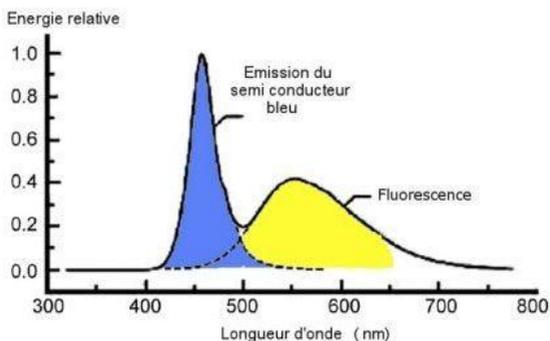
Un dernier type d'alimentation très récent commence à se répandre, c'est le « direct attach ». Il y a un contact direct depuis le bord de la puce jusqu'au substrat, et ça permet d'éviter certains problèmes qu'on peut avoir avec les fils d'or : l'évacuation de la chaleur est plus rapide, la diffusion de la lumière est meilleure car sa surface est plus grande et la LED vieillit moins vite.

Le boîtier mécanique

C'est un élément important dans la composition d'une LED puisque c'est lui contient le semi-conducteur*, il doit en extraire le maximum de chaleur pour que la durée de vie de la LED s'améliore et que les composants soient préservés le mieux possible. Jusqu'au début des années 2000, les boîtiers étaient en résine dure pour évoluer vers des boîtiers en céramique aujourd'hui.

Le luminophore

Cet élément se retrouve surtout dans la fabrication des LED blanches. C'est une substance chimique, un phosphore jaune qui réagit avec le semi-conducteur*. La puce émet une radiation bleue dont une partie est absorbée par le luminophore. Celui-ci envoie alors une lumière « jaune » à large spectre qui se mélange avec la radiation bleue restante et reconstitue une lumière blanche. La qualité de cette lumière obtenue dépend des luminophores mélangés au semi-conducteur*. Désormais on préfère associer plusieurs luminophores à la puce pour obtenir un meilleur blanc.



5 Graphique du mélange entre une LED bleue et un luminophore jaune, schéma extrait Des LED pour l'éclairage, de Laurent Massol

Le dôme

C'est l'élément qui permet de protéger la LED et tous ses composants. Il est généralement fabriqué en résine ou de plus en plus en silicone. Ce dôme de protection peut être transparent et servir à l'extraction de la lumière, mais le luminophore peut aussi être directement intégré et dans ce cas-là, le dôme ne sert qu'à l'encapsulation, la lumière est émise directement à travers l'ensemble résine + luminophore.

1.2.2. Récupération de la lumière

Pour récupérer la lumière émise par une LED, il existe deux types d'optiques : les optiques primaires qui font partie intégrante des composants de la diode et les optiques secondaires qui sont rajoutées pour optimiser et adapter le faisceau* lumineux suivant l'utilisation de la LED. Il y a plusieurs éléments qui composent l'optique primaire d'une LED :

- Le réflecteur, qui permet de récupérer et concentrer le maximum de l'émission de lumière pour ne rien perdre au moment de l'extraction de celle-ci. C'est un procédé ancien (développé il y a une vingtaine d'années) qui ne s'utilise pas dans toutes les technologies d'optique primaire.
- Le dôme et la lentille primaire, qui recouvrent la LED et ne constituent souvent qu'un seul élément. Le dôme peut être en résine ou en silicone (pour les LED de puissance), mais la lentille primaire peut aussi se retrouver directement mélangée au luminophore, en contact direct avec le semi-conducteur*.
- Le miroir, installé en-dessous de la zone active, dans le semi-conducteur*, pour récupérer au maximum la lumière émise, mais de manière ponctuelle

(contrairement au réflecteur). Il n'est pas présent sur toutes les LED, il sert surtout pour celles qui nécessitent un traitement optique et pas une diffusion maximale de la lumière.

- L'optique secondaire sert à mettre en forme le faisceau* lumineux dans certains appareils, suivant l'exploitation de la LED. On ne la trouve pas dans toutes les applications mais pour les projecteurs scéniques oui.

1.2.3. Le blanc des LED

Il existe différentes méthodes pour faire du blanc avec les LED. Il faut prendre en compte plusieurs paramètres : la température de couleur*, l'indice de rendu de couleur (IRC*), le rendement*, pour essayer d'obtenir avec les différentes technologies un blanc de la meilleure qualité possible, bien sûr en constante évolution. On peut compter deux manières vraiment distinctes de faire du blanc. La première consiste à mélanger des diodes de couleur, par synthèse additive* : on utilise la combinaison de LED RGB (Red, Green, Bleu) pour reconstituer du blanc. Cette méthode est de moins en moins utilisée car le rendu n'est pas bon. En effet, on mélange trois LED de couleurs quasiment monochromatiques (seulement une petite plage de longueurs d'ondes possibles), qui ne donnent pas une qualité de lumière blanche convaincante et le rendement* est assez moyen, aux alentours de 40 lm/W. En éclairage scénique, ce sont des LED RGB de forte puissance qui sont mises en œuvre, elles sont plus performantes que les autres car les composants sont boostés pour tenir dans des conditions difficiles (en extérieur, souvent manipulés) et pour avoir des fortes résistances thermiques. On rajoute souvent une quatrième, voire une cinquième couleur pour obtenir un blanc de meilleure qualité. Ces LED additionnelles sont souvent ambre ou parfois blanches, ce qui permet d'améliorer et de choisir en partie la température de couleur* du blanc.

Obtenir le blanc est aussi faisable avec des LED dites « blanches ». Elles n'existent pas vraiment, mais en superposant deux matériaux, il est possible de les fabriquer. Il existe deux méthodes assez similaires : la combinaison du semi-conducteur* bleu et d'un luminophore (ou plusieurs) et la combinaison d'un semi-conducteur* proche de l'ultraviolet et de luminophore. Ce sont ces associations qui permettent de reconstituer la lumière blanche, de la même façon que les tubes fluorescents. La différence entre les deux méthodes se situe surtout au niveau du semi-conducteur* où les longueurs d'onde émises sont différentes, pour le bleu c'est autour de 450nm tandis que pour l'ultra-violet la longueur d'onde se situe entre 405 et 410nm. Aujourd'hui, on se tourne de plus en plus vers la combinaison d'un semi-conducteur* qui émet des ultra-violets avec plusieurs luminophores car la lumière visible émise par l'ensemble est de meilleure qualité qu'avec un semi-conducteur* bleu et elle possède un meilleur IRC*. Cette technique permet de s'éloigner d'une lumière trop monochromatique, le spectre de LED blanche se rapproche beaucoup du spectre de la lumière blanche, malgré quelques imperfections... Il faut noter l'absence de certaines longueurs d'onde dans le spectre de LED blanches, celles autour de 500nm sont peu présentes par exemple. Pour tenter de palier à ses défauts de spectre, depuis quelques années les constructeurs prennent le parti de ne pas s'arrêter à ajouter un seul luminophore à la puce, ils se sont rendu compte qu'en additionnant plusieurs substances, ils obtiennent une meilleure qualité de blanc et qu'ils peuvent faire varier sa température de couleur*. On est désormais sur des palettes de LED blanches qui vont de 2500K à 6000K suivant l'association de composants choisis et leurs rendements*. A noter qu'en moyenne, le rendement* de ces LED blanches atteint 120 lm/W en laboratoire et 95 lm/W dans le commerce, bien qu'on soit en passe d'obtenir des rendements supérieur à 100lm/W d'ici peu.

1.2.4. La LED de puissance

L'arrivée des LED de puissance est due à une nécessité d'éclairer. Elle est à la base constituée des mêmes éléments qu'une autre diode, qu'elle soit de couleur ou blanche. A partir du moment où la fabrication des LED blanches a été lancée, il a très vite été question d'améliorer leurs performances pour s'en servir en éclairage et disposer d'une alternative aux ampoules à incandescence. On considère qu'une LED est dite de puissance à partir de 0,25 W, jusqu'à plusieurs Watts. Chaque composant évolue et obtient un meilleur rendement*, et il est aussi possible au fil des changements des LED de diminuer l'extraction de chaleur qui pose problème. Les puces semi-conductrices se sont vues grandement améliorées, elles sont plus grosses et des courants forts peuvent les traverser, autour de 100A/cm². Elles évoluent au niveau de leurs formes, c'est-à-dire que les LED monopuces sont délaissées pour faire place aux matrices de LED puis aux LED multipuces, plus complexes et plus performantes. Ces utilisations de multipuces ou de matrices ont été développées pour donner de meilleures performances à des LED blanches et obtenir des LED de puissance. En les reprenant dans l'ordre, il y a :

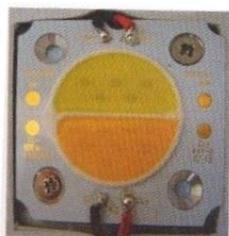
- Les LED multipuces sont plusieurs puces soudées ensemble dans un même boîtier, sur une carte électronique, avec une dissipation thermique commune. Les multipuces se trouvent autant dans des LED de faible puissance (< 0.1W) que dans des LED de forte puissance (> 1W)
- Les Modules COB (Chip On Board) disposent d'une interface thermique différente d'une multipuce en gel ou en silicone. Ils sont indépendants, plusieurs puces semi-conductrices les unes à côté des autres se fixent sur des supports spéciaux (en aluminium ou en céramique), sans passer par des supports mécaniques. Le dépôt du luminophore se fait directement sur le semi-conducteur*, il est mélangé à du silicone et cette application évite

d'avoir à rajouter une optique primaire sur la LED. C'est donc une simplification de la structure d'une LED. Cette technologie peut s'implanter directement dans un réflecteur et produire facilement la lumière d'un projecteur, sans toutefois avoir une homogénéité du faisceau* parfaite. C'est un procédé à faible coût avec des rendements* jusqu'à 70 lm/W.

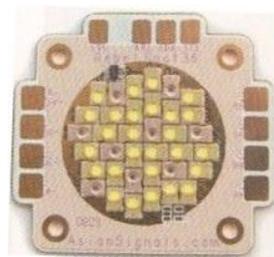
- Les modules de LED sont apparus suite à une volonté de standardisation du marché de l'éclairage à LED et les fabricants se sont retrouvés à concevoir des modules communs (constitués d'un circuit imprimé, de la LED et d'une même gestion électronique) qui s'intègrent au final dans des éléments de différents constructeurs. Par exemple, un même modèle de Module de LED peut s'adapter dans deux plafonniers de sociétés différentes.



LED multipuces



Module COB



Module de LED

6 Images extraites des LED pour l'éclairage de Laurent Massol

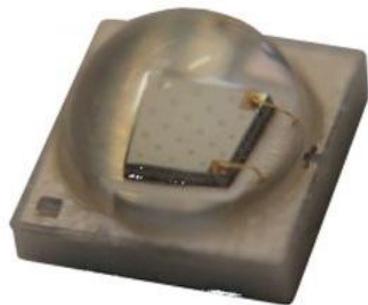
Ces combinaisons de puces-semi conductrices nous permettent d'améliorer la puissance disponible dans une LED et d'obtenir des rendements* lumineux toujours plus élevés. La barre des 100lm/W a été passée il y a peu de temps tout en gardant des IRC* élevés (autour de 90)...

Les semi-conducteurs* sont donc plus gros et plus puissants, la gestion thermique est d'autant plus importante pour garder une durée de vie acceptable des

LED. Il est alors question des évolutions des boîtiers mécaniques qui sont réalisés dans un seul but : extraire le maximum de chaleur du cœur des LED pour préserver leurs performances optiques le plus longtemps possible. Différents types de boîtiers sont créés, les « LED 5mm », les « LED de type piranha », les « LED de type CMS » (Composants Montés en Surface). Pour les LED 5mm ou les LED de type piranha, la dissipation thermique se fait grâce aux pattes d'alimentation du boîtier. Les LED de type CMS sont faites pour des puces de grandes tailles et les boîtiers disposent de dissipateurs pour l'extraction thermique (des « pad » thermiques). Ce sont des surfaces sur lesquelles les puces sont intégrées. Pour les LED de puissance c'est la dernière méthode, de CMS, qui a surtout été développée. Au départ, au début des années 2000, deux types de matériaux sont utilisés dans la fabrication de ces boîtiers : en résine ou en céramique. Les constructeurs se sont vite rendus compte que les boîtiers en céramique étaient plus simples à mettre en œuvre, avec une meilleure résistance aux hautes températures, et avec la possibilité d'avoir des boîtiers plus compact qu'avec la résine.



7 Boîtier CMS en résine



8 Boîtier CMS en céramique

1.2.5. La constante évolution de la LED

La LED est une technologie actuelle qui est encore en évolution, il est difficile d'en décrire simplement tous les principes et les composants, sachant que la moitié d'entre eux sont une base et seront obsolètes dans moins de dix ans. La LED suit d'ailleurs le même principe que les ordinateurs et les développements électroniques avec la loi de Moore. Pour la LED, c'est la loi de Haitz qui stipule que les performances des LED doublent tous les trois ans, alors que les prix sont divisés par dix tous les dix ans. Depuis quelques années, il semble que les progrès soient plus rapides, avec un doublement tous les deux ans. En étudiant cette technologie, je me rends compte qu'il est compliqué de savoir où ses performances s'arrêtent, à quel moment on arrive à la limite des capacités d'un composant particulier. C'est aussi facile de se mélanger entre tous les différents procédés qui constituent les LED car les industriels et fabricants sortent tous des nouvelles techniques, similaires, pour arriver quasiment au même résultat. Cette profusion de techniques est due à un manque de normalisation de la fabrication et la constitution d'une LED, rien ne donne un cadre aux fabricants. Un semblant de norme est seulement en train d'arriver avec les modules de LED où les constructeurs se sont mis d'accord pour sortir un modèle standard.

Depuis quelques mois maintenant, on atteint le seuil des 100 lm/W au niveau des performances des LED, tout en gardant un bon IRC*, généralement compris entre 75 et 90 pour des températures de couleur autour de 4000K. On est aussi capable d'avoir des LED blanches qui vont d'un blanc à 2500K jusqu'à des blancs de 6000K. On tient enfin le blanc chaud avec la LED, sans avoir de gélatines ou de correcteurs à rajouter. Le mélange de plusieurs luminophores est à la base de ces progrès. De gros efforts ont aussi été faits par les constructeurs pour le « Packaging

électronique » des LED, qui comprend l'alimentation électrique, la protection mécanique et la dissipation thermique :

- On est passé d'une alimentation à fil d'or à une alimentation à microbille et maintenant en « direct attach » qui rend plus performant le passage du courant au travers de la LED.
- Pour la protection mécanique, les boîtiers LED les plus récents et les plus opérationnels sont composés de supports en céramique avec « pad thermique » (les LED de type CMS), auquel on ajoute les dômes en silicone avec parfois le luminophore directement intégré à ces derniers.
- Pour les substrats, les plus rentables qui gardent des propriétés intéressantes pour le lien avec le semi-conducteur* sont le saphir, et surtout le carbure de silicium. Mais certaines sociétés développent des substrats à base de silicium ou de cuivre qui ont de très bons rendements* et une meilleure dissipation thermique mais qui ne sont pas encore utilisés à très grande échelle industrielle et pour tout type de LED.

Bien sûr, malgré toutes ces évolutions et ces performances des LED, il faut faire attention à la profusion de propositions de diodes par de multiples fabricants, il ne faut pas utiliser n'importe quelle LED pour n'importe quelle application. Il y a des choix à faire : en éclairage scénique, on a besoin d'un minimum d'éclairage, d'une lumière qui puisse être focalisable pour l'orienter sur des réflecteurs, de températures de couleur particulières, ou de couleurs...

Au cours mes recherches, je me suis d'abord intéressée à la LED à une échelle quasiment microscopique et sur le fonctionnement des composants eux-mêmes, ce qui est décrit dans ce premier chapitre. Il était indispensable pour moi de comprendre les matériaux et cette nouvelle technologie avant d'étudier son

fonctionnement en situation et de discerner les caractéristiques techniques de la LED.

CHAPITRE 2. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

2.1. Exigences techniques

2.1.1. Nature de la lumière LED

La lumière des LED a un spectre d'émission particulier. Les LED colorées ont des longueurs d'ondes monochromatiques tandis que les LED blanches s'approchent de l'intégralité du spectre visible de la lumière blanche. L'éclairage traditionnel, les lampes à filament, rendent une lumière chaleureuse, qui accroche, qui saisit les objets sur lesquels elle se réfléchit, leur donnant du volume, mettant en valeur le grain de peau et le tissu des costumes. La lumière LED, elle, est une lumière diffuse, non directive par nature, elle apparaît beaucoup plus lisse, plus plate sur les objets et les gens qu'elle éclaire, sa nature est proche de celle des fluos, dont la lumière est émise suivant le même principe d'électroluminescence et le mélange d'un semi-conducteur et d'un luminophore. Après discussion avec des fabricants (lors d'une intervention d'ETC/AVAB à l'ENSATT le 13 février 2014), cette différence est due à la quantité de sources qui émettent pour chacune de ces deux technologies : pour le tungstène, toute la lumière est concentrée sur les 2cm² du filament de l'ampoule, alors que la LED est constituée d'une multitude de petites sources regroupées derrière un condenseur qui récupère toute la lumière et la rend plus uniforme, d'où cette impression de lumière lisse. Le rendu de ces deux techniques est sensiblement différent, les qualités de faisceau* et de colorimétrie des LED sont nouvelles, inhabituelles, on a encore du mal à savoir si c'est une lumière pertinente en éclairage ou pas. Le compositeur de musique Kasper T. Toeplitz a travaillé avec des LED. Interviewé dans Patch (magazine belge) en 2010, il nous donne son avis :

« Les LED proposent une qualité de lumière différente des projecteurs et lampes traditionnelles (...) Ces technologies offrent de nouvelles

possibilités, de nouvelles potentialités, tant techniques qu'artistiques.

»⁴

C'est vraiment un élément nouveau à prendre en compte dans des conceptions, un nouvel outil. C'est une lumière différente, il faut retenir ce mot : différente. Ça ne veut pas dire laide ou inappropriée, ça signifie qu'il faut porter un autre regard dessus, être curieux, comprendre comment l'utiliser. Différente ne veut pas dire à rejeter et c'est ce qui pose problème par rapport aux habitudes sociales et professionnelles de l'utilisation de la lumière artificielle : en occident, on a l'habitude d'un blanc chaud dès qu'on allume une lampe chez soi et les LED proposent plutôt une lumière blanche froide. La tendance s'inverse puisqu'on est désormais capable de créer des blancs chauds avec les LED (température de couleur* jusqu'à 2700K). Par contre, il faut savoir que ce ne sera jamais la même chaleur que les lampes à filament car les LED n'émettent pas dans les infrarouges et il ne peut pas y avoir la sensation de chaleur.

Qui dit lumière, dit ombre, et en lumière on a le souci de l'ombre, de l'ombre nette. L'arrivée de la LED a semé un trouble, avec son caractère lisse et aplati. Comment les utiliser tout en gardant à l'esprit nos envies d'ombre unique, nette ? Est-il possible de récupérer un faisceau* propre, qui puisse avoir des bords marqués ? Il a fallu attendre qu'il soit possible de les intégrer dans des projecteurs de découpe, avec des systèmes optiques avec lentilles. Depuis, le problème de l'ombre se ressent moins : la nature de la lumière n'est pas la même, l'ombre change, mais elle est nette. Par contre, ce rendu est difficile à obtenir sur certaines sources à LED de couleur, sur des projecteurs dits « Wash », sans optique, sur des PAR LED en RGB on va avoir plusieurs ombres qui risquent de se superposer. Pour des sources de grosse puissance, comme un Fresnel 5kW qui est puissant et qui produit une belle

⁴ Kasper T. Toeplitz, *LED et contrôleurs DMX : à la croisée de la lumière et de la musique*, PATCH n°11, mars 2010, p. 27.

ombre unique, il est encore délicat d'avoir un équivalent... Mais ce n'est plus insurmontable comme on l'imaginait, les découpes à LED nous le prouvent, la technologie évolue encore, et les constructeurs cherchent toujours à pallier les défauts des projecteurs LED et à en améliorer les optiques pour se soumettre à certaines exigences techniques indispensables pour faire de la lumière en spectacle vivant.

2.1.2. Besoin de la « gradation »

La LED n'émet pas de la lumière en continu, c'est une suite de (très) nombreuses impulsions électrique qui engendre la lumière, mais elle est toujours saccadée. C'est pour cela qu'on a la possibilité de flasher CUT et net, voire en stroboscope avec ces projecteurs. D'un autre côté, un énorme travail a été mis en place pour récupérer une impression de variation lumineuse ininterrompue car la gradation est un élément indispensable pour mettre en place l'éclairage d'un spectacle sur sa durée. Il est nécessaire d'avoir différentes intensités possibles d'un projecteur. Avec cette technologie, c'est difficile de parler de « gradation », c'est un abus de langage. En fait, les LED effectuent une variation d'intensité lumineuse et pour qu'elles soient intégrées dans l'éclairage de spectacle, elles doivent répondre à cette nécessité de graduer la lumière. C'est un point sur lequel la majorité des éclairagistes ne peut pas céder, la technologie doit s'adapter à ce besoin. Pour Jean-Jacques Monier (directeur technique du TNS), la gradation des LED est essentielle, on doit retrouver « *toutes les étapes entre le noir et le plein feu (...). Si ce n'était pas le cas, leur usage serait limité, voire impossible dans le spectacle.* »⁵ Pour la LED, le problème s'est trouvé dans les faibles lumières. Avec la LED on est capable d'avoir

⁵ Jean-Jacques Monier, *Le passage aux LED*, PATCH n°11, Mars 2010, p. 36.

cette impression de gradation et de faire varier les intensités d'un projecteur de 0 à 100%, sur certains appareils le seul bémol est d'avoir un « saut » de pas sur le premier pas DMX*, entre 0 et 1%, la LED s'allume CUT. Il y a de ça trois ans, le développeur multidisciplinaire (art et science) Cyrille Henry, reprochait à la LED « *la difficulté de produire une gradation lisse dans les petites intensités.* »⁶ Dans un échange de mails entre éclairagistes de l'UCL (Union des Créateurs Lumière) ce sujet était récurrent, quels projecteurs sont capables de passer en douceur ce premier pas DMX*... Il faut savoir que pour les LED, ce n'est pas le système d'alimentation électrique (les gradateurs* et le découpage de phase sur les triacs* comme pour les projecteurs halogènes) qui permet la gradation et donc la variation d'intensité lumineuse. C'est un composant électronique, le « driver », assemblé à la LED qui fait varier son intensité, et c'est sur cet élément qu'on peut modifier les capacités et les possibilités de noir ou de lumière. Aujourd'hui, en 2014, des solutions ont été trouvées, la gradation qui était un réel problème il y a 3 ans l'est beaucoup moins aujourd'hui. En discutant avec un régisseur lumière au théâtre Jean-Claude Carrière (Domaine d'O, Montpellier), j'ai découvert que les appareils sont désormais performants à ce niveau-là et pour affiner la variation, il suffit de trouver la courbe de réponse adaptée en console pour avoir un passage de lumière vraiment fluide. Les courbes les plus adaptées sont des exponentielles très longues à monter, qui permettent d'avoir plus de précision dans les premiers pourcentages d'intensité et de ne plus avoir la sensation d'un saut de lumière sec quand on allume un projecteur à LED.

⁶ Cyrille Henry, cité par Kasper T. Toeplitz, *LED et contrôleurs DMX : à la croisée de la lumière et de la musique*, PATCH n°11, mars 2010, p. 30.

2.1.3. Le blanc

C'est l'élément indispensable en lumière. On ne peut pas y déroger. Chez nous, dans les sociétés occidentales, le blanc le plus apprécié et qui sert de référence est celui d'une lampe à filament, d'une température de couleur* de 3200K, émettant une lumière orangée, chaleureuse. Quand ont commencé à se développer les LED de puissance, blanches, la température de couleur* tournait autour de 6500K, du fait du mélange entre un semi-conducteur* bleu et un luminophore jaune. Notre œil et nos habitudes lumineuses ont été choqués. C'était très froid, très dur et très lisse à la fois... Rien qui ne puisse nous enchanter et les dos de quelques éclairagistes se sont hérissés en voyant ces tristes performances dans le blanc il y a quelques années. Heureusement la technologie ne s'est pas arrêtée là. La teinte du blanc des LED a évolué, le blanc chaud est possible, on a maintenant à notre disposition des appareils produisant une lumière blanche froide ou chaude, voire les deux, avec une gamme de blancs variant entre 3200 et 6500K. Les constructeurs sont là pour répondre aux demandes des usagers (dont les éclairagistes) et c'est sur la qualité de blanc qu'ils sont intervenus, en mélangeant différents luminophores aux semi-conducteurs* ou comme le fabricant Lee Filter en créant une nouvelle collection de gélamines spéciale LED qui s'adapte directement au blanc froid et permet de récupérer différentes nuances de blanc chaud et certaines couleurs très utilisées en spectacle.

Par contre, je serais très curieuse de savoir comment ce passage aux LED et ce besoin de récupérer un blanc particulier s'est effectué dans une autre civilisation que la nôtre. En effet, les habitudes ne sont pas les mêmes suivant notre lieu de vie. C'est une question de culture. Dans *Lumière du futur*, Libero Zuppiroli et Daniel Schlaepfer (respectivement un professeur de physique des matériaux à l'EPFL de Lausanne et un artiste sculpteur de lumière) mettent en avant la différence d'éclairage suivant les habitudes culturelles. Chez nous, en occident, on préfère la

lumière chaude, un peu tamisée car elle nous rappelle la lumière d'une bougie et se rapproche de la chaleur d'un feu. En orient, on préfère une lumière froide à l'intérieur qui éclaire tout, qui permet de faire briller les objets et de rendre ceux qui sont blancs encore plus éclatant⁷. En Afrique, c'est aussi une lumière froide qui est utilisée, surtout le soir car elle a une présence forte et différencie vraiment la fraîcheur du soir et le repos de la chaleur épuisante de la journée. Au vu de ces éléments d'habitude et de quotidien, je me demande de quelle manière la LED et sa lumière plus généralement froide est perçue dans le monde, ailleurs qu'en occident. Est-ce que c'est aussi difficile à utiliser car trop perturbant sur des acteurs ? Ou, si la blancheur froide est habituelle dans le quotidien, la LED s'introduit-elle mieux en éclairage de spectacle, au moins par rapport à sa température de couleur* ? C'est une réponse que je n'ai pas encore... Cette question de température nous pose beaucoup de questions en éclairage de spectacle vivant mais elle est aussi très liée à la lumière du quotidien, qu'on retrouve dans les maisons, car c'est autant l'œil du concepteur lumière que celui du spectateur qui compte et ce dernier est très attaché à ses habitudes et ses repères visuels...

2.2. Spécificités et possibilités

2.2.1. La couleur

A la base, les LED ont un spectre quasiment monochromatique. Bien sûr, comme je l'ai expliqué plus haut, il est désormais possible de récupérer l'équivalent d'une lumière blanche, avec toutes les longueurs d'onde allant du bleu au rouge. Ce spectre monochromatique dominant est un avantage certain dès qu'on cherche à faire de la couleur avec les LED. A chaque couleur qui est émise par un projecteur,

⁷ Libero Zuppiroli, *Lumières du futur*, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2011, p. 43.

c'est l'addition de lumières monochromatiques, donc pures qui est envoyée. Ça donne une perception des couleurs parfaites pour l'œil humain. Il n'y a plus besoin de mettre des filtres colorés devant le faisceau* d'un projecteur, il n'y a plus de perte du flux lumineux* à cause des gélamines, plus de problème de changement de température de couleur* suivant l'intensité et donc d'impressions que les couleurs froides jaunissent à un faible pourcentage de lumière. Il est possible d'avoir des bleus qui restent bleus et froids de zéro à full, il y a plus de précision dans les couleurs froides avec la LED à faible intensité et elle a plus de force, de vitalité envoyée au maximum. Il existe désormais une gamme infinie de couleurs possibles avec les LED, et elles sont directement modifiables sur les consoles. Il suffit de créer des palettes de couleurs et de choisir celle désirée : par exemple un rouge vif un peu orangé pourra être fait avec un mélange de rouge et de vert, peut-être une pointe de bleu et il suffit de régler le pourcentage de chaque couleur primaire pour obtenir la couleur souhaitée. Le jeu sur les couleurs peut alors être très précis et pointilleux en fonction des scénographies et des costumes, sans se préoccuper de devoir changer ou non les gélamines déjà en place sur les projecteurs. C'est ce que souligne Kasper T. Toeplitz dans l'article de la revue *PATCH* :

*« Les LED permettent de nombreux changements de couleurs sans qu'il faille ajouter de gélamines. Des variations colorées très progressives deviennent possibles, ce qui dans un cadre classique reste complexe et onéreux ».*⁸

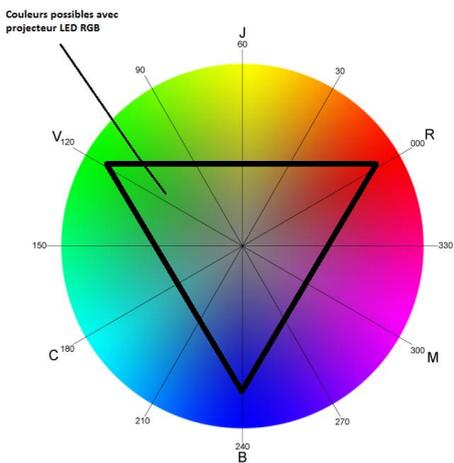
Créer des nappes colorées et lumineuses se fait beaucoup plus facilement. Des outils sont mis en place pour simplifier la mise en œuvre d'une couleur. Dans les consoles les plus récentes, on peut contrôler les palettes de couleur via les roues de contrôle

⁸ Kasper T. Toeplitz, *LED et contrôleurs DMX : à la croisée de la lumière et de la musique*, *PATCH* n°11, mars 2010, p. 29.

du panneau d'asservis mais aussi se baser sur un cercle chromatique dans lequel on va retrouver toutes les nuances possibles par l'appareil LED qu'on a en main.



9 Roues de contrôle (couleur) console lumière



10 Cercle chromatique, exemple pour les LED

Le travail avec le cercle chromatique n'a plus besoin de se faire suivant les pourcentages de chaque couleur RGB (au moins en surface, pour les utilisateurs), il est possible de le régler suivant la teinte, la saturation et l'intensité du faisceau* lumineux. Cette méthode du cercle chromatique permet aussi de réaliser très facilement des dégradés de couleur : par exemple, en partant d'une teinte bleue précise, je décide de la dégrader, je n'aurai à jouer que sur sa saturation, il n'y a pas besoin de réfléchir à la manière de conserver la même teinte suivant la différence de température de couleur* qui change selon la gradation pour les projecteurs halogènes...

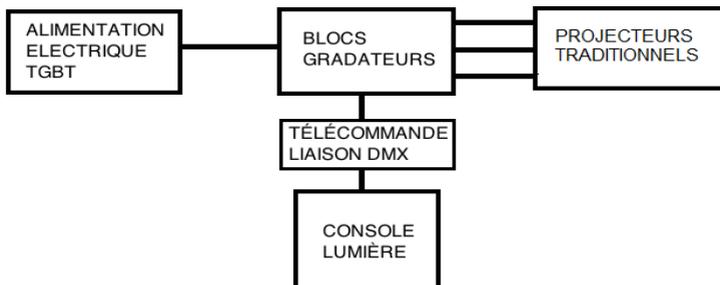
Par contre, comme pour toute technologie, la LED a ses défauts, même au niveau des couleurs où elle semble efficace au premier abord. Il existe un manque dans la restitution de certaines couleurs chaudes : il est difficile d'avoir les

équivalents exacts d'un nuancier (conçu pour des projecteurs traditionnels avec une température de couleur* de 3200K), la teinte se retrouve, ça reste subjectif suivant l'œil de l'éclairagiste, le problème se retrouve au niveau des équivalences pour une même intensité lumineuse entre un projecteur LED et un projecteur halogène avec un filtre coloré. Certains fabricants pallient à ce défaut en rajoutant des LED ambre au sein des appareils, mais ce n'est pas le cas de tous. Ce qui reste aussi un peu complexe à mes yeux lorsqu'on utilise la couleur avec des LED, c'est qu'il y a un vrai manque de repère : chacun peut créer sa palette comme il l'entend et travailler avec des couleurs qui lui sont propres. Comment faire alors pour communiquer entre éclairagistes, pour passer d'une console à une autre ? Pour l'instant, avec les LED chaque couleur imaginée et reproduite est unique, un des seuls points de repère est le nuancier pour des projecteurs traditionnels auxquels on ajoute des gélaines. On ne dispose pas d'un nuancier propre aux LED : dans certaines consoles une liste de couleurs est établie, il se présente sous la forme d'un nuancier de peinture (la teinte est montrée à côté de chaque nom de couleur) et reprend la plupart des couleurs qu'on utilise avec des projecteurs traditionnels. Mais ce n'est pas encore quelque chose de spécifique aux LED, il est approximatif, et toutes les consoles n'en disposent pas.

2.2.2. Puissance électrique

Comme je l'ai évoqué dans le paragraphe sur la « gradation », il faut parler de variation lumineuse pour la LED car le courant électrique ne circule pas de la même manière dans une LED et dans un projecteur halogène. Pour un éclairage traditionnel, on utilise le courant alternatif en 240V et la gestion de la puissance et de l'alimentation électrique nécessaire se fait à l'aide de blocs gradateurs* : un gradateur* = une ligne = un projecteur. L'équipement du réseau nécessite de

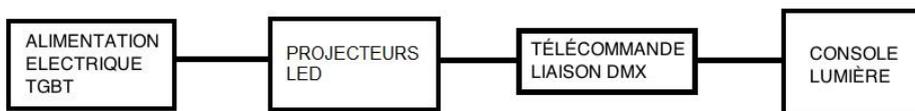
disposer d'un espace suffisant pour stocker plusieurs blocs gradateurs* et d'alimentations en forte puissance électrique.



11 Schéma de la chaîne lumière traditionnelle

Ce sont les équipements les plus courants aujourd'hui et ils demandent de grosses installations électriques dont l'exploitation a un coût et nécessite de l'entretien.

Depuis peu, les LED peuvent être alimentées en courant alternatif et se graduer comme les projecteurs traditionnels, mais leur alimentation se fait surtout en courant continu, en basse tension, avec des tensions qui varient légèrement suivant les couleurs des LED et si elles sont de puissance ou non. Comme la gradation n'est pas physique, on peut mettre entre 5 et 10 appareils LED sur une même ligne 16A, le système d'alimentation est direct et plus simple à mettre en œuvre et le contrôle individuel des projecteurs se fait via les liaisons DMX*.



12 Schéma de la chaîne lumière LED

Le système demande moins de mise en œuvre à l'installation et en exploitation les problèmes ne sont plus les mêmes, il faut surtout apprendre à gérer un patch DMX* où tous les projecteurs sont directement reliés plutôt qu'une ou deux lignes DMX* venant de plusieurs blocs de gradateurs*. La différence d'installation électrique entre appareils à LED et traditionnels se voit donc sur la réduction de l'espace nécessaire pour installer un système et le nombre d'éléments à mettre en œuvre et sur la diminution de la consommation électrique lors de l'utilisation de LED.

2.2.3. Ecoulement du temps

Avec la LED, on va pouvoir aborder le temps et son écoulement au cours d'un spectacle d'une autre manière. Il est désormais possible de l'étendre à l'infini (c'est aussi possible avec des sources traditionnelles) ou de le réduire à une vraie fraction de seconde, sans latence à l'extinction de la lampe. L'effet stroboscopique est possible avec les LED... Ça laisse à réfléchir pour créer de nouveaux états lumineux... Certains éclairagistes ont exploité ces capacités d'étirer ou de réduire le temps avec les LED, c'est le cas par exemple de Peter Mumford, un éclairagiste anglais dans la pièce *Old times*, mise en scène par Ian Rickson (metteur en scène et réalisateur anglais) au théâtre Harold Pinter à Londres en 2013. Cette pièce raconte l'histoire de trois personnages, qui se retrouvent dans une ferme isolée à évoquer leurs souvenirs de leurs débuts londoniens mais des tensions surgissent au cours de cette rencontre. Soutenu par le fabricant ETC (société de production d'appareils d'éclairage), Peter Mumford a pris le parti d'éclairer le spectacle entièrement à LED en testant les découpes Source Four LED Lustr+, un des appareils développé par le constructeur. Le but est d'utiliser ces découpes pour faire évoluer une journée, comme du matin au soir : « *For Old Times, I particularly wanted to be able to change*

color subtly within very long, slow changing cues. (...) »⁹ Et ces changements doivent être très subtils, imperceptibles pour l'œil du spectateur, c'est la volonté de l'éclairagiste : « I could take the lighting design on a considerable « journey » whitout fading in and out and remaining pretty much imperceptible to an audience. »¹⁰ Le passage du temps doit se faire le plus indistinctement possible, le spectateur voyage dans la pièce sans se rendre compte que plusieurs heures se sont écoulées.



13 Old Times, d'Ian Rickson, lumières de Peter Mumford

⁹ « Pour *Old Times*, je voulais vraiment pouvoir changer les couleurs de manière subtile et très lente, dans de longs transferts de mémoires. » Peter Mumford, *ETC Sour Four LED spotlight illuminates Pinter play*, article internet, www.etconnect.com, 03 Janvier 2013.

¹⁰ « Je pouvais prendre la conception lumière comme un grand voyage avec des transferts qui restent plutôt imperceptibles pour le spectateur » *Ibid.*



14 *Old Times*, d'Ian Rickson, lumières de Peter Mumford

Entre ces deux photographies de Simon Annand du spectacle *Old Times*, on voit bien qu'un temps s'est écoulé, que nous ne sommes pas au même moment de la journée. Malheureusement, les photographies ne rendent pas le passage d'une scène à l'autre, mais il est certain que c'est là qu'utiliser des découpes à LED (ici les Lustr+) est un avantage : le mélange des couleurs et le changement d'une couleur à l'autre se fait au sein du même projecteur, le tout silencieusement et sans à-coups. Il n'y a plus besoin de 4 découpes pour deux changements de couleurs ni de gérer des changeurs de couleurs, bruyants au passage de chaque gélatine. Apparaît ici la notion de temps, avec plus de précision possible sur les couleurs, sur des durées très longues avec des variations invisibles, sans que la mise en place d'une machine et d'un système lumière monstrueux soit nécessaire...

2.2.4. Autres spécificités

Une caractéristique agréable de la LED, c'est qu'elle ne chauffe pas, le boîtier se refroidit tout le temps à l'aide d'un ventilateur, et même si le bloc électronique n'est pas réellement froid, il n'est plus aussi bouillant que l'arrière d'un projecteur qui reste allumé longtemps... C'est très pratique lorsqu'on éclaire des décors, des tissus et qu'il n'y a que peu de recul pour placer les sources, elles n'abîmeront pas l'espace. Je dis ça en pensant à l'éclairage d'un cyclorama* où on aurait peu de place à l'arrière et qu'il faudrait se rapprocher au maximum de la toile de réflexion ou du cyclo*. Les LED peuvent être miniaturisées ou se trouver sous forme de rubans pour mettre en lumière des petites surfaces ou donner l'impression que des objets rayonnent sans risque de surchauffe... Il ne faut pas oublier que ce sont aussi des appareils qui peuvent fonctionner avec une alimentation sur batterie, ce qui permet de les intégrer dans des costumes et des éléments scénographiques mobiles sans grande difficulté.

Une dernière spécificité des LED est leur durée de vie. Pour l'instant on l'estime à plusieurs dizaines de milliers d'heures (jusqu'à 50000h). C'est un élément non négligeable dans certaines utilisations, que ce soit pour l'application au quotidien -quel plaisir de ne plus avoir à changer ses ampoules trop souvent et de devoir se percher en haut d'un escabeau pour atteindre les lampes du plafonnier du salon !- ou pour une application professionnelle, pour la muséographie, l'éclairage architectural où les projecteurs doivent pouvoir rester en place plusieurs mois voire plusieurs années. Par contre, ce vieillissement de la LED n'a encore jamais pu être vraiment vérifié en condition d'utilisation, les fabricants se basent sur des tests en laboratoire car ça ne fait pas assez longtemps que la technologie existe pour l'éprouver complètement. De même, comme on ne sait que peu de choses sur

l'avancée en âge des LED, on n'a qu'une vague idée de la manière dont vont vieillir ces petites diodes, elles se dégradent au fil du temps et leurs couleurs se modifient, mais à quel point ? Comment va évoluer un blanc, les couleurs vont-elles se délayer, leur durée de vie est-elle vraiment exacte ? C'est ce que souligne Libero Zuppiroli dans *Lumières du futur* :

« En fait, des mesures, effectuées sur des systèmes d'éclairage courants, ont montré que, dans des cas extrêmes, les LED peuvent perdre plus de 70% de leur luminosité après mille heures de fonctionnement. »¹¹

Il est donc difficile de savoir ce que valent réellement les tests en laboratoire sur la durée de vie des LED et si les chiffres avancés par les entreprises sont corrects, et il en sera ainsi tant que des tests en conditions réelles ne seront pas effectués.

La LED dispose de caractéristiques multiples, je vous en ai décrit quelques-unes dans ce chapitre. Certaines lui sont propres, comme la possibilité d'avoir plusieurs couleurs au sein d'un même appareil, mais elle doit aussi répondre à des critères techniques particuliers pour s'intégrer dans des appareils destinés à l'éclairage de spectacle, comme la gradation ou la possibilité d'avoir du blanc chaud... Toutes ces spécificités définissent la LED, nous allons maintenant voir comment elle est assimilée en éclairage, plus particulièrement au théâtre.

¹¹ Libero Zuppiroli, *La durée de vie des lampes, Lumières du futur*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2011, p. 68.

CHAPITRE 3. DU TECHNOLOGIQUE A L'ARTISTIQUE

3.1. La LED dans d'autres domaines

3.1.1. Au quotidien

La LED est une nouvelle technologie. C'est une des dernières innovations en matière d'éclairage, mais elle n'est déjà plus si étrangère que cela. En effet, si on regarde autour de nous, on se rend compte que la LED est déjà très présente dans notre environnement. Elle s'imisce doucement dans notre quotidien, de plus en plus de foyers s'équipent en luminaires avec des LED, les magasins, bureaux, restaurants, hôtels, et autres structures accueillants ou visibles par du public installent des éclairages à LED dans leurs espaces. Notre œil finit par s'habituer à cette lumière. Pour se rendre compte de notre accoutumance à ce nouveau type d'éclairage, je me suis amusée à une expérience absolument non scientifique et complètement personnelle : j'ai tout simplement tapé « éclairage LED », « éclairage fluo » et « éclairage halogène » dans Google Images et le résultat est intéressant : pour l'éclairage au fluo et l'éclairage halogène, sur la première page de résultat, ce sont principalement des images brutes des lampes elles-mêmes qui sont affichées alors que pour l'éclairage à LED, il y a des diodes qui sont affichées, mais elles sont souvent allumées et colorées, (pour les rendre plus attrayantes) et de nombreuses images de bâtiments ou d'intérieur disposant de ce type de lumière sont mises en avant dès la première page de Google Images... Ça n'a pas d'impact sur ma pensée autour de la LED, mais ça me permet de voir qu'on a beau parler d'une nouvelle technologie, elle s'intègre déjà dans nos mœurs et est employée régulièrement.

Bien sûr, tout n'est pas simple dans le développement de cette technologie, l'intégration dans nos mentalités prend du temps et surtout il faut se conforter à certaines manies. Comme je l'ai expliqué dans le paragraphe 1.3.1.3. *Le blanc* en

Europe ou en Asie nous avons des habitudes de l'éclairage de notre intérieur et la LED doit s'adapter à certaines contraintes pour être acceptée. Les constructeurs doivent ruser pour que leurs matériels puissent convenir au consommateur moyen. Mais généralement ça fonctionne, la LED permet de mettre en avant des volumes, de dessiner un meuble, de rendre des éléments plus designs et ce qu'on nous montre au quotidien nous incite à utiliser cette nouvelle technologie.

3.1.2. L'éclairage muséographique

La lumière en muséographie est un élément essentiel, elle est en lien très fort avec la scénographie d'une exposition, c'est elle qui permet la bonne perception d'une œuvre par le spectateur et de la valoriser pour qu'on puisse la regarder au plus près de ce qu'elle est vraiment. Ma réflexion est peut-être un peu floue, mais lorsque des œuvres sont exposées, ce n'est jamais dans les mêmes conditions de regard que lors de leur réalisation. Souvent les pièces de musées sont derrière des vitres, dans des vitrines ou placées les unes à côté des autres... Tout dépend de la scénographie choisie, mais la lumière doit permettre une bonne lisibilité des œuvres, le plus discrètement possible. Comme l'explique le concepteur lumière Jean-Jacques Ezrati dans un document intitulé *L'éclairage muséographique* :

« On peut définir l'éclairage muséographique comme la mise en œuvre de la lumière, d'une manière expressive, avec la volonté de communiquer tout en conservant au mieux l'intégrité matérielle des objets présentés. »¹²

Chaque élément lumineux inséré dans l'éclairage d'une exposition est mûrement réfléchi : le choix du type de projecteur utilisé en fonction de son éclairage et de la qualité de son spectre, faire attention aux parasites visuels tels que l'éblouissement

¹² Jean-Jacques Ezrati, *L'éclairage muséographique, La lettre de l'OCIM*, 2004, p. 35.

du spectateur, le reflet trop présent du faisceau*, les incidences avec les ombres des personnes qui visitent l'exposition... Au vu de ces paramètres à prendre en compte, différents types de lumière ont été pensés, adaptés à la muséographie :

- L'éclairage d'ambiance met en valeur le lieu d'exposition, le hiérarchise et permet la circulation du public entre les œuvres. « *s'il doit être présent, il doit laisser la part belle aux objets, aux œuvres, tout en donnant aux visiteurs une impression de bien-être.* »¹³
- L'éclairage des vitrines où les contenus sont vus doit être imperceptible, discret. « *L'œil n'est attiré que par les objets éclairés* »¹⁴
- L'éclairage ponctuel met en avant une œuvre et ouvre sur une perception optimale par le public de cette dernière.

Au sein de cette mise en place d'un éclairage muséographique, on peut se demander quelle est la place de la LED, quels sont ses avantages et comment l'utiliser à bon escient. Pour la muséographie, c'est un outil confortable, les appareils à LED ne chauffent pas et les diodes peuvent se miniaturiser et s'alléger au maximum. Aussi, la LED étant par nature une lumière lisse et plate, elle produit des ombres diffuses, peu présentes et peut être un atout certain pour regarder un objet de près et distinguer tous ses détails. Différents projecteurs sont alors construits et employés. On trouve des dalles LED ou des rampes qui permettent un éclairage très diffus avec éventuellement des réflecteurs symétriques ou asymétriques suivant les surfaces à éclairer. Ces appareils peuvent subvenir à l'éclairage d'ambiance. Il y a aussi des rubans LED qui illuminent des surfaces sans être perçus et qui j'imagine peuvent être employés pour les mises en valeur d'œuvres en vitrine. Enfin, tout ce

¹³ Sylumis entreprise, *Eclairage muséographique*, brochure commerciale Sylumis, juillet 2012 p. 8.

¹⁴ *Ibid.*, p.6.

qui est projecteur directionnel, en petit format, existe en LED. Des petits spots, des mini-découpes permettent de cadrer exactement au bord d'une œuvre... Pour chacun de ces projecteurs, on peut aussi choisir une teinte ou une température de couleur* pour du blanc, suivant les lieux, les musées (avec des arrivées de lumière du jour, en sous-sol, dans des hangars aménagés...). Il ne faut pas oublier un dernier détail concernant les LED, c'est leur durée de vie. Elle est plus longue que pour des lampes halogènes ou fluo ce qui est un avantage indéniable pour l'éclairage de lieux où des œuvres sont entreposées et exposées pendant des années...

3.1.3. L'éclairage architectural

Un bâtiment est visible sous différents aspects au cours d'une journée, du lever du jour à son coucher, il est éclairé par la lumière du jour, naturelle. Mais dès que la nuit tombe, la lumière artificielle prend le relai et c'est là principalement qu'intervient l'éclairage architectural, pour montrer une construction sous un autre angle, la mettre en valeur et qu'elle ressorte dans le paysage urbain d'une nouvelle façon. Le but de cette lumière est de pouvoir identifier la période et le contexte de sa réalisation, sa place dans la ville et la société, la « patte » du concepteur. C'est le mot d'ordre de la société I Guzzini sur leur site internet : « *L'objectif de l'éclairage architectural est de souligner grâce à la lumière les caractéristiques du bâtiment et de son emplacement urbain* »¹⁵ Il faut penser à une lumière d'ensemble du bâtiment, intérieur et extérieur (bien que je vais plus m'appuyer sur de l'éclairage extérieur), à l'éclairage de détails de façade, à la lumière de circulation, pour les personnes qui passent devant ou à l'intérieur. Chaque projecteur doit répondre à un certain nombre de critères tant au niveau de l'éclairement de l'édifice, que de la résistance

¹⁵ I Guzzini France, *Eclairage architectural*, page internet, 2014.

aux événements climatiques (pluie, soleil, vent...), des conditions de sécurité du matériel et des personnes et du coût. Suivant les éléments mis en avant, différents types d'appareils sont utilisés. Par exemple, il faut penser à des projecteurs spécifiques pour l'extérieur, en IP67 (Indice de protection d'un appareil et dans le cas présent qui empêche complètement la poussière de s'infiltrer dans les circuits, ainsi que l'eau), il faut songer à des appareils encastrables dans le sol, des plafonniers d'extérieur... On est capable de concevoir ces projecteurs avec toutes les lampes qui existent, mais là où l'intervention de la LED est judicieuse c'est que grâce à certaines de ses spécificités, on fait face à moins de problèmes lorsqu'il faut penser à l'éclairage d'un bâtiment.



15 Vue du Palais de Justice de Lyon de jour (photo du haut) et de nuit (photo du bas)

En effet, « *L'arrivée des LED dans toute la gamme des appareils d'éclairage architectural répond à l'exigence d'associer qualité de la lumière et efficacité énergétique* »¹⁶, si on se réfère au marketing d'I Guzzini. Pour le coup, quand un luminaire est implanté à plusieurs mètres de haut ou encastré dans le sol, il est plus commode d'avoir des lampes qui vieillissent et durent longtemps que des lampes qui grillent au bout de centaines d'heures d'utilisation. Ce sont des luminaires qui disposent d'un très bon rendement* grâce à la composition même de cette technologie, presque toute l'énergie lumineuse est restituée et ce rendement* ne cesse de s'améliorer au fil des ans, contrairement à des lampes halogènes dont le rendement* ne dépasse pas 5% et toute la dissipation de l'énergie émise se fait par l'émission de chaleur. Selon François Gaunand (professionnel de la lumière spécialisé dans l'éclairage pérenne), les LED offrent une « *possibilité d'animations très sophistiquées grâce à la combinaison RGBW* »¹⁷. On peut éclairer un bâtiment avec des séquences de couleurs, de mouvements de lumière sur des durées plus ou moins longues et répétées sans avoir à mettre en place des centaines de projecteurs, des dizaines suffisent, surtout lorsque dans une même optique des LED blanches et de couleur sont associées. On peut alors facilement s'amuser à changer les températures de couleurs, et évoluer d'une couleur à l'autre au sein d'un seul appareil. Les LED offrent de nouvelles possibilités techniques, elles permettent de répondre à des besoins artistiques de plus en plus évolués en architecture et en éclairage pérenne sans perdre de vue l'aspect financier qui est toujours essentiel dans chaque projet. Ici, François Gaunand explique qu'on peut avancer le choix

¹⁶ *Ibid.*

¹⁷ François Gaunand, retranscription d'un questionnaire personnel autour de la LED en éclairage architectural, février 2014.

économique de la LED « *par l'excellent rendement* et la très bonne durée de vie de ces sources qui permet des retours sur investissement effectifs* »¹⁸.

3.2. L'arrivée de la LED au théâtre

3.2.1. La LED comme appareil d'éclairage

J'en parle depuis le début du mémoire, depuis maintenant plusieurs années, la LED n'est qu'une simple diode qui sert à la signalisation. Elle a été modifiée, grandie, améliorée pour s'intégrer à des systèmes optiques, des projecteurs. On la retrouve partout en éclairage : en muséographie, en éclairage architectural, en événementiel, sur des plateaux de télévision, en concert. En théâtre et autres arts du spectacle vivant, on la retrouve souvent sous la forme de ruban LED, qui se glissent n'importe où et ne se repèrent pas toujours au premier coup d'œil.



16 Ruban LED

Depuis quelques années, elle est aussi installée dans des projecteurs, les mêmes « carcasses » qui nous sont familières et qui travaillent avec d'autres technologies de lampes. Les LED sont introduites dans des PC (Plan Convexe) ou dans des découpes, des cycliodes à LED sont inventées pour se rapprocher des appareils traditionnels. Les photos qui suivent viennent du site du constructeur ETC et je les rapproche pour

¹⁸ *ibid.*

montrer le peu de différence physique qu'il y a entre une série de projecteur traditionnel (la découpe traditionnelle « *Source Four Zoom 25°-50°* » à gauche) et le projecteur LED (la découpe LED « *Source Four CE LED Studio HD* » à droite). Le seul changement est au niveau du bloc arrière car les LED ont besoin d'un bloc électronique pour être gérées.



17 Comparaison : Découpe ETC « Source Four Zoom 25°-50° », Découpe ETC « Source Four CE LED Studio HD »

Pour les cycliodes, il a fallu recréer un projecteur entier, il n'a pas été possible de s'adapter au projecteur existant. C'est qu'a fait l'entreprise ADB en innovant avec leurs ALC4-2, à LED. Ce sont des projecteurs constitués d'un bloc électronique qui contrôle 4 matrices de LED en RGBW, avec des réflecteurs déclinés sous trois formes : réflecteur symétrique, réflecteur asymétrique ou volets quatre faces réfléchissant. Dans l'image qui suit, c'est le réflecteur asymétrique qui est installé (à droite) et on voit bien que l'appareil n'est pas le même qu'une cycliode traditionnelle (à gauche).



18 Comparaison : Cycliode ADB « halogène ACP 1001 »,Cycliode ADB à LED « ALC4-2 »

La plupart des fabricants d'éclairage de scène ont sorti des projecteurs à LED mais je ne vais pas en faire une liste exhaustive. Il faut juste savoir que chaque constructeur tel ETC/AVAB, ABD Lighting, Robert Juliat, RVE développent leur propre technologie LED et une découpe à LED blanche chez l'un n'aura pas une température de couleur* identique chez l'autre. C'est un des désagréments de la LED où rien n'est encore soumis à des normes, chacun développe ce qu'il veut, c'est une concurrence à l'innovation et on s'y perd parfois. On ne sait pas toujours comment choisir les LED et parfois, suivant les budgets pour une création, les LED installées ne vont pas nous satisfaire. Cette complexité dans le choix des LED et la variété qu'on a à disposition refroidissent les éclairagistes de spectacle vivant, de théâtre à les utiliser... Effectivement, sur le marché, on trouve des projecteurs à quelques dizaines d'euros, de fabrication asiatique et souvent de mauvaise qualité jusqu'à des projecteurs à plusieurs milliers d'euros, dont la qualité des LED et leur lumière est ce qui se fait de mieux pour le théâtre. La difficulté à s'intégrer de cette nouvelle lumière et la profusion d'appareils de qualités variées a freiné son utilisation en spectacle et dans des conceptions lumière et on ne trouve pas encore beaucoup de pièces éclairées

avec de la LED, c'est seulement depuis le milieu des années 2000 qu'on peut lui trouver une place forte en éclairage. Et même encore aujourd'hui trouver des conceptions entièrement à LED n'est pas chose commune.

3.2.2. Les avancées des constructeurs

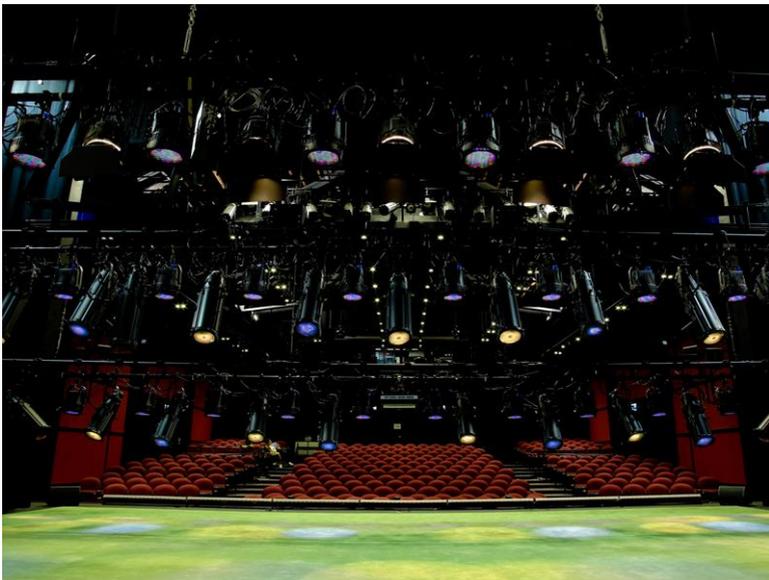
La LED est développée comme un nouvel outil de lumière, qui tend à se rapprocher de certaines caractéristiques de nos projecteurs traditionnels. Par exemple la ligne de conduite du constructeur ETC est « une solution de transition vers les LED », c'est-à-dire que chaque nouvel appareil mis sur le marché possède certaines caractéristiques des appareils traditionnels et les nouvelles technologies (LED) sont intégrées dans les modules déjà existants. Pour les découpes ETC, le corps du projecteur est différent entre un projecteur au tungstène ou à LED mais le nez (l'optique) est similaire et interchangeable, on peut choisir une optique fixe de découpe, de quelques degrés à 90°, ou un zoom (focale variable) ou encore une optique pour cyclorama*. Ils ont aussi développé des LED blanches (allant du blanc froid lumière du jour à un blanc chaud 3200K) et des LED de couleur, 7 au total (technologie Selador : rouge, vermillon, orange, vert, bleu, cyan et indigo) qui permettent un mélange plus fin des couleurs. Avec ces différentes possibilités techniques, le constructeur ETC a développé beaucoup de produits et prends une forte part du marché des LED dans les salles en France. Les autres constructeurs français ont développé certains produits : Robert Juliat a développé des découpes et des PC avec des LED blanches, et ADB s'est concentré sur des équivalents de cycliodes, les ALC 4. Leurs gammes de produits sont moins variées que chez ETC, mais la qualité des projecteurs et des LED est là. Ce qui est difficile actuellement pour nous, éclairagistes, c'est qu'il y a beaucoup d'inégalités dans la qualité des LED et des projecteurs qui sont commercialisés par les constructeurs. La LED a alors une

mauvaise réputation car il est très facile de trouver des projecteurs à LED sur le marché mais il est plus difficile d'en trouver de bonne qualité, c'est un investissement et il faut savoir à qui s'adresser...

Pour faire évoluer les techniques et permettre une progression de la qualité des LED, des essais sont continuellement effectués en laboratoire et des éclairagistes sont régulièrement consultés pour donner des avis de praticien de la lumière. Il arrive même que des projecteurs à LED soient proposés à l'essai dans des partenariats, des sponsorings pour les conceptions de certains éclairagistes où les appareils sont testés en condition de spectacle vivant avec les envies et les volontés des utilisateurs. Tout est mis en œuvre pour améliorer la technologie LED et la rendre toujours plus performante à une application de spectacle vivant. Une question me vient tout de même, au vu de ces évolutions : tout est développé pour se rapprocher de ce qu'on connaît en éclairage traditionnel mais il me semble que peu de choses sont développées pleinement pour la LED. Je me demande alors quelles peuvent être les innovations pour « palier », s'adapter à la profusion des projecteurs halogènes (gamme des PAR, gamme des PC (différentes puissances) BT*, lampe, Svoboda, rampe, 5kW Fresnel, HMI...). Le type d'appareil d'éclairage qui lui est propre est le ruban LED, un atout en éclairage ponctuel pour souligner des éléments scénographiques et mobiles. Un autre type de projecteur qui se développe un peu (mais qui n'est pas propre à la LED) est la lyre wash asservie. A LED, elle peut se trouver avec des zooms de 4 à 60° qui permettent beaucoup de variations colorées sur du ponctuel ou de l'ambiance. C'est un élément qui, je pense, pourrait remplacer facilement du PC ou des appareils à faisceau* serré utilisé en spectacle vivant. Mais ce n'est pas encore un projecteur propre à la LED, qui permet de tirer le maximum d'avantages de cette technologie...

3.2.3. Les salles équipées à LED

L'utilisation de la LED en éclairage est un avantage conséquent quand des petits lieux souhaitent s'équiper pour recevoir des spectacles plus conséquents. C'est par exemple ce qui s'est passé pour le « Chance Theatre » à Anaheim, en Californie, Etats-Unis qui a pu accueillir la comédie musicale *West Side Story* en dépit de leurs quelques 40 circuits graduables. Avec l'aide et le support du fabricant ETC, ils ont obtenu plus de 50 projecteurs LED, découpes et PAR et ont pu adapter le spectacle à leur lieu sans difficulté. Et il n'y a pas qu'aux Etats-Unis, partout dans le monde on s'équipe de LED, ce théâtre de Californie n'est qu'un exemple. Un théâtre à Hong-Kong, le « Yau Ma Tei Theatre » après rénovation, dispose d'une installation hybride équipée de projecteurs traditionnels graduables et de projecteurs LED, ce qui leurs permet de travailler dans de meilleures conditions, avec plus de matériel et de mieux respecter les problèmes de consommation électrique liés à l'environnement.



19 Vue de la scène du théâtre Yau Ma Tei Theatre

En Europe et en France, ces équipements sont aussi en train de faire leur apparition dans des lieux de spectacle. Je ne vais pas en faire le listing, ça n'a que peu d'intérêt. Je vais juste m'attarder sur le théâtre Jean-Claude Carrière, salle qui a ouvert pour la saison 2013/2014 au Domaine d'O à Montpellier. Cette salle est un théâtre en bois, construit sous le label européen éco responsable, tant au niveau du bâtiment que de son utilisation, avec la volonté de consommer peu d'énergie. Le parc de matériel de lumière est entièrement à LED. Différents types d'appareils ont été choisis pour se substituer à des projecteurs traditionnels : des découpes LED blanches, des découpes LED de couleur (7 couleurs), des PAR LED en 7 couleurs, des PC à LED blanches, des Lyres Wash, des barres de LED... Bien sûr ces projecteurs ne peuvent pas remplacer l'intégralité de ce qu'on trouve en éclairage traditionnel, et pour chaque spectacle accueilli, les effets particuliers et non remplaçables par un éclairage à LED sont négociés, comme par exemple une grande direction de lumière avec l'ombre unique d'un Fresnel 5kW ou des rampes de température de couleur* chaude à l'avant-scène ou encore un effet de fluo particulier (surtout s'il est à vue)... J'ai eu l'occasion de me rendre dans ce théâtre pour me rendre compte du travail nécessaire à une adaptation d'un éclairage en LED et c'est une expérience que je développe plus tard, dans la sous-partie 4.1.4. *Le recours aux forêts*, théâtre Jean-Claude Carrière.

Très peu de salles entièrement équipées à LED existent de nos jours et il y a peut-être une raison à ça. En allant plusieurs fois au J.C.C, je me rends compte que c'est tout de même compliqué de s'adapter entièrement à une nouvelle technologie et forcer la main à son utilisation ne permet pas de s'en servir dans des conditions optimales. Il faut laisser le temps et l'envie aux éclairagistes de se l'approprier, d'avoir envie de travailler avec. C'est important d'avoir cette technologie à disposition mais l'éclairage avec des projecteurs traditionnels n'a pas encore disparu,

et il faut profiter de cette lumière tant qu'on le peut. Et dans ce cas, plutôt que d'avoir des salles entièrement équipées à LED, il est certainement plus judicieux d'évoluer vers des salles de spectacle comme celle d'Hong-Kong où l'installation est hybride, où il y a autant d'équipement halogène que d'équipement LED, les deux techniques sont disponibles pour les conceptions lumière et peuvent se mélanger au gré des envies des éclairagistes.

La LED s'intègre désormais dans des appareils d'éclairage, c'est un outil utilisé dans d'autres domaines que la lumière de spectacle vivant, on la retrouve en muséographie ou éclairage architectural, dans des appareils domestiques et les fabricants ne cessent de l'améliorer et de la faire évoluer pour que son utilisation soit de plus en plus banalisée. Depuis quelques temps, cette technologie fait doucement son apparition dans des conceptions lumière au théâtre et c'est ce que j'ai développé dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 4. UTILISATION DE LA LED AU THÉÂTRE

4.1. La LED en conception lumière

4.1.1. La LED en éclairage ponctuel

Cette technologie est un nouveau matériel d'éclairage qui, après une timide approche, apparait dans des conceptions lumière au théâtre (par théâtre, j'entends spectacle vivant : théâtre, danse, cirque, opéra). Grâce à ses qualités (de ne pas chauffer, de consommer peu, de pouvoir se miniaturiser, de disposer d'une infinité de couleur) elle est présente comme éclairage ponctuel, comme objet scénographique et elle est parfois intégrée dans des costumes. « *Dans mes projets artistiques liés à la scène, les équipements LED me fournissent de nouvelles options et fonctions* »¹⁹ nous informe lors d'une interview de *PATCH* l'américain AJ Weissbard, éclairagiste de Robert Wilson. C'est un outil qui facilite énormément certains aspects d'une conception, comme lorsqu'il faut souligner le volume d'un décor, éclairer un objet mobile avec la nécessité d'un appareil mobile. Dans une utilisation ponctuelle de la LED, c'est surtout sous la forme de ruban LED qu'on va la trouver : « *un ruban LED souligne une corniche dans un mur, le bord d'une table ou d'un bar.* »²⁰ m'indique Christophe Forey lors d'un échange de mail.²¹ Sa présence comme objet lumineux et scénographique est aussi importante car en consommant très peu d'énergie électrique, la LED peut facilement se mettre sur batterie. Christophe Forey, ayant intégré la LED dans certaines de ses conceptions, m'en donne un exemple et me fournit des photos :

¹⁹ AJ Weissbard, *Eclairer ou ne pas éclairer aux Leds ?*, *PATCH* n°11, Mars 2010, p.43.

²⁰ Christophe Forey, retranscription d'un questionnaire personnel autour de la LED en conception, Janvier 2014.

²¹ Cf. Annexe 2.

« Dans Zauberflöte que j'ai récemment fait au Staatsoper de Vienne, (...) des LEDs se sont retrouvées dans de nombreux accessoires lumineux alimentés sur batteries. Ex : pyramide lumineuse (le socle est rempli de LEDs) et boule portée par Sarastro »²²

Le décor de cette version de *Zauberflöte* est un plateau vide de théâtre à l'italienne, Sur cette première photo, on imagine bien que la pyramide est mise en avant sur le plateau, bien visible et que les acteurs jouent avec. Il faut que la lumière soit discrète, pratique et sans danger pour les acteurs. La LED sur batterie est ici un atout majeur.



20 Die Zaubersflöte, de Moshe Leiser et Patrice Caurier, lumières de Christophe Forey

Sur cette deuxième photo, les arguments en faveur de l'utilisation de la LED sont les mêmes. La boule lumineuse est manipulée, il ne faut pas que l'acteur se brûle avec et soit en danger en la portant. Comme il la tient dans ses mains, il ne faut pas que des câbles d'alimentation l'empêchent de se mouvoir et si la boule reste allumée longtemps, il faut que la lumière employée ne demande pas trop d'énergie pour une petite batterie.

²² *Ibid.*



21 Die Zauberflöte, de Moshe Leiser et Patrice Caurier, lumières de Christophe Forey

Lors d'un stage au CCN de Roubaix, pour la création du solo de Carolyn Carlson *Dialogue with Rothko*, en Février 2013, c'est sous la forme de ruban que je l'ai vu utilisée par l'éclairagiste Rémi Nicolas. Ce solo est une danse, un hommage au travail du peintre Rothko de son travail en atelier, de l'inspiration et la plénitude que peuvent procurer ses tableaux, ainsi que la confrontation avec le vide, l'éternité. Pour ce spectacle, Rémi a réalisé la lumière et la scénographie, il savait donc ce qu'il voulait précisément comme volumes et comment les éclairer en fonction de la chorégraphie de la danseuse. La LED a servi à souligner les panneaux, les toiles du peintre devant lesquelles Carolyn est inspirée et projette des peintures mentales. Elle est intégrée dans la grande table située à l'avant-scène que Rémi et de Carolyn ont décidé de travailler comme une table d'architecte, rétro lumineuse, pour se rapprocher d'un objet qu'on pourrait trouver dans un atelier de peintre. Pour les panneaux, qui sont simplement deux toiles tendues, on a vraiment l'impression de

recupérer un volume, d'avoir une présence au plateau grâce aux LED installées. Ils n'avaient que 5 cm de large d'où une utilisation pratique de quatre rubans LED RGBW mis en place sur chaque panneau. Je n'ai pas d'image de cet exemple, c'était difficile à rendre en photographie. Quant à la table, elle est creuse, blanche à l'intérieur et recouverte d'une épaisse couche de plexiglas. Des rubans LED sont posés, collés contre les parois intérieures de la table et malgré l'épaisseur du plexiglas, l'éclairage de la table se voit très bien et donne un effet particulier sur la danseuse lorsqu'elle se penche au-dessus de la table. En exemple, des captures d'écrans du DVD de la générale de *Dialogue with Rothko*.



22 *Dialogue with Rothko*, de Carolyn Carlson, lumières de Rémy Nicolas, photo extraite d'une captation de la générale le 14/02/2013



23 Dialogue with Rothko, de Carolyn Carlson, lumières de Rémy Nicolas, photo extraite d'une captation de la générale le 14/02/2013

Un dernier exemple où j'ai trouvé l'utilisation de la LED comme appareil d'éclairage ponctuel c'est sur une création des metteurs en scène Zimmermann et de Perrot, *Hans was Heiri*. Ce spectacle monté en 2012, tourne autour de la recherche de l'humain, des ressemblances, des différences, du comportement de l'homme qui se veut unique tout en étant tellement semblable à ses congénères. L'élément fort de ce spectacle, autour duquel les metteurs en scènes ont travaillé est une énorme structure carrée, divisée en quatre espaces où vont et viennent les interprètes et cette construction tourne sur un axe tout au long de la pièce. Cette boîte est donc mobile et même si on peut l'éclairer de face lorsqu'elle ne bouge pas, il pourrait manquer de rattrapage sur les danseurs la structure se met en mouvement. C'est à cet endroit que l'utilisation de la LED est avantageuse : on peut s'adapter exactement à la taille de la boîte en utilisant des rubans LED blancs d'une longueur précise. De plus, c'est un outil robuste, le ruban se présente sous la forme d'un long bandeau de

plastique dans lequel sont incorporées les LED, il y a alors peu de risque qu'il s'abîme ou qu'un acrobate se blesse dessus lorsqu'il s'accroche à la boîte. Je trouve que la LED est ici un avantage car je ne sais pas comment aurait réagi un fluo à cet endroit... Sur les deux photos ci-dessous (des photos de promotion de spectacle retrouvées sur internet), on voit bien le principe de la boîte qui tourne et la difficulté d'éclairer correctement les corps avec une structure aussi mobile. Ayant réussi à voir la construction de très près lors d'une date de tournée au théâtre Jean-Claude Carrière, j'ai vu où étaient placés les rubans. Je tenais vraiment à le savoir car c'est un spectacle que j'avais déjà eu l'occasion de voir à la Maison de la Danse en 2012 et je ne trouvais pas d'où venait la lumière de la boîte... Je me doutais que c'était possible grâce à des LED, mais je n'avais pas imaginé que ce serait des rubans de LED blanches faisant le tour de chaque carré, invisibles pour le spectateur car cachés derrière un rebord de 1cm de haut, derrière les barres d'accroches (en jaune, métallisé sur les photos). La LED est identifiable dans ces images, c'est elle qui donne un aspect un peu froid au niveau des jambes des danseurs et permet de dégager un peu l'éclairage de la boîte. Sa lumière est surtout visible dans le plan rapproché de la deuxième photo.



24 Hans was Heiri, de Zimmermann et De Perrot, lumières d'Ursula Degen



25 Hans was Heiri, de Zimmermann et De Perrot, lumières d'Ursula Degen

4.1.2. Annie Leuridan, éclairagiste

« La LED me séduit.

La LED possibilité d'un nouvel outil.

La LED ne remplace en rien le tungstène, ne le remplacera jamais mais bénéficie de spécificités qu'elle seule possède : sa réactivité, sa petite taille, sa puissance, sa palette de couleurs infinis et aussi sa possibilité de gradation sans transformation lumineuse.

La LED envahit notre quotidien, s'opère alors une réelle mutation de nos regards que l'éclairagiste se doit d'accompagner dans ce qu'il a à exprimer sur un plateau...

La LED produit une autre qualité de lumière et apprenons à l'utiliser pour ce qu'elle est. »²³

Annie Leuridan est une éclairagiste du Nord de la France mais aussi une professionnelle multidisciplinaire : paysagiste, auteur de documentaire, assistante de réalisation. La variété des domaines qu'elle côtoie lui amène une pensée particulière de la lumière, elle s'intéresse à la transmission d'images cinématographiques et narratives par la lumière et le plateau. Elle pense la lumière comme matière de l'œuvre, la façon dont elle influe sur la relation avec le corps des danseurs, acteurs... Son travail est aussi tourné vers l'association des nouvelles technologies (capteurs de mouvements, vidéo, régie numérique...) aux outils plus traditionnels de la lumière (jeux d'orgues, projecteurs traditionnels) pour en remettre en cause la forme et l'écriture. Ce sont des recherches et des travaux qu'elle mène depuis dix ans au cours de ses conceptions et qu'elle entreprend en partie avec la compagnie *Contour progressif*. C'est une compagnie du Nord de la France, dirigée par la metteuse en scène Mylène Benoit dont le travail est très contemporain, axé sur les relations entre le corps et les nouvelles technologies qui l'entourent, comment il peut être façonné, influencé par à une image ou un son. Dans ce cadre de travail, la lumière d'Annie

²³ Annie Leuridan, Propos recueillis lors d'un échange de mails, 22 janvier 2014.

Leuridan est considérée comme un événement. Ses éclairages sont semblables à la composition des images (ou d'une partition), comme une suite de plans montés qui construisent un film. Il faut se référer à une « time-line » (support de montage pour un film) et penser la lumière en couches et en effets qu'on peut intercaler ou superposer.

« Il s'agit pour moi de composer la lumière comme s'élabore une musique par superposition et assemblage de pistes multiples. Il s'agit d'organiser la lumière sous forme de couches prenant leur départ et leur temps d'exécution à des instants T différents dans des états vibratoires multiples »²⁴

Composer la lumière comme un empilement d'éléments qu'on rajoute au fur et à mesure, qu'on peut également enlever au fur et à mesure, mélanger les technologies, faire interagir la vidéo et la lumière. Dans *Les fuyantes*, Annie Leuridan associe la vidéo en noir et blanc qui fait la lumière du spectacle, et la LED « pour permettre une « entrée » dans l'image, d'en modifier la couleur et d'être dans une même pixellisation »²⁵. Je n'ai pas eu l'occasion d'assister à cette pièce mais apparemment, le grain de la LED est proche de la qualité d'une image de vidéoprojecteur et elle permet ici de ramener de la couleur dans l'espace et de donner « une respiration »²⁶ à la scène. En utilisant des rampes à l'avant-scène, il est possible d'avoir des images en couleur, « produire une vague douce allant du bleu au vert »²⁷ en gardant l'ombre unique et principale en noir et blanc donnée par le vidéoprojecteur. L'espace semble vide, mais il est constitué d'éléments immatériels qui le remplissent le déforment, le font vivre au fil des actions des interprètes. Lorsqu'Annie Leuridan parle de son travail en couche pour la lumière, on peut

²⁴ Annie Leuridan, *La lumière, relation image-lumière*, article internet, 2013.

²⁵ Annie Leuridan, Propos recueillis lors d'un échange de mails, 22 janvier 2014.

²⁶ Annie Leuridan, Propos recueillis lors d'un échange de mails, 4 mars 2014.

²⁷ *Ibid.*

comprendre son intérêt pour la LED, avec la possibilité de couleurs changeantes pour un même projecteur au cours d'un spectacle. Faire évoluer des ambiances, permettre différents rapports au corps, enchaîner les tableaux lumière comme s'enchaînent les plans dans un film, tout cela est beaucoup plus agréable à travailler avec des appareils qui ont plusieurs paramètres en leur sein. Elle aborde aussi la question de la réactivité instantanée des appareils. Passer du stroboscope à des temps de transfert extrêmement lents est un jeu d'enfant. Dans *Photographie de A*, spectacle mis en scène par Frédéric Laforgue, qui tourne autour de la folie, de l'hystérie, cette maladie inventée par l'homme et mise en évidence sur les femmes cobayes du médecin Charcot au début du siècle. Dans cette pièce, la lumière a un rôle très fort, elle se veut aveuglante, mais aussi en interaction, en dialogue avec l'actrice, c'est « *un interlocuteur invisible* »²⁸ selon Frédéric Laforgue dans une interview TV pour l'hebdomadaire de la scène conventionnée *Le phénix à Valenciennes*. A certains moments du spectacle, (je n'en ai vu que des vidéos malheureusement) des flashes de lumière sont envoyés quasiment les uns sur les autres, sans effet de latence et sans dégradation de couleur. En superposant ces flashes, on obtient une impression de saccadé sur le danseur dont les ombres changent de place et hypnotise l'œil. Ces effets seraient très difficiles à réaliser parfaitement sans les LED.

²⁸ Frédéric Laforgue, *expresso 260 – spécial cabaret de curiosité*, vidéo internet, 2012.



26 Photographie de A, de Frédéric Laforgue, lumières d'Annie Leuridan



27 Photographie de A, de Frédéric Laforgue, lumières d'Annie Leuridan

Le projet, *Forêt/Selva*, est le fruit d'une collaboration entre l'éclairagiste Annie Leuridan et Amélia Estévez. C'est un spectacle créé en 2010, à Armentières, c'est une exploration de la relation de l'homme avec l'univers qui l'entoure, la façon dont il le regarde, l'explore. Cette pièce est pensée « *comme une expérience dans laquelle l'être humain évolue dans un environnement dont il n'est pas l'élément central.* »²⁹ C'est aussi une expérience en termes d'écriture et d'élaboration d'un spectacle. En effet, lors d'une interview, les deux femmes expliquent que le travail chorégraphique et lumineux se crée en parallèle, il existe une écriture commune entre le corps du danseur et la pensée de la lumière, chaque partie fait des propositions à l'autre, elles se répondent et se complètent. C'est à l'intérieur de ce travail que l'éclairagiste a souhaité utiliser la LED. Pour *Forêt/Selva*, Annie Leuridan a choisi la LED en la réfléchissant dans des miroirs pour retrouver du mouvement dans la lumière. Avec l'aide de Cyrille Henry (artiste et développeur pluridisciplinaire qui allie art, informatique et recherche scientifique), elle construit des petites sources remplies de miroirs pour permettre une lumière très directionnelle. Placés en latéral, ces projecteurs viennent se refléter sur les corps des danseuses. Ici, la LED est utilisée de manière unique, avec la conception de ses propres boîtes à lumière, sans se soucier de la chaleur émise ou de la puissance nécessaire à l'utilisation de projecteurs particuliers. Sur *Forêt/Selva*, la LED est aussi mise en œuvre d'une manière plus habituelle, en rampe à l'avant-scène, dans l'optique d'un travail en couleur à faible intensité, sans changement de température de couleur* (pour travailler du blanc froid et quelques variations au vert ou au blanc chaud), associé à des effets stroboscopiques simples à réaliser avec la réactivité de la LED.

²⁹ La Malterie, *Forêt/Selva*, présentation de projet, page internet, 2009.



28 Forêt/Selva, d'Amélia Estévez, lumières d'Annie Leuridan



29 Forêt/Selva, d'Amélia Estévez, lumières d'Annie Leuridan

Annie Leuridan se sert de la LED dans beaucoup de ses conceptions, pas toujours pour obtenir les mêmes effets et rendus. En fait, C'est une nouvelle technologie, un nouvel outil qui permet de faire avancer la pensée de la lumière et d'imaginer de nouvelles compositions, constructions des images au plateau qui accompagnent, soulignent le travail de la scène et de ses acteurs.

4.1.3. Claude Régy, Rémi Godfroy et la LED

4.1.3.1 Claude Régy et la lumière

Claude Régy est un metteur en scène français dont les pièces sont reconnues depuis les années cinquante. Son travail s'axe autour du jeu de l'acteur, dont chaque respiration peut avoir un rôle à jouer dans une pièce, remplie de silence. Selon lui, il n'existe pas de mode d'emploi de ses spectacles, il faut les prendre comme on le peut, c'est à chaque spectateur de faire avec sa perception. Chaque élément du théâtre joue un rôle essentiel dans la mise en place de l'expérimentation de ses pièces. Claude Régy prête une attention particulière à l'acteur, à la scénographie dans laquelle il va évoluer, au son et à la lumière qui l'entoure. Chacun de ces éléments permet de se poser des questions, de tromper le réel et de travailler au seuil du monde.

« J'aime travailler sur les seuils.

Seuils de l'ouïe.

Seuils de la vue.

Seuils de la conscience.

Moins on a conscience, plus l'inconscient est libre de vivre.

Plus on développe quelque chose qui ne se voit pas, ou se voit à peine, plus l'imaginaire peut développer des visions mais ce sont des visions imaginaires. Non des visions représentées.

Il s'agit de détruire l'idée même de représentation. »³⁰

Faire croire, convaincre le spectateur qu'il voit quelque chose alors qu'elle n'a aucune entité physique, qu'elle est le fruit d'une illusion qui agit sur le cerveau. Donner plus à imaginer, à percevoir au spectateur que ce qu'il ne voit réellement. Le tromper, le surprendre, mais toujours pour son plaisir. Qu'il perde ses repères et se laisse aller vers un voyage des sens. Laisser une part de notre raison à l'entrée de la salle de spectacle et s'engouffrer dans un univers particulier, celui de Claude Régy et de ses jeux sur la perception, et le trouble de la sensation. Suivant ce qu'on décide de montrer en pleine lumière ou de dissimuler dans l'ombre le plateau, ce qu'on voit diffère, la réalité change, ses limites sont déviées.

« Un des aspects de la lumière, c'est qu'elle relie les choses ensemble.

(...)

Elle est, à la fois, visible et impalpable.

Il est de sa nature de conduire au-delà des limites.

Elle participe au grand mouvement d'apparition et de disparition.

Elle est, si le doute la fait poudreuse, chemin de l'infini. »³¹

En modifiant ces connexions que permet la lumière, en jouant sur des contrastes ou des états lumineux particuliers, il est possible de faire naître de nouvelles choses, rendre au spectateur le banal et l'ordinaire neuf et inconnu. Ainsi, « *un œil s'inventerait, porteurs d'autres visions* »³² et Claude Régy, dans ses mises en scène, tente de s'interroger sur le rôle que peut jouer la lumière « *si on travaille avec elle, [elle] peut faire qu'on s'interroge sur la nature du réel* »³³, réel qui devient alors nouveau, inhabituel. Par rapport au travail de la lumière, le travail de l'ombre, de l'obscur est aussi important, pour le public, « *il y a une mise en conscience qui se fait*

³⁰ Claude Régy, *Dans le désordre*, Le temps du théâtre, Actes sud, 2011.

³¹ Claude Régy, *L'état d'incertitude*, Les solitaires intempestifs, 2002, p. 36.

³² *Ibid.* p. 18.

³³ *Ibid.* p. 27.

mieux dans l'obscurité que la lumière »³⁴, le seuil du monde est plus facile à atteindre avec une faible luminosité, on peut faire croire au spectateur qu'il voit des choses, des événements, des détails qui n'existent pas forcément et qui ne sont au fond que des tromperies pour l'emmener dans un ailleurs, de l'autre côté de la frontière, de la limite du réel pour laisser place à l'imagination :

*« Le spectateur est synesthète dans la mesure où il est invité à renouer avec la faculté de ne pas distinguer les différentes perceptions. Il est ainsi invité à prendre une posture dans laquelle il n'analyse plus d'où viennent les différentes perceptions. »*³⁵

Dans les spectacles de Claude Régy comme *Ode maritime* ou *Brume de Dieu*, il y a une vraie perte de repères, on vient bouleverser les habitudes du spectateur, dont « *l'œil trouve un bonheur à perdre son assurance.* »³⁶

4.1.3.2 La LED au service du propos théâtral

C'est dans ces conditions de jeu sur les sensations du spectateur que la LED trouve sa place dans le théâtre de Claude Régy. Si le plaisir de l'œil réside dans l'illusion de la perception de certains événements, que peut-on imaginer de plus pertinent qu'une nouvelle technologie ? Nos sens n'ont pas encore de repère face aux effets spécifiques de la LED, c'est une nouveauté qui peut facilement nous induire en erreur lors d'un spectacle. Je n'ai pas vu les pièces mises en scène par Claude Régy mais j'ai testé la LED sur un comédien et je me suis très vite rendue compte qu'elle réagit différemment sur le corps des acteurs en comparaison de projecteurs à filament... La peau du comédien se distingue de l'obscurité avant ses

³⁴ *Ibid.* p. 17.

³⁵ Elise Van Haesebroeck, *Le théâtre de Claude Régy, expérience synesthésique et érotisme d'un corps à l'état de brume*, Ekphrasis, 2012, p. 154.

³⁶ Claude Régy, *L'état d'incertitude*, Les solitaires intempestifs, 2002.

vêtements, on peut presque croire à des membres qui se déplaceraient seuls dans l'espace, « *on ne sait pas ce qu'on discerne – peut-être une marionnette* »³⁷. A faible intensité, la personne sur scène apparaît un peu comme un hologramme, une illusion enveloppée dans une masse lumineuse. Cette nappe immatérielle a un côté très palpable, on ressent vraiment une épaisseur dans la lumière de la LED, où notre regard se perd, tant son aspect lisse et diffus nous est étranger.



30 Ode maritime, de Claude Régy, lumières de Rémi Godfroy

C'est à cet endroit qu'intervient Rémy Godfroy, un éclairagiste qui travaille avec Claude Régy sur certaines de ces créations, ses « *lumières (...) semblent se glisser dans les silences de l'acteur, comme si elles lui répondaient* »³⁸, la masse lumineuse résonne avec le jeu du comédien, la LED permet d'obtenir de nouvelles sensations, elle est attirée différemment par le corps du comédien.

« L'esthétique de Rémi Godfroy s'appuie sur des fréquences lumineuses au seuil entre clarté et ombre et crée ainsi des phénomènes d'hallucination. (...) Même lorsqu'il travaille avec des

³⁷ Claude Régy, *Dans le désordre*, Le temps du théâtre, Actes Sud, 2011, p. 183.

³⁸ Claude Régy, *Brume de Dieu*, Entretien avec Claude Régy, page internet theatre-contemporain.net, 2012.

intensités basses, R. Godfroy parvient à créer des images extrêmement nettes. Il dessine des nuanciers de couleurs qui participent de l'effet d'hallucination produit par ces images-paysage.
»³⁹

C'est un éclairagiste qui s'est attaché à travailler avec la LED dès que des projecteurs contenant cette technologie se sont retrouvés sur le marché, « *il considère ces sources lumineuses comme un nouveau type de lumière et non comme la déclinaison d'une forme d'éclairage déjà existante* »⁴⁰, des choses nouvelles et inédites vont pouvoir être testées et mises en place dans des conceptions lumière, il faut exploiter les spécificités qui lui sont propres pour créer de nouveaux états lumineux qui jouent sur des nouvelles impressions visuelles, comme profiter de lumière colorée pure, sans filtre qui interviendrait entre le faisceau* de la lumière et le comédien.

4.1.3.3 Dans des spectacles de Claude Régy

Ode maritime découle de l'exploration du texte du poète Fernando Pessoa, au travers d'un périple maritime qui nous distance de tout et nous amène aux frontières même de la vie. C'est une grande interrogation de la société et de l'être humain que met en scène ici Claude Régy. La scénographie est constituée d'une passerelle sur laquelle Jean-Quentin Châtelain se tient debout, le reste du décor est une structure, une sorte de conque placée derrière le comédien, qui, grâce à son arrondi et à sa réverbération, nous fait perdre nos repères spatiaux, on ne perçoit pas la limite entre le sol et les murs. Ce dispositif implique le spectateur car la salle de théâtre disparaît dans l'obscurité et seul cet agencement particulier du plateau (la

³⁹ Elise Van Haesebroeck, *Le théâtre de Claude Régy, expérience synesthésique et érotisme d'un corps à l'état de brume*, Ekphrasis, 2012, p. 159-160.

⁴⁰ Kasper T. Toeplitz, *LED et contrôleurs DMX : à la croisée de la lumière et de la musique*, PATCH n°11, mars 2010, p. 29.

conque et la passerelle) nous apparaît. La lumière suit cette logique de perte de repère, les sources de lumières sont invisibles et les faisceaux* sont diffus, plongeant le spectateur dans un bain de lumière sans accros.



31 Photo du dispositif d'Ode maritime, de Claude Régy, lumières de Rémi Godfroy, 2009

« Pour Ode maritime, l'éclairage se fait à l'aide de leds, sans aucun autre éclairage classique utilisant des gélatures de couleur. Je travaille à la limite de la perception des choses (...) A une certaine intensité lumineuse basse, l'œil se perd, il ne sait plus s'il perçoit ou non. J'aime créer ce trouble-là, cet état d'incertitude »⁴¹

⁴¹ Claude Régy, « La lumière, cet état d'incertitude », PATCH n°11, Mars 2010, p. 33.

C'est le premier spectacle en France à être éclairé avec la LED. Ses spécificités permettent de travailler sur de nouvelles sensations comme sa densité lumière qui diffère de celle de l'halogène. A faible intensité, son caractère lisse ressort, estompant les contours du comédien, il semble alors se mouvoir dans un espace presque palpable, matériel, et Jean-Quentin Châtelain et son environnement se mélangent sans qu'on sache précisément où se termine le vide et où commence le corps du comédien. Cette lumière permet aussi de grands changements d'ambiance qui entraînent le spectateur dans les différentes étapes de ce voyage marin, Rémi Godfroy peut « *installer des paysages colorés et les faire changer souvent, de multiples façons* »⁴² (Article Avab) pour créer ainsi une perception étonnante du visage, du corps, du costume du comédien et de l'environnement qui l'entoure. Dans *Brume de Dieu*, le principe est similaire, la LED permet à l'éclairagiste Rémi Godfroy de jongler entre ombre et lumière, « *l'utilisation de LED (...) lui permet de créer une lumière qui s'étale avec délicatesse sur la surface du vide, faisant advenir des paysages immatériels* »⁴³. Le comédien, Laurent Cazenave va alors nous apparaître comme une ombre projetée mais son corps ne disparaît jamais complètement. Même lors de passages qui nous semblent au noir, il reste en ombre sur le plateau et c'est grâce à notre persistance rétinienne face à la lumière de la LED qu'on peut avoir ces impressions de présence dans un noir au plateau...

⁴² Elise Van Haesebroeck, *Le théâtre de Claude Régy, expérience synesthésique et érotisme d'un corps à l'état de brume*, Ekphrasis, 2012, p. 160.

⁴³ Elise Van Haesebroeck, *Le théâtre de Claude Régy, expérience synesthésique et érotisme d'un corps à l'état de brume*, Ekphrasis, 2012, p. 160.



32 Brume de Dieu, de Claude Régy, lumières de Rémi Godfroy, 2012

Cette technologie semble vraiment permettre à la lumière de suivre l'univers de Claude Régy et de contribuer aux envies de jeu sur les limites de la perception, et j'espère avoir un jour l'occasion d'être spectatrice d'un de ses spectacles pour me rendre compte par moi-même de ce jeu sur les sensations et la place occupée par la lumière et la LED.

4.1.4. *Le recours aux forêts*, théâtre Jean-Claude Carrière

Le recours aux forêts est un spectacle mis en scène par Jean Lambert-Wild en 2009 et chorégraphié par Carolyn Carlson, basé sur un texte de Michel Onfray autour de légendes islandaises et du mythe de Waldgäner. Un homme choisit de vivre en solitaire dans les bois, loin du reste du monde. C'est un retour à l'essentiel et à la Nature qui transparait dans ce spectacle, raconté par quatre comédiens et un

danseur. On plonge dans un univers étrange où la vidéo en trois dimensions et la lumière se mélangent, tout comme les pigments colorés qui apparaissent au fur et à mesure dans le bassin d'eau blanche pour former une immense toile de peinture. Ce spectacle a été créé à Caen en 2009 et la lumière a été réalisée par Renaud Lagier, entièrement à base de projecteurs traditionnels. Venir jouer au JCC est une date de tournée un peu particulière. Comme pour beaucoup de compagnies qui sont accueillies dans cette salle, l'adaptation de la lumière est complexe et demande un peu de travail. Un contact est pris en amont avec le régisseur lumière du théâtre, pour gérer l'adaptation et éventuellement prendre rendez-vous pour une démonstration des projecteurs LED de la salle et voir leur rendu. Pour le *Recours aux forêts*, le passage à Montpellier se fait sur quatre jours : un jour de montage, une journée de réglages et de conduite* et deux jours de représentation.

Le montage est légèrement différent par rapport à d'autres salles : ici, pas de multipaires* qui tombent du grill de partout, seulement quelques lignes directes (une à chaque perche) combinées à des lignes DMX*, il y a alors moins de grandes longueurs de câbles qui vont ici et là, mais un inconvénient ressort : les projecteurs sont pontés, liés entre eux en alimentation et en DMX* (en in et out) et ça peut poser quelques difficultés lors des réglages, bloquer et compliquer certaines positions de projecteurs du fait du nombre de câbles qui arrivent et partent de l'arrière des projecteurs. Pour cette adaptation, une difficulté a été de trouver une équivalence à des BT* et surtout que l'appareil de remplacement soit convaincant... La proposition faite par le régisseur lumière du JCC est d'utiliser des lyres asservies LED, des wash (pas de lentille pour diriger le faisceau*, juste de la couleur) avec un zoom de 4° à 60°. Le côté chaleureux et la brillance du BT* se retrouvent difficilement avec la LED, par contre la couleur et le faisceau* sont là. Pour les autres types de projecteurs présents, il n'y a pas de problème d'adaptation et très peu de différence de lumière

mis à part sur la nature du faisceau*, et même, l'avantage des LED est que le plan de feu peut-être allégé, deux découpes avec un réglage similaire mais deux gélamines différentes peuvent être remplacées par une seule découpe LED.

Le seul aspect de l'adaptation qui peut engendrer des difficultés et qui demande du temps est la conduite* du spectacle. Pour ce spectacle, il y a tout un jeu avec des PAR blancs, sans gélatine, en douche au-dessus du bassin d'eau blanche dans lequel se déplace le danseur, l'élément fort de cet effet lumière étant une variation de l'intensité des PAR (et donc de leur température de couleur* qui blanchit au fur à mesure que leur intensité augmente) au fur et à mesure que le spectacle avance.



33 Le recours aux forêts, de Jean Lambert-Wild, lumières de Renaud Lagier, 2009

C'est un événement qui fonctionne très bien avec des projecteurs traditionnels, mais qui devient plus complexe lorsqu'il faut le reproduire avec les projecteurs à LED du

théâtre. En effet, la LED ne fait pas de variation de couleur suivant les intensités, il faut donc la recréer artificiellement. Les régisseurs ont alors décidé de prendre certains paliers marquants de cette montée de lumière et d'en reproduire la température de couleur*. Ils ont choisi des étapes comme 5% d'intensité, 10%, 15%, 25%, 40%, etc. et ils leur ont attribué des températures de couleurs allant d'une couleur très ambrée, orangée pour le projecteur à 5% à une couleur plus tournée vers le blanc chaud au-delà de 40% d'intensité. Le résultat était correct mais ça demande un long temps de travail pour une simple montée de lumière, mais l'effet nous est tellement habituel qu'on ne pense pas qu'il pourrait poser problème avec une autre technologie... Ce problème de variation de température de couleur* suivant l'intensité est aussi visible et problématique lorsqu'on essaye de retrouver une couleur chaude de gélatine avec les LED, elle ne s'éclaircira pas suivant l'intensité du projecteur... Par contre, pour une couleur froide, l'utilisation de la LED permet d'éviter d'avoir une impression que la couleur verdit ou jaunit selon son intensité, elle sera toujours pure et propre.

Au final, voir l'adaptation de ce spectacle, *Le recours aux forêts* est une très belle occasion de suivre le travail qui se fait dans cette salle, la première équipée entièrement de LED. L'adaptation est similaire à celle qu'on ferait dans un autre lieu de spectacle, il faut simplement noter quelques différences à l'installation comme le câblage, les pannes, le choix des couleurs et leur intégration dans une conduite lumière*. Le rendu visuel, lui, ne varie pas beaucoup entre une version avec des projecteurs traditionnels et une version avec de la LED. Pour *Le recours aux forêts*, en tant que spectatrice je n'ai pas senti d'aberration du fait que le spectacle était mis en lumière avec de la LED, et cette impression m'a été confirmée par Martin Teruel, le régisseur lumière de la compagnie. J'ai aussi fait ce constat avec un autre spectacle que j'ai regardé récemment au JCC : j'ai pu voir *Hans was Heiri* l'année dernière à la

Maison de la Danse à Lyon et cette année au théâtre Jean-Claude Carrière et qu'il ne m'a pas semblé distinguer de grandes différences entre les deux représentations.

4.2. Innover sans révolutionner les habitudes

Innover sans révolutionner, c'est-à-dire, laisser la place à une nouvelle technologie sans pour autant effacer du paysage lumineux les technologies utilisées aujourd'hui en lumière. La LED est un nouvel outil pour faire de la lumière, son rendu est différent, assez éloigné de ce qu'on a l'habitude d'observer et de travailler en lumière. Son arrivée en éclairage pose encore quelques problèmes. On se rend compte que c'est un nouveau type de lumière et que tout ce qu'elle éclaire réagit différemment, plus ou moins bien par rapport aux habitudes de nos yeux d'éclairagistes... Les décors, les matières ne sont pas « attrapées » de la même manière, les matières apparaissent sous un nouveau jour... De la même façon, pour les costumes, la lumière se réfléchit différemment sur le tissu, il faut prendre de nouveaux repères. C'est une lumière lisse, inerte, elle n'accroche pas, elle révèle en douceur. A faible intensité, sur un comédien habillé, la peau, le visage et les mains apparaissent avant de pouvoir discerner le costume dans le noir du plateau... Elle dispose de caractéristiques techniques propres, mais on la trouve dans des carcasses de projecteurs usuels, on a la possibilité de faire varier l'intensité lumineuse, de retrouver les températures de couleur de blanc chaud qu'on apprécie fortement. Et si c'est insatisfaisant, des petits plus sont inventés et mis sur le marché comme la gamme de gélamines LEE FILTER spéciale LED, pour retrouver le blanc et des couleurs qu'on travaille en halogène.

L'innovation est là, avec des nouveaux appareils, une nouvelle lumière, mais son arrivée se fait tout en douceur, on ne cherche pas à renverser les habitudes

d'éclairage de spectacle, le tungstène a toujours sa place en conception. Les salles de spectacles s'équipent au fur et à mesure de ces nouveaux projecteurs, les appareils traditionnels restent majoritaires mais les lieux se munissent de LED comme ils disposent de projecteurs asservis ou HMI. C'est à force de l'utiliser en ponctuel que la LED vient à s'immiscer doucement dans les mentalités, elle a un côté très pratique pour des appareils sur batterie ou lorsqu'on a peu de puissance électrique à disposition. Le fait de la trouver au quotidien joue aussi un rôle important dans l'approvisionnement et l'appréciation de cette technologie. Si notre regard (d'éclairagistes et de spectateur) s'y habitue lorsqu'on rentre chez nous le soir et que cette lumière, douce et lisse ne nous impressionne plus, ne nous paraît plus si étrangère, elle prend progressivement sa place au sein de l'éclairage d'une pièce de théâtre, et nous semble déjà plus commune, on peut commencer à s'y référer. Bien sûr, pour l'instant ce n'est pas encore aisé de penser une conception lumière seulement avec de la LED, sauf pour des utilisations particulières, et comme chaque éclairagiste se crée sa palette au fil de ces années de travail, la LED ne peut pas convenir à tout le monde et l'envisager comme lumière principale dans un spectacle n'est pas toujours évident. Pour Christophe Forey, c'est un outil très pratique dès qu'il s'agit d'éclairer un endroit difficile d'accès dans un décor. Pour Marie-Christine Soma, c'est un appareil très agréable à utiliser quand il s'agit de mettre en lumière une toile ou un cyclorama* et n'avoir que quelques projecteurs pour une palette de couleur quasiment infinie est très confortable. Pour d'autres comme Rémi Nicolas, le lieu où on l'emploie n'a pas vraiment d'importance, on trouvera à l'utiliser suivant les envies en conception.

4.3. Réflexion autour de la LED : Interrogations et expériences

4.3.1. Regard sur la LED

Ma vision de la LED a changé entre le moment où j'ai entrepris des recherches et la fin de la rédaction de ce mémoire. Au début, j'ai envisagé la LED comme un remplacement au tungstène, c'est ce qui m'a permis de me poser certaines questions sur cette lumière et son utilisation et les besoins auxquels elle devait répondre, comme la nécessité de compenser la gradation d'un projecteur ou la capacité d'émettre une lumière blanche de bonne qualité, puissante, avec la possibilité de récupérer une température de couleur* autour de 3200K... Je suis partie de ces contraintes auxquelles la LED devait se soumettre pour être un minimum équivalente au tungstène et je me suis rendue compte qu'elle proposait d'autres choses, qu'elle avait ses caractéristiques lumineuses propres et qu'il était possible de créer de nouvelles images, de nouveaux effets avec cet outil. Au lieu d'être un outil de remplacement à une technique en place, la LED devenait un nouvel instrument de lumière à part entière. Ses spécificités ne plaisent pas à tout le monde, cette lumière change nos habitudes et nos repères visuels mais elle offre une nouvelle palette de travail pour nous, praticiens de la lumière.

La place de la LED en conception lumière est actuellement en pleine évolution, chaque année des innovations sont développées et permettent à la LED de répondre de toujours mieux aux besoins et aux envies des éclairagistes. Il semble encore un peu difficile de penser à un plan de feu principalement composé de projecteurs à LED, hormis pour des volontés spécifiques, comme chez Claude Régy chez qui les évolutions du regard et des sensations du spectateur sont importants (voir 4.1.3. *Claude Régy, Rémi Godfroy et la LED*). Au cours d'adaptations, elle remplace facilement les projecteurs traditionnels mais sans avoir une influence sur

les lumières du spectacle joué. Le tungstène existe encore, il est très largement répandu en éclairage de théâtre, chacun l'apprécie beaucoup, il n'est pas nécessaire de le remplacer, mieux vaut profiter de toutes les technologies à notre disposition. La LED trouve vraiment sa place dès qu'il s'agit d'éclairer des toiles, des cyclos*, etc. sur lesquels on souhaite projeter de la lumière avec plusieurs changements de couleurs. C'est aussi un élément judicieux pour mettre en valeur des petits éléments de décor, souligner des reliefs ou encore intégrer de la lumière dans des costumes. Sa praticabilité est un de ses avantages : ce sont des appareils qui consomment peu de puissance électrique et qui peuvent « remplacer » plusieurs appareils identiques en réglage. Ils peuvent être très efficaces lorsqu'on est confronté à des conditions particulières pour une création, comme pour la conception lumière du deuxième atelier-spectacle de l'ENSATT, *La dispute*, de Marivaux, mis en scène par Richard Brunel.

4.3.2. Expérimentation de la LED

4.3.2.1. Tests pratiques, ENSATT, février 2014

Une étape fondamentale dans mes recherches a été de me rendre compte de ce que c'est que la LED. C'est important pour moi de connaître cette technologie pour la comparer à d'autres et pouvoir en parler avec les personnes que je rencontre au fil de mon travail. J'ai, au cours d'une session de tests⁴⁴, vu et compris les différences qu'il y a entre un éclairage traditionnel et LED, ainsi que les avantages qu'elle peut apporter dans une conception lumière. Je n'ai malheureusement pas beaucoup de photos à montrer de ces tests, mais il est difficile de rendre compte

⁴⁴ Cf. Annexe 1.

d'une différence de lumière, de faisceau de grain et de matière entre deux technologies en en prenant une troisième pour les comparer... Mais j'ai effectué des tests concluants. J'avais à disposition des cyclodes (ALC 4) et des découpes à LED (Lustr+) et leurs équivalents en traditionnel. J'ai étudié l'éclairage d'un cyclorama* puis l'éclairage d'un comédien et j'ai observé que la LED est un outil vraiment pratique. L'installation technique est moins imposante, une dizaine de projecteurs sont alimentés sur une seule ligne directe en 16A, c'est un gain de temps et d'espace. Les LED permettent aussi d'avoir une palette de couleur assez extraordinaire, en quelques minutes et manipulation de console on passe de bleus nuits, profonds à des ambre éclatants, jusqu'à des jaunes, des verts pastels. Un projecteur peut avoir dans une même conduite lumière* des dizaines de couleurs différentes, il faut simplement faire attention aux transitions entre deux couleurs pour ne pas avoir des teintes trop variées, opposées et un effet arc-en-ciel désagréable. Par exemple, j'ai effectué une montée de couleur sur le cyclorama*, d'un bleu électrique à un orange saturé, et j'ai constaté du rose qui apparaît en intermédiaire. Il faut être vigilant en conduite* pour que cette troisième couleur –non désirée– ne soit pas trop présente. La multiplicité des nuances de couleurs est, elle, vraiment intéressante, une limite apparaît lorsqu'on essaye d'obtenir des violets profonds et précis, la nature des appareils l'empêche, les LED bleues ne permettent pas de se rapprocher beaucoup des ultraviolet et des limites du spectre visibles dans ces longueurs d'onde.

Une grosse différence entre les LED et l'halogène, c'est que la nature de la lumière change vraiment. Au vu des tests, elle me paraît vraiment plus lisse, elle manque de relief et « accroche » beaucoup moins le corps et la peau, elle ne se réfléchit pas de la même manière et paraît plus étale, plus matte, avec moins de brillances et de réflexions. En s'approchant du sujet ou de l'objet éclairé, j'ai la sensation d'être face à une masse lumineuse plaquée contre un corps au lieu d'avoir

une lumière qui viendrait s’immiscer autour d’un corps et épouser toutes ses formes. C’est un changement considérable par rapport à l’éclairage d’un comédien par des projecteurs traditionnels, l’œil a du mal à s’y faire au début. Une fois la surprise passée, je trouve que le rendu général est tout de même très agréable, avec une lumière LED blanche je retrouve finalement des repères en termes d’image et dès qu’il s’agit de travailler la couleur, c’est vraiment attirant, tout se joue dans la finesse d’une teinte et d’une saturation pour obtenir exactement ce que je veux. Ces tests m’ont vraiment permis de me faire ma propre idée de la LED et de ne plus avoir en tête tous les a priori et les idées, positifs ou négatifs que beaucoup se font de la LED, j’ai pu me baser sur mes propres observations pour parler de cette technologie dans ce mémoire et avec d’autres. Au cours de cette session, je n’ai pas mis en œuvre un véritable éclairage, de comédien, du plateau, c’est un développement que je continuerai en soutenance, ici je voulais vraiment décortiquer la lumière de la LED et la voir sous tous ses aspects techniques et possibles.

4.3.2.2. Un projet : *La Dispute de Marivaux*

Lors de ma troisième année à l’ENSATT, j’ai travaillé sur le deuxième atelier spectacle de l’école, en Mars et Avril 2014, *La dispute*, de Marivaux accompagné d’un prologue, mis en scène par Richard Brunel, en coproduction avec la Comédie de Valence. En lumière, j’ai travaillé en binôme avec Luc Michel et pour cette conception, nous avons été confrontés à des impératifs techniques, en plus des volontés artistiques mises en jeu. Le partenariat avec la Comédie de Valence nous a permis d’intégrer leur programmation de comédie itinérante et de partir en tournée en Drôme-Ardèche et de jouer dans les petits théâtres ou les salles polyvalentes de villages. Partir en tournée nous a alors donné quelques contraintes techniques,

comme une limite de la puissance électrique disponible ou la faible hauteur et le manque d'accroche dans les salles... Lors du travail de création, il a été choisi d'avoir une scénographie et une technique quasiment autonomes pour pouvoir s'implanter n'importe où. Le spectacle est divisé en deux parties, le public est accueilli en immersif à l'intérieur du dispositif puis en bi-frontal, à l'extérieur d'une boîte fermée. Des arches surplombent l'ensemble et toute la technique son et lumière est intégrée au décor.

En lumière, on travaille avec seulement 3.5m de haut et nous devons éclairer une boîte de 5m par 12m. Nous nous sommes rendu compte qu'avec cette installation on ne pourrait pas jouer sur des grandes directions et on a décidé qu'il faudrait au moins pouvoir changer les ambiances et les couleurs. L'idée qui nous est venue a été d'utiliser les ALC 4 comme des lustres, pour avoir un éclairage d'ensemble de l'espace. Elles sont suspendues au milieu des arches, éclairent toute la boîte et nous permettent d'avoir des atmosphères vraiment très différentes les unes des autres, il y a alors une évolution forte et des changements de lieux et de temps possibles par la lumière. D'autres projecteurs LED, les Moduled de Ayrton (des appareils avec trichromie) éclairent des espaces secondaires mais utiles au propos de la pièce : avec deux Moduled, on met en valeur une corniche, en haut du mur devant la régie, où des mots du jeu *Les histoires à contraintes* sont accrochés. Avec deux autres projecteurs, le hors-champ derrière les portes des jeunes de *La dispute* est éclairé, chacun des quatre personnage a une lumière particulière dans l'espace derrière sa porte avec des teintes allant du vert au bleu nuit.⁴⁵

Une utilisation forte de la LED dans cette conception se retrouve dans les étapes entre les expériences de *La dispute* qui sont traitées comme des intermèdes qui permettent l'installation de la rencontre suivante entre les jeunes. En lumière, on

⁴⁵ Cf. Annexe 3.

a voulu distinguer ces moments du reste de la pièce : il fallait que ce soit une ambiance totalement différente que celle des expériences, on a décidé de partir sur du vert. Ainsi éclairée, la scène apporte une irréalité très forte à la boîte dans laquelle se joue la pièce, la transformation du décor est totale et l'association d'un vert saturé, émis par les ALC- 4, et des fluos en lumière noire, le décor et les personnages se révèlent sous une nouvelle forme irréaliste. Un autre exemple de notre utilisation de la LED se retrouve dans la scène du cauchemar où Eglée se retrouve face à ses tourments – à savoir si elle aime Azor ou préfère Mesrin – énoncés par Carise et Mesrou démultipliés. Une masse lumineuse imposante et lisse d'un bleu nuit profond englobe tout le plateau (et les spectateurs), et nous entraîne dans les questionnements d'Eglée. Est-elle en train de rêver ou subit-elle vraiment un interrogatoire ? Y-a-t-il vraiment quatre Carise et Mesrou pour la confronter à ses désirs ? Faut-il qu'elle reste fidèle à Azor ou peut-elle se laisser tenter par la venue d'un nouveau compagnon, Mesrin ? Seule une faible lueur chaude (produite par un PAR, projecteur traditionnel) rehausse un peu l'image et conserve un peu l'humanité et l'innocence de la jeune femme. Le mélange des lumières traditionnelle et LED permet de créer des états lumineux étonnants qui s'inscrivent dans les propos de la mise en scène.

Ici, nous n'avons pas proposé une conception entièrement à LED, mais c'est ma première expérience en situation avec cette technologie et le résultat est concluant, c'est assez simple de les mixer avec d'autres sources, le rendu de lumière et des couleurs est très agréable, on peut suggérer plusieurs univers avec seulement quelques projecteurs et servir ainsi habilement le propos dramaturgique. Il n'y a quasiment pas de difficulté à les intégrer dans la conduite lumière*, il faut juste réfléchir un peu pour les extinctions et les changements de couleur, qu'il n'y ait pas de transitions ratées, flottantes, mais c'est un outil que j'ai apprécié intégrer dans

une conception. Le changement de lumière et la rapidité de réponse des LED nous permettent de faire de nombreuses propositions d'ambiances au metteur en scène, surtout quand une première image ne le contente pas. Un exemple avec les scènes de rencontres entre hommes et femmes, chez les jeunes, nous avons d'abord proposé une ambiance très rosée, presque de « strip-club », un peu clichée qui nous plaisait mais qui ne convenait pas à Richard Brunel. En quelques minutes nous avons testé des couleurs en console, nous en avons réajusté une et nous sommes arrivés à une teinte plus douce et plus subtile qui accompagne alors la scène très sensuelle et érotique de découverte du corps entre Azor et Eglée et plus tard dans la pièce la rencontre entre Mesrin, Azor et Eglée.



34 Rencontre entre Mesrin, Azor et Eglée, La dispute, de Marivaux, mise en scène de Richard Brunel, lumières de Luc Michel et Julie Lorant

4.3.3. Problématiques émergentes

Au cours de ces six mois de recherche autour de la LED, j'ai pu apporter des réponses à certaines de mes questions et en soulever d'autres, propres au développement rapide de cette nouvelle technologie. Le premier problème qui s'est posé à moi est l'incompatibilité qu'il peut y avoir entre la LED et du matériel d'éclairage déjà existant, comme les jeux d'orgues. En effet, on a besoin de console lumière qui ne soit pas obsolète pour contrôler correctement les LED et utiliser à bon escient tous leurs paramètres, pour ne pas dire trop rapidement que cette technologie a beaucoup de défauts... Mais toutes les salles ne disposent pas d'outils récents, c'est un investissement. Et comme l'achat de la LED est un fort coût lui aussi, peu de salles s'équipent avec. C'est vraiment dommage car cela empêche qu'on les utilise en conception et qu'on se fasse peu à peu à cette nouvelle lumière...

Une autre question que je me suis posée, que j'ai abordée dans le paragraphe 2.2.4. *Autres spécificités*, c'est qu'on vante la LED comme étant une technologie dont les lampes s'usent sur du très long terme, mais on ne connaît rien de cette usure. Des tests de durée de vie des lampes ont été conduits en laboratoire, aucune étude n'a été faite en condition d'utilisation réelle, dans des salles, en extérieur, avec des chocs, des intempéries et on ne connaît pas vraiment le vieillissement des lampes. On sait qu'elles sont prévues pour plusieurs milliers d'heures mais on est incapable de dire à quel moment elles vont se dégrader. Par exemple, si au cours d'une conception lumière un éclairagiste emploie des projecteurs LED (de bonne qualité) de différentes générations, avec une variation du nombre d'heures d'utilisation des lampes, on ne sait pas ce que ça pourrait donner. Y-aurait-il des différences de températures de couleurs, est-ce que ce serait visible ou pas ? A quel point le vieillissement peut varier suivant les marques de projecteurs, est-ce que c'est pour toutes les LED de la même manière ? On peut émettre

beaucoup d'hypothèses et se fier à quelques essais mais rien n'a été prouvé et la technologie évolue si vite qu'il est difficile d'avoir des réponses claires. C'est au point qu'un lieu qui investit dans des appareils à LED peut se retrouver lors d'un second achat à avoir des projecteurs d'une génération différente qui rendent les premiers obsolètes sans avoir eu le temps de les voir vieillir. Le seul élément que j'ai réussi à obtenir, d'après un constructeur (ETC), c'est que l'électronique des appareils se détériorera avant que le vieillissement des LED se voit...

Un élément très important qui m'a questionnée tout au long de ce mémoire, c'est le traitement des couleurs avec la LED. J'ai abordé ce point dans le paragraphe 2.2.1 *La couleur*. Je me suis rendue compte qu'on sait faire des couleurs avec cet outil mais il n'existe pas de repère, de nuancier spécifique pour communiquer entre praticiens de la lumière. En effet, suivant les LED, RGB, RGBWA ou les luxéon 7 couleurs, les couleurs ne s'obtiennent pas de la même manière, ce n'est jamais le même pourcentage de chaque LED qui est envoyé... Il existe une infinité de teintes et de nuances possible et c'est une nouveauté extraordinaire en lumière, mais on est pour l'instant incapable de la traiter correctement et de s'en servir au mieux. Comment s'y retrouver alors ? Sachant que l'œil d'un éclairagiste qui cherche une couleur précise est subjectif et change par rapport à son voisin... La LED continue d'être développée par les constructeurs mais pour l'instant personne ne s'est sérieusement penché sur l'existence d'un référentiel « universel » pour l'utilisation des couleurs de la LED. Est-ce possible ? Je n'ai pas cette réponse étant donné que chaque fabricant fait ce qu'il veut comme matériel et qu'il n'y a pas de norme et qu'il existe une multitude de LED de qualité diverse et variée. Pour l'instant, le seul repère que nous ayons pour faire de la couleur est le nuancier de gélamines, conçu pour des projecteurs halogènes à une température de couleur* de 3200K. Si on cherche à reproduire une teinte particulière en LED à partir d'une gélamine à partir de ce

nuancier, on perd beaucoup de la puissance disponible (toutes les diodes ne vont pas fonctionner) et le résultat n'est pas intéressant, on gâche une partie du faisceau* et du potentiel du projecteur LED...

Un dernier point sur la LED que m'a amené à soulever mon mémoire, c'est qu'on est face à une nouvelle technologie, qui se développe et s'adapte aux projecteurs qu'on connaît actuellement que ce soient des carcasses d'appareils traditionnels comme les découpes ou d'asservis (des projecteurs motorisés, qui pivotent sur eux-mêmes) comme je l'ai abordé dans le paragraphe 3.2.2. *Les avancées des constructeurs*. Mais, mis à part les rubans qui sont particuliers et utilisés dans de la décoration lumineuse, il n'existe pas d'appareil éclairant propre à cet outil lumière. Il n'y a pas encore d'essais pour trouver un projecteur adapté à la LED, et qui lui soit dédié. Qui serait peut-être léger pour compenser le poids du ballast électronique, qui disposerait de lentille ou de filtre fixe pour éviter l'effet pizza qui montre toutes les diodes, qui éviterait la moindre perte de lumière et permettrait d'exploiter au mieux le faisceau* produit par les LED, peut-être diffusant... ? Pour ma part, je ne sais pas à quoi à quoi il pourrait ressembler, mais je pense qu'il faudrait se pencher sur les avantages de la technologie pour lui créer une boîte à lumière particulière.

CONCLUSION

Au cours de ce mémoire, j'ai vraiment pris beaucoup de plaisir à étudier la technologie LED et à poser un regard d'éclairagiste dessus. J'ai découvert ses défauts et ses avantages, essayé de travailler avec et de comprendre pourquoi elle pouvait ne pas plaire. C'est un sujet très controversé en lumière, il est difficile de faire changer les habitudes et les avis, mais certains des aspects de la LED lui permettent de se faire une place en conception lumière et de cohabiter avec l'éclairage traditionnel. Comme toute nouvelle technologie, elle continue de s'améliorer et change vite, quelques mois suffisent à faire apparaître de nouvelles innovations sur le marché... Ce nouvel outil lumière semble en bonne voie pour intégrer le paysage lumineux du spectacle vivant et on peut se demander si comme pour l'arrivée de l'électricité, la LED ne représente que les prémices d'un nouveau type de lumière. Je m'explique : lors de l'arrivée de l'électricité il n'y avait que les lampes à décharges et le gaz gardait encore une place forte et à partir du moment où (une vingtaine d'années plus tard) sont apparues les lampes au tungstène, tout a basculé et l'éclairage tel que nous le connaissons encore aujourd'hui est arrivé. Pour la LED, des événements similaires sont en train de se produire, en effet, en parallèle du développement de la LED, des chercheurs s'intéressent aux OLED, des Diodes Electroluminescentes Organiques... Leur principe de fonctionnement est le même que celui des semi-conducteurs* sauf que les matériaux utilisés sont organiques (comme l'oxyde d'indium-étain (ITO)). Pour l'instant cette technologie est surtout introduite dans la fabrication d'écrans plats à haute résolution, mais la société Phillips commence à la développer sous forme de panneau éclairant... Cette technologie est vraiment innovante et semble avoir dépassé la LED sur certaines de ces qualités comme le rendement* qui pourrait être démultiplié : d'ici quelques temps, des laboratoires espèrent des rendements* de 500lm/w pour des OLED...

ANNEXES

ANNEXE 1 :

PROTOCOLE DE TRAVAIL TEST PROJECTEURS ALC4.

SALLE : 042, Le Cargo

DESCRIPTION DE L'INSTALLATION TECHNIQUE :

- Cyclorama* et toile de réflexion. (6m*4m)
- 4 ACL4 des cycliodes à LED
- 6 cycliodes (3 ADB 3 Juliat)
- 2 couleurs de gélamines L158 G845
- 1 console PRONTO

OBJECTIF :

Comparaison de l'éclairage d'un cyclo* avec des sources traditionnelles et des sources à LED.

Pas d'appareils de mesure, le travail est fait à l'œil.

- changement d'une couleur à l'autre, trad/LED
- passage du temps sur un changement, montée de couleur. Trad/LED
- les couleurs très saturées, comparaison
- les couleurs pastel, comparaison
- éclairage d'un comédien, Trad/LED
- impression en basse lumière. (faible intensité)

TEST

Besoin d'une console un minimum adaptée à l'utilisation de la LED sinon on peut vite être coincé avec des consoles un peu anciennes où la navigation pour gérer des asservis n'est pas simple ou peu lisible.

ALC4 vs cycliode :

Quantité de lumière émise : pour du blanc à 3200K, la cycliode paraît plus lumineuse, la répartition se fait mieux sur le cyclo*.

Couleurs :

Pour du bleu G845. À même intensité, l'ALC4 a un meilleur rendu, avec la cycliode on a la sensation d'une perte d'intensité et la couleur paraît plus terne.

Pour du orange L158. Les cycliodes donnent un mélange plus homogène et prennent l'intégralité du cyclo*, le orange paraît plus vif.

Pour du chaud, peu saturé. L015, L154, c'est assez long de retrouver les couleurs du nuancier, il faut vraiment aller précisément dans les possibilités des appareils à LED, mais il est possible de trouver des équivalences.

Pour du vert L139. L'équivalence en LED se trouve rapidement, avec une intensité égale.

Pour du violet L181. C'est compliqué. C'est possible de retrouver une palette de violet grâce aux LED, mais avoir quelque chose d'aussi proche de l'ultraviolet que le L181 est difficile

Pour du rouge L026. Il est possible de retrouver des rouges vifs avec la palette RGB mais c'est compliqué d'avoir un rouge profond comme le L026.

Facilité de changement de couleur avec les ALC d'un point de vue purement technique. La mise en œuvre ne demande rien. Pour des cycliodes traditionnelles, il y a besoin d'aller chercher de nouvelles gélatines et les installer si on souhaite changer de couleur. Avec les ALC4, il suffit juste de créer une nouvelle palette de couleur depuis la console. C'est un gain de temps et d'énergie précieux.

Il n'y a pas de changement de température de couleur* avec les LED lors d'une baisse d'intensité. Avec les cycliodes (trad), les couleurs d'une gélatine changent avec l'intensité, elles se réchauffent lorsqu'on diminue l'intensité du projecteur. Par exemple, un bleu ou un vert vont avoir tendance à jaunir à faible intensité. Un orange ou autre couleur chaude paraît encore plus chaud à faible intensité. Avec les ALC4 (LED), la température de couleur* ne varie pas, quelle que soit l'intensité. La couleur reste pure, elle semble moins dégradée. **Il faut en tenir compte car pour l'instant quand on choisit une couleur dans un spectacle et qu'on l'exploite en conduite*, on réfléchit à son évolution dans les basses lumières. Changement de nos repères/habitudes de couleurs dans une conception avec la LED**

Pour un changement de couleur.

Même sans une courbe particulière pour adoucir la montée, la gradation des LED, le passage d'une couleur à l'autre est très fluide, quasiment autant que pour les cycliodes. Par contre, pour certains changements de couleurs particuliers, travailler avec les LED demande un peu de réflexion. C'est un même appareil qui permet de passer d'une couleur à l'autre (pour les cycliodes ce sont deux appareils différents). Il faut tenir compte d'un élément : si on veut qu'une couleur (orange) arrive après qu'une autre (bleu) ait commencé à disparaître, avec des cycliodes il suffit juste de rajouter des temps et un délai à la montée de la seconde mémoire. Pour une LED il faudra éventuellement prévoir une troisième mémoire, intermédiaire pour permettre le début de la disparition du bleu car le changement d'intensité (le beam) est un paramètre intégré à l'appareil. Le transfert ne se gère pas de la même manière avec un projecteur traditionnel ou un projecteur à LED.

La vitesse de réponse des LED est intéressante, il n'y a pas de temps de latence. Des transitions peuvent se faire beaucoup plus « sèchement », avec des CUT très francs et certains enchainements presque saccadés. **(C'est peut-être en ça qu'il peut y avoir une nouvelle manière de piloter, superposer des départs de mémoires composées avec des LED, avec des arrivées de LED en CUT, on aura une sensation de saccade)**

Sur un comédien.

Sur la peau d'un comédien, la LED est beaucoup moins violente quand elle arrive.

Un personnage va sembler plus perdu dans une masse de lumière, on a l'impression d'une épaisseur de lumière, surtout dans des faibles intensités.

Avec un comédien en costume, on a la sensation que la lumière LED est d'abord attirée par la peau avant d'être attirée par les vêtements et la matière du tissu. Son impact sur les costumes est plus distant.

La peau est « accrochée » avant par la LED mais d'une façon douce, presque lisse avec une légère impression de « pointillisme »

A faible intensité, un corps prend moins vite la lumière, on peut trouver une sensation un peu fantomatique à ce mélange de lumière et corps.

Photos test : prises LED puis prise cycliodes.

PROTOCOLE DE TRAVAIL
TEST DECOUPE LED ETC.
LUSTR+ ET DAYLIGHT

SALLE : 042 le cargo

DESCRIPTION DE L'INSTALLATION TECHNIQUE :

- Deux chaises de classe
- Une découpe 1000W Robert Juliat 611. (longue)
- Une découpe 750W ETC (moyenne) 25/50°
- Une découpe LED ETC Daylight (découpe blanche 5600K)
- Une découpe LED ETC Lustr+ (découpe blanc+6 couleurs)
- Gélâtines (L152, L205, L206, L015, L026, L711...)
- Une console PRONTO

OBJECTIF

Comparer les découpes traditionnelles et les découpes à LED en blanc ou avec des couleurs.

Voir les limites et les possibilités de la LED

- Intensité lumineuse du blanc
- Comparaison de couleur
- Passage d'effets lumière, transitions
- Eclairage d'un comédien.

TEST

L'ombre.

Comme la nature même de la lumière de la LED est différente, la nature de l'ombre qu'elle va engendrer change aussi. Avec une découpe LED blanche, grâce au système de lentilles, l'ombre unique est belle, avec des contours nets et il n'y a pas de différence flagrante avec celle d'une découpe halogène (pour un même réglage de net), seule une vague petite impression de flou, de lisse reste et est certainement dû à la nature de la LED. Avec une découpe LED de couleur, le résultat est identique, il n'y a pas de problème d'ombre, même au niveau des contours où on peut penser que le mélange des couleurs pourrait apparaître.

Par contre, sur un objet, la LED paraît beaucoup plus matte, il y a moins de brillance. J'ai testé avec des chaises de bureau et la différence est vraiment visible.

Blanc chaud Halogène.

Blanc froid LED.

Avec la découpe Daylight, on a du blanc froid à 5600K, avec la découpe Lustr+, on a aussi du blanc froid qu'on peut réchauffer avec des LED du module, mais on a moins d'intensité lumineuse.

En comparant daylight et RJ611, il faut rajouter des gélamines chaude sur la découpe LED ou des gélamines froides sur la découpe halogène. Le mieux est de transformer le blanc de la LED en blanc chaud avec des gélamines car on perd moins d'intensité lumineuse.

Un mélange de gélamine agréable pour l'œil (mais pas tout à fait équivalent à 3200K) est L206+L154.

La couleur.

J'ai testé le rendu des couleurs sur la découpe LED lustr+. J'ai d'abord essayé de retrouver des équivalences par rapport à une découpe halogène avec des gélamines d'un nuancier Lee Filter. C'est difficile d'avoir des rendus similaires avec ces deux lumières. En cherchant la même couleur en LED qu'avec une gélamine, c'est facile de retrouver la teinte en cherchant un peu mais par contre il ya une perte de flux assez considérable car on n'utilise pas toutes les LED du module.

Par contre, la couleur est très facile à travailler avec une découpe LED de couleur, il y en a une infinité et il est possible de les régler très finement. Le seul inconvénient à cette multitude de couleurs c'est qu'il n'existe pas de cahier de référence des couleurs, à part les nuanciers pour un éclairage halogène. La création des palettes de couleurs pour les LED est donc unique à chaque concepteur pour le moment. (Et change aussi suivant les appareils et les marques utilisées) C'est aussi un élément à prendre en compte pour une tournée. Comment faire ? Emmener sa console, être sûr de trouver les mêmes projecteurs dans les autres salles de spectacle, ou devoir réadapter les palettes de couleurs (et autres paramètres) à chaque équipement technique qu'on croise.

La conduite*.

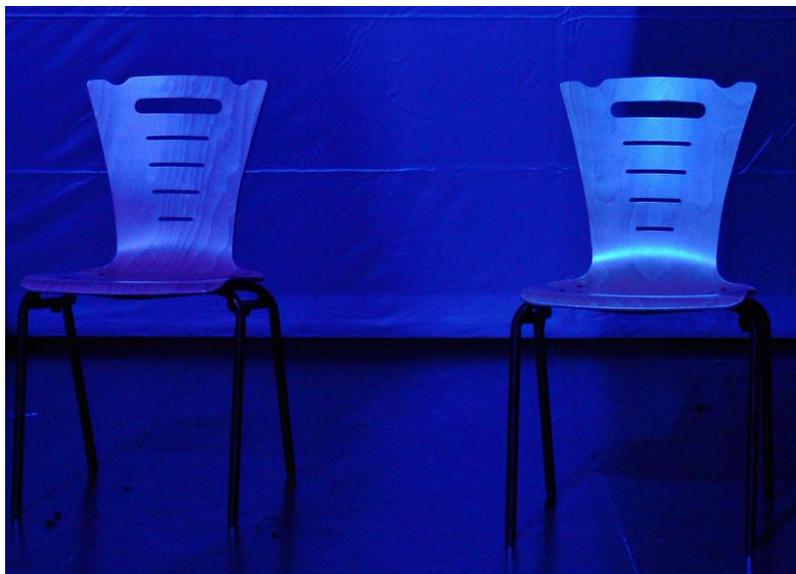
La réflexion à avoir quand j'encode une conduite lumière* avec des LED comme projecteurs est qu'il faut prendre en compte leurs paramètres et spécificités, comme pour des asservis et réfléchir à la manière dont je construis mes effets : les changements de couleurs, prévoir des « move in black » (déplacement des appareils dans le noir) avec le placement des paramètres en amont.

Il faut aussi faire attention aux courbes du projecteur (lorsqu'il est possible de les modifier directement au bloc électronique de l'appareil). On peut les choisir avant l'utilisation en conduite*, retrouver les propriétés de latence à l'allumage ou à l'extinction d'une découpe à filament ou au contraire exploiter les capacités de la LED avec des effets CUT ou de stroboscope, ça donne différents types de montée de la lumière, avec des courbes plus ou moins exponentielles, voir linéaires.

Photos de tests :



Couleur chaude : une découpe LED Lustr+ à gauche et une découpe ETC halogène à droite



Couleur froide : une découpe LED lustr+ à gauche et une découpe ETC halogène à droite

ANNEXE 2 :

QUESTIONNAIRE AUTOUR DE LA LED (réponse de Christophe Forey du 28/01/14)

- 1)) La LED fait partie des nouvelles technologies, en plein essor. Elle se développe rapidement avec des changements en quelques mois seulement. On appréhende parfois un peu son utilisation du fait de notre méconnaissance de cette technologie et de son évolution à grande vitesse.

Avec toute cette course autour de la LED, je voulais savoir ce que vous pensez et ce que vous connaissez de cette technologie ?

Je connais le principe de la LED et j'en connais l'usage pratique au théâtre via les alimentations et contrôleurs, ainsi que les commandes DMX et le mélange des couleurs, différents selon les appareils.*

Je me suis intéressé assez tôt à son usage dans le spectacle (première utilisation en 2004 pour Le Barbier de Séville au Covent Garden où j'avais fait acheter 6 éléments en RGBW qui travaillaient comme une rampe, disposés comme des quinquets à l'ancienne.

La LED apporte la lumière à beaucoup d'endroits où elle ne pouvait pas être, c'est son gros apport dans notre travail, grâce à la petitesse des sources et à son absence (relative) de chaleur dégagée.

Le gros souci avec la LED est que la lumière est très dure. C'est subjectif, mais, en exagérant, je dirais qu'elle est sans âme... D'où son usage plus facile pour des couleurs froides, que l'on perçoit naturellement comme dures. Elle parvient à rendre des couleurs chaudes qui sont de très bonnes copies d'une source incandescente, mais je n'ai encore jamais retrouvé la vibration et l'intensité d'un 5KW Fresnel à basse intensité dans une lumière réalisée par des LED.

- 2) Le choix de l'utilisation de la LED n'est pas toujours du fait de l'éclairagiste, mais souvent de ces commanditaires, de la production ou des salles où se jouent les spectacles.

Lorsque ce n'est pas un choix complet de votre part, est-ce que vous craignez d'utiliser cette technologie ?

Avez-vous l'impression d'une perte de repères techniques (comme le manque de gradation) ou d'une perte de repère esthétique, d'une lumière différente ?

De mon expérience, lorsque ce n'était pas mon choix, c'était celui du décorateur qui le souhaitait dans son espace. Dans ce cas, il me présente son souhait et me laisse

totalelement libre du choix des sources, et adapte la construction du décor aux dites sources.

Sinon, il y a de plus en plus souvent des sources LED à disposition dans le théâtre, mais j'ai toujours été libre de les utiliser ou non.

Dans leur usage, il y a une réelle perte des repères par rapport à mes connaissances et ma pratique de la lumière. En particulier dans le travail de la couleur : avec les LED, les bleus sont d'une puissance incroyable alors qu'ils étaient la couleur difficile à avoir de façon très forte avec les sources halogènes (les HMI eux, bien sûr, le permettent). C'est d'abord un point positif, d'avoir ce bleu puissant à disposition. L'aspect plus difficile est le mélange RGBW pour lequel les repères sont très loin des sources traditionnelles.

- 3) Parfois l'utilisation de la LED n'est pas choisie, que ce soit en conception ou en adaptation dans des salles équipées à LED.

A partir de là, comment faut-il tirer parti de cet outil, de ces particularités ?

Est-ce qu'il s'agit de faire un compromis par rapport à ce qu'on connaît en éclairage ou faut-il aller plus loin ?

C'est une source particulière, mais une source de lumière malgré tout. Il s'agit d'abord de faire de la lumière, que ce soit une LED ne change pas le fond de la question : l'important est de savoir ce que l'on veut faire comme éclairage et de s'en approcher quel que soit la source de lumière à disposition.

- 4) L'évolution de la LED est fulgurante depuis quelques années, les constructeurs sortent de nouveaux appareils à intervalle de quelques mois seulement.

Quelle est votre opinion aujourd'hui des projecteurs à LED, en termes de faisceau*, de colorimétrie, de la nature de cette lumière et des appareils qui la projettent (découpe à LED, cycliodes, PAR...)?

Et au vu de sa nature, comment l'utilisez-vous dans vos conceptions lumière ?

L'évolution permanente actuelle, qui est normale puisque c'est un produit jeune, fait partie des problèmes de la LED, puisque la technologie évolue sans cesse, ce qui empêche de pérenniser des options de travail. À chaque fois, c'est (encore) un peu une nouvelle aventure. Mais c'est surtout un problème pour les théâtres qui veulent s'équiper.

Pour les fonds et les cyclos, c'est génial, notamment grâce à la puissance des bleus.*

Et maintenant que l'on parvient à les graduer à partir de zéro, c'est utilisable.

Les PAR ou rampes LED, mélangés à d'autres sources traditionnelles fonctionnent très bien.

Je n'ai pas encore utilisé en spectacle les découpes LED. Je suis curieux de le faire, mais je dois travailler dans un théâtre qui en possède...

- 5) Avec la LED comme source majeure d'un éclairage, à quels aspects faut-il faire attention pour l'intégrer pleinement ?
(Au niveau du faisceau*, de la colorimétrie, de l'éclairément, mais aussi de l'esthétisme)
Faisons-nous face à un changement de pensée en termes de conception lumière ?

*Je n'ai jamais encore fait de spectacle uniquement éclairé par des LED et j'ai toujours mixé les sources pour prendre les avantages de la LED (taille des sources, couleurs...) et masquer leur défaut principal qui est la dureté par l'apport d'autres sources. Cela est particulièrement vrai dans l'éclairage des acteurs.
Pour moi, cela ne change pas fondamentalement la pensée de la lumière, qui est première. Les sources, même les LED, sont des outils pour rendre compte de cette pensée. Par contre il est important de bien les connaître techniquement pour pouvoir en maîtriser l'usage afin de pouvoir réellement dégager la pensée de la lumière et non pas faire au mieux au hasard des sources proposées. Mais c'est vrai pour toutes les sources.*

- 6) Nous ne sommes pas encore habitués à l'éclairage à LED dans le spectacle vivant, c'est une nouvelle technologie qui se développe.
Vous qui est confronté à cette technologie dans certains spectacles, pensez-vous que l'utiliser en source principale dans des conceptions fait peur ?

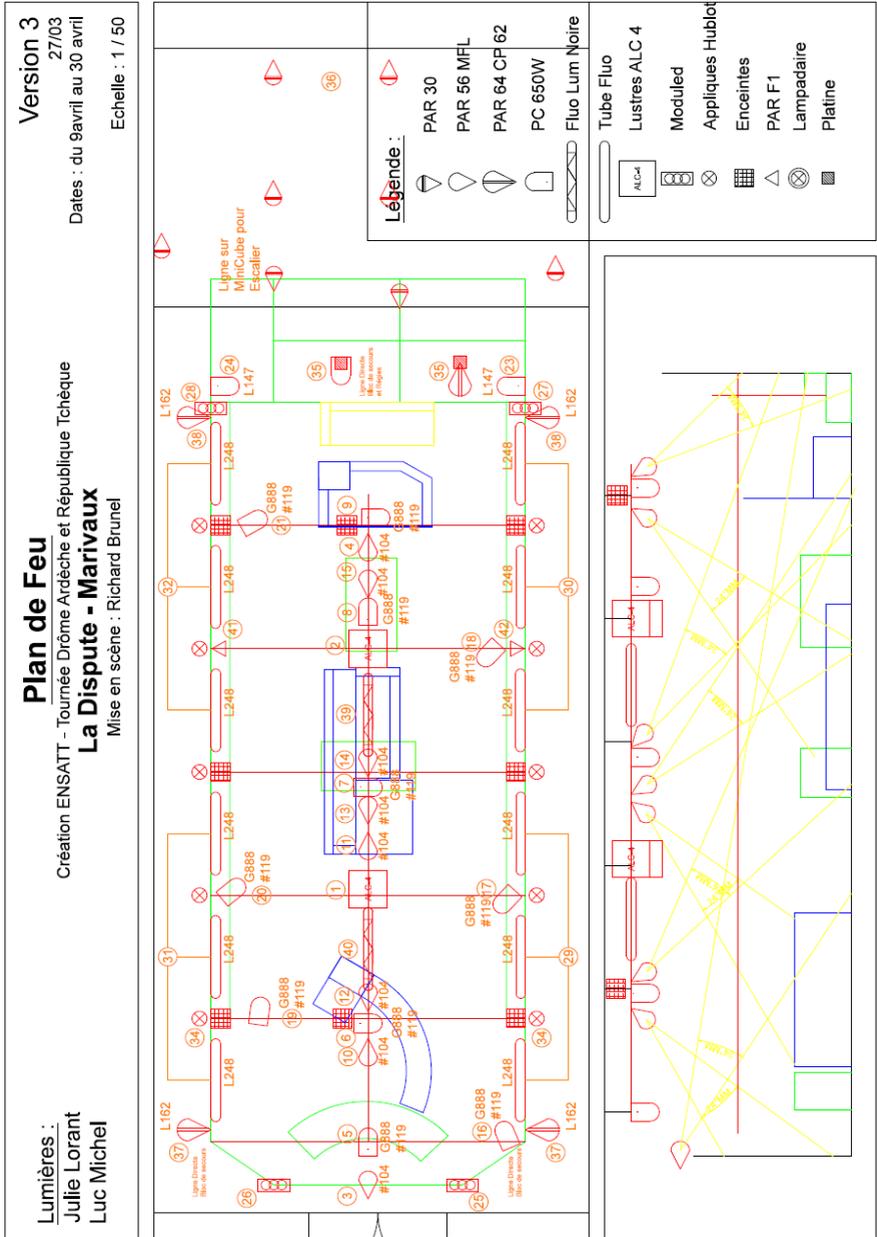
Est-ce vraiment trop loin des habitudes de nos yeux d'éclairagistes ou est-ce une passade et que les habitudes vont changer ?

Je ne crois pas que la question soit de faire peur ou non, la question est la maîtrise technique et si on parvient avec à ce que l'on souhaite, et en profitant des nouvelles possibilités que cela offre.

Je sais qu'il y a eu des spectacles très beaux réalisés uniquement avec des LED, c'est possible donc.

Davantage qu'un problème de fond sur la création lumière, il y a un gros problème pratique et financier : nous faisons des spectacles qui doivent tourner et passer d'une salle à l'autre. À cause de la jeunesse de la LED, l'équipement des théâtres est encore faible et surtout absolument pas homogène. Si on demande 10 découpes 1KW 16/35°, on les aura facilement partout, dans des parcs différents certes, mais qui offrent les mêmes services. Avec les LED, actuellement, c'est totalement utopique de trouver la même chose d'un théâtre à l'autre. Donc si les LED sont importantes dans l'éclairage, la production doit louer ou acheter ses appareils et les emmener en tournée avec les coûts supplémentaires que cela suppose.

ANNEXE 3 :



GLOSSAIRE

BT : Projecteur Basse Tension, alimenté en 24 volts. Son faisceau est très serré et sa forme particulière est donnée par la lampe : une calotte argentée recouvre l'enveloppe et condense toute la lumière vers le réflecteur avant de la renvoyer sur scène.

Conduite lumière : Elle contient l'intégralité des états lumineux et de leurs transferts et elle s'enregistre et se contrôle depuis la console lumière.

Cyclorama (Cyclo) : grande toile de fond de décor, généralement tendue entre cour et jardin et allant du sol à la hauteur maximale du décor (le haut est caché par une frise). On peut projeter de la lumière ou de la vidéo dessus.

DMX : Protocole qui permet de transmettre plusieurs informations via un seul chemin de transmission (multiplexage des informations). Il est constitué de 512 canaux (pour 512 informations différentes).

Faisceau : Il correspond à la lumière émise par un projecteur, qui vient impacter sur le sol et n'est pas dépendant de la nature de la lumière.

Flux lumineux : quantité de lumière émise depuis une source, il s'exprime en lumens.

Gradateur : il permet de commander la variation de tension du courant reçu par un projecteur.

IRC : Indice de Rendu de Couleur. Il permet de quantifier la qualité d'une lumière émise, c'est un pourcentage. *Il veut dire « capacité d'une source à restituer la vraie couleur d'un objet ».*⁴⁶

Multipaire : rassemblement de plusieurs lignes d'alimentation en une. Il dispose de foudres de chaque côté qui permettent de diviser à nouveau en plusieurs ligne

Onde lumineuse : onde électromagnétique (déplacement d'énergie sans support matériel) dont les longueurs d'ondes sont comprises entre 400 et 800 nanomètres (équivalent au spectre des couleurs visibles).

Pas DMX : intervalle situé entre deux canaux dmx. (Entre 0 et 1, entre 15 et 16...)

Rendement : Efficacité lumineuse d'une lampe. Rapport entre l'énergie du flux lumineux* et la puissance globale de la lampe. Plus il est élevé, meilleure est la rentabilité d'une lampe.

Semi-conducteur : matériau solide d'une composition située entre le métal et l'isolant qui laisse passer les électrons d'une zone à l'autre (et devient ainsi conducteur) en fonction du courant électrique qui le traverse.

Synthèse additive : Elle est propre à la lumière et permet de réaliser toute la palette du spectre visible par addition de lumière colorée rouge, vert et bleu. Leur synthèse donne du blanc.

⁴⁶ William Sanial, *Traité d'éclairage*, édition Cépasduès-éditions, 2005, p131

Température de couleur : température d'une source lumineuse calculée en fonction de l'échauffement d'un corps noir et mesurée en Kelvin. Lumière froide et chaude. Pourcentage de bleu dans une lumière froide et pourcentage de rouge dans une lumière chaude.

Triac/thyristor : composants électroniques des gradateurs.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

1	EXTRAIT DES NOTES DE HENRY J. ROUND SUR LES LED	14
2	DESCRIPTIF DES COMPOSANTS D'UNE LED.....	17
3	FONCTIONNEMENT DU SEMI-CONDUCTEUR*	18
4	ALIMENTATION PAR MICROBILLES, SCHEMA EXTRAIT DES LED POUR L'ECLAIRAGE, DE LAURENT MASSOL.....	20
5	GRAPHIQUE DU MELANGE ENTRE UNE LED BLEUE ET UN LUMINOPHORE JAUNE, SCHEMA EXTRAIT DES LED POUR L'ECLAIRAGE, DE LAURENT MASSOL	21
6	IMAGES EXTRAITES DES LED POUR L'ECLAIRAGE DE LAURENT MASSOL	26
7	BOITIER CMS EN RESINE	
8	BOITIER CMS EN CERAMIQUE	27
9	ROUES DE CONTROLE (COULEUR) CONSOLE LUMIERE	
10	CERCLE CHROMATIQUE, EXEMPLE POUR LES LED	38
11	SCHEMA DE LA CHAINE LUMIERE TRADITIONNELLE	40
12	SCHEMA DE LA CHAINE LUMIERE LED	40
13	OLD TIMES, D'IAN RICKSON, LUMIERES DE PETER MUMFORD.....	42
14	OLD TIMES, D'IAN RICKSON, LUMIERES DE PETER MUMFORD.....	43
15	VUE DU PALAIS DE JUSTICE DE LYON DE JOUR (PHOTO DU HAUT) ET DE NUIT (PHOTO DU BAS)	50
16	RUBAN LED.....	52
17	COMPARAISON : DECOUPE ETC « SOURCE FOUR ZOOM 25°-50° », DECOUPE ETC « SOURCE FOUR CE LED STUDIO HD ».....	53
18	COMPARAISON : CYCLIODE ADB « HALOGENE ACP 1001 »,CYCLIODE ADB A LED « ALC4-2 »	54
19	VUE DE LA SCENE DU THEATRE YAU MA TEI THEATRE	57
20	DIE ZAUBERFLÖTE, DE MOSHE LEISER ET PATRICE CAURIER, LUMIERES DE CHRISTOPHE FOREY.....	61
21	DIE ZAUBERFLÖTE, DE MOSHE LEISER ET PATRICE CAURIER, LUMIERES DE CHRISTOPHE FOREY.....	62
22	DIALOGUE WITH ROTHKO, DE CAROLYN CARLSON, LUMIERES DE REMY NICOLAS, PHOTO EXTRAITE D'UNE CAPTATION DE LA GENERALE LE 14/02/2013	63
23	DIALOGUE WITH ROTHKO, DE CAROLYN CARLSON, LUMIERES DE REMY NICOLAS, PHOTO EXTRAITE D'UNE CAPTATION DE LA GENERALE LE 14/02/2013	64
24	HANS WAS HEIRI, DE ZIMMERMANN ET DE PERROT, LUMIERES D'URSULA DEGEN	66
25	HANS WAS HEIRI, DE ZIMMERMANN ET DE PERROT, LUMIERES D'URSULA DEGEN	66
26	PHOTOGRAPHIE DE A, DE FREDERIC LAFORGUE, LUMIERES D'ANNIE LEURIDAN ..	70
27	PHOTOGRAPHIE DE A, DE FREDERIC LAFORGUE, LUMIERES D'ANNIE LEURIDAN ..	70

28 FORET/SELVA, D'AMELIA ESTEVEZ, LUMIERES D'ANNIE LEURIDAN	72
29 FORET/SELVA, D'AMELIA ESTEVEZ, LUMIERES D'ANNIE LEURIDAN	72
30 ODE MARITIME, DE CLAUDE REGY, LUMIERES DE REMI GODFROY.....	76
31 PHOTO DU DISPOSITIF D'ODE MARITIME, DE CLAUDE REGY, LUMIERES DE REMI GODFROY, 2009.....	78
32 BRUME DE DIEU, DE CLAUDE REGY, LUMIERES DE REMI GODFROY, 2012.....	80
33 LE RECOURS AUX FORETS, DE JEAN LAMBERT-WILD, LUMIERES DE RENAUD LAGIER, 2009	82
34 RENCONTRE ENTRE MESRIN, AZOR ET EGLEE, LA DISPUTE, DE MARIVAUX, MISE EN SCENE DE RICHARD BRUNEL, LUMIERES DE LUC MICHEL ET JULIE LORANT	92

BIBLIOGRAPHIE

Livres

- Alain BELTRAN, *La fée électricité*, édition Découvertes Gallimard Science et Technique, 1991
- Benoit BOUCHEZ, *Eclairage de scène automatisé et commande dmx*, édition Elektor 2012
- René BOUILLOT, *Guide pratique de l'éclairage ; Cinéma-Télévision-Théâtre, 4^e édition*, édition DUNOD, 2012
- Laurent MASSOL, *Les LED pour l'éclairage, Fonctionnements et performances, Critères de choix et mise en œuvre*, édition DUNOD, 2012
- Claude REGY, *Dans le désordre*, édition Le temps du théâtre, Actes Sud, 2011
- Claude REGY, *L'état d'incertitude*, édition Les solitaires intempestifs, 2002
- William SANIAL, *Traité d'éclairage*, édition Cépasduès-éditions, 2005
- Wolfgang SCHIVELBUSCH, *La nuit désenchantée*, édition le promeneur, 1993
- Libero ZUPPIROLI et Daniel SCHLAEPFER, *Lumières du futur*, édition Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2011

Articles de Presse

- *Lumières*, N°4, Novembre 2013 (revue)
- *Patch*, N°11, Mars 2010 (revue) :
 - « Leds et contrôleurs DMX : à la croisée de la lumière et de la musique », Kasper T. TOEPLITZ
 - « Claude Régy « La lumière, cet état d'incertitude » » propos recueillis par Cyril THOMAS

- « Jean-Jacques Monier Le passage aux leds », propos recueillis par Sophie PROUSTE
- « AJ Weissbard Eclairer ou ne pas éclairer aux leds ? » conversation avec Sophie PROUSTE
- « Le théâtre de Claude Régy, expérience synesthésique et érotisme d'un corps à l'état de brume », Elise VAN HAESEBROECK, *EKPHRASIS*, 1/2012 (p152-161)

Liens, articles internet

- « Avab eNews 98 », Juin 2010 (article internet, pdf) consulté le 5 juillet 2013
- « Avab eNews 120 », Mars 2013 (article internet, pdf) consulté le 5 juillet 2013
- Site ETC Press Room consulté le 15 décembre 2013 : (articles de presse) disponibles sur :
 - <http://www.etconnect.com/pressroom.aspx?article=20588>
 - <http://www.etconnect.com/pressroom.aspx?article=20557>
 - <http://www.etconnect.com/pressroom.aspx?article=20549>
 - <http://www.etconnect.com/pressroom.aspx?article=20559>
 - <http://www.etconnect.com/pressroom.aspx?article=20561>
 - <http://www.etconnect.com/pressroom.aspx?article=20576>
 - <http://www.etconnect.com/pressroom.aspx?article=20613>
 - <http://www.etconnect.com/pressroom.aspx?article=20619>
 - <http://www.etconnect.com/pressroom.aspx?article=20599>
 - <http://www.etconnect.com/pressroom.aspx?article=20518>
 - <http://www.etconnect.com/pressroom.aspx?article=20596>

- LED-fr.net portail d'information sur les LED et l'éclairage, disponible sur : <http://led-fr.net> (plusieurs articles et pages du site) consulté le 7 janvier 2014
- Electroluminescence-Wikipédia disponible sur : http://fr.wikipedia.org/wiki/Diode_%C3%A9lectroluminescente consulté le 15 janvier 2014
- Lumière et éclairage – Jean-Jacques Ezrati, disponible sur : <http://ezrati-eclairage.weebly.com> consulté le 04 février 2014
- Eclairage muséographique disponible sur : lumierenature.fr/BrochureMuseo_Sylumis_juillet2012.pdf consulté le 04 février 2014
- OCIM, Office de Coopération et d'Information Muséales, disponible sur : www.ocim.fr/wp-content/uploads/2013/02/LO.954-pp.31-35.pdf consulté le 04 février 2014
- IGuzzini France, disponible sur : http://www.iguzzini.fr/%C3%89clairage_architectural consulté le 04 février 2014
- Technique LED, disponible sur : http://www.rapazfreres.ch/LED_Technique.htm consulté le 05 février 2014
- ETC Products, consultés le 05 février 2014, disponible sur : <http://www.etconnect.com/product.overview.aspx?id=20107>
<http://www.etconnect.com/product.overview.aspx?id=22134>
- Image de *Hans was Heiri*, disponible sur : <http://aestheticperspectives.com/wp-content/uploads/2013/10/Hans-was-Heiri-Zimmermann-De-Perrot-1.jpg> consulté le 06 février 2014

- Entretien avec Claude Régy – Théâtre-contemporain.net, disponible sur : <http://www.theatre-contemporain.net/spectacles/Brume-de-Dieu/ensavoirplus/> consulté le 12 janvier 2014
- Entretien avec Claude Régy Avignon 2009 – Théâtre-contemporain.net, disponible sur : <http://www.theatre-contemporain.net/spectacles/Ode-Maritime/ensavoirplus/idcontent/15664> consulté le 12 janvier 2014
- CONTOUR PROGRESSIF, disponible sur <http://www.contour-progressif.net> consulté le 20 janvier 2014
- Annie Leuridan, disponible sur : <http://aleuridan.free.fr> consulté le 20 janvier 2014
- http://aleuridan.free.fr/spip/IMG/jpg/IMG_2597-2.jpg
- http://aleuridan.free.fr/spip/IMG/jpg/IMG_2556-2.jpg (photos) consulté le 10 février 2014
- La Malterie, disponible sur : <http://www.lamalterie.com/en/residences/projets/foretselva> consulté le 20 janvier 2014
- Le blog du VIVAT, disponible sur : <http://www.levivatblog.net/article-foret-selva-une-creation-d-amelia-estevaz-annie-leuridan-48310016.html> consulté le 20 janvier 2014
- Réflexive interaction, disponible sur : <http://diip.ensadlab.fr> consulté le 20 janvier 2014
- Vidéo expresso 260 – spécial cabaret de curiosité, disponible sur : <http://vimeo.com/37228599> consulté le 10 février 2014
- Cercle chromatique – Wikipédia, disponible sur : http://fr.wikipedia.org/wiki/Cercle_chromatique consulté le 13 février

- Comédie de Caen, disponible sur :
http://www.comediedecaen.com/web/spectacle-LE_RECOURS_AUX_FORETS-644.html consulté le 30 avril 2014
- Le recours aux forêts disponible sur :
<https://www.youtube.com/watch?v=X63qcBthmHA>

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes que j'ai rencontrées pour ce mémoire, les éclairagistes que j'ai interviewés, - Annie Leuridan, Christophe Forey, Rémi Nicolas, François Gaunand, Jean-jacques Ezrati et tous les autres - , le théâtre Jean-Claude Carrière et Matthieu Bordas pour m'avoir accueilli comme stagiaire sur des spectacles en tournée dans le théâtre, Eric Farion pour son aide pendant mes tests au cargo, le CNSMD pour m'avoir prêté du matériel LED, et toutes les personnes qui ont suivi mon travail de près ou de loin pendant ces six mois de recherche.