BOURSE DE THESE

UNIVERSITE GUSTAVE EIFFEL -- IFSTTAR

DEADLINE (dossier complet): 2 Avril 2020

Une métrique de l'inconfort visuel par traitement d'images. Application au diagnostic urbain.

Spécialité : traitement d'images

Mots clés: traitement d'images, vision humaine, inconfort visuel, éblouissement, éclairage urbain.

Localisation : Laboratoire PICS-L (ex-LEPSIS), Département CoSys, Université Gustave Eiffel, Champ sur Marne

Direction de thèse : Roland Brémond, Directeur de Recherches; encadrement : Céline Villa, Ingénieur Chercheur.

Contrat doctoral de 3 ans, à partir d'octobre 2020.

Contacts : roland.bremond@ifsttar.fr -- celine.villa@ifsttar.fr

Résumé

Cette thèse se propose de quantifier l'inconfort visuel ressenti par les piétons la nuit avec une approche par traitement d'images, en s'inspirant du traitement du signal visuel dans la rétine et dans les voies visuelles du cerveau.

Contexte

Les politiques publiques favorisent la mobilité active pour des raisons de santé publique et environnementales. Elles incitent notamment à la mobilité piétonne en ville, de jour comme de nuit. De nuit, l'espace urbain doit être correctement éclairé pour être accessible et sûr pour chacun, et pour inciter les usagers à s'y déplacer. Or la qualité de l'éclairage impacte la mobilité des piétons, en particulier les âgés, les jeunes femmes et les personnes ayant une mauvaise vue (Johansson, 2011). Curieusement, peu de travaux s'intéressent explicitement à l'espace urbain et aux piétons. L'environnement visuel peut pourtant générer des nuisances qui impactent négativement la perception des lieux et indirectement la mobilité (Alfonzo, 2005 ; Nikunen 2014). La nuit, la principale nuisance visuelle est l'éblouissement provoqué par les sources d'éclairage. En particulier, le remplacement des anciennes sources d'éclairage urbain par des LEDs, plus lumineuses et les nouveaux panneaux d'affichages à LEDs suscitent des plaintes, de même que les nouveaux types de projecteurs automobiles. L'éblouissement est ainsi identifié comme une nuisance dans un récent rapport de l'ANSES (2019) sur les risques sanitaires liés aux LEDs.

Dans ce contexte, un diagnostic objectif des nuisances visuelles constituerait un levier pour les aménageurs et les éclairagistes, dans le but d'inciter à la mobilité piétonne nocturne en ville. Un outil automatisé quantifiant l'inconfort visuel dans un espace urbain nocturne leur permettrait de

développer des stratégies pour le rendre plus confortable et contribuer à accroitre la mobilité piétonne de nuit. Un tel outil n'existe pas à l'heure actuelle.

D'après les travaux antérieurs, notamment en psychologie de l'environnement et en science de la vision (Ulricht, 1991 ; Fernandez & Wilkins, 2008 ; Le et al., 2017), l'inconfort visuel dans les déplacements nocturnes est dû à un ensemble de facteurs (dont l'éblouissement), à la fois sémantiques et visuels. En se focalisant sur les aspects purement visuels, tous ces travaux se rejoignent sur le lien entre inconfort visuel et vision des contrastes. Des modèles de traitement d'images fondés sur cette hypothèse ont été proposés dans la littérature, mais ils ne permettent pas à ce jour de prédire le niveau d'inconfort (Penacchio et Wilkins, 2008; Scheir, 2016 ; Safdar, 2017).

Objectif de la thèse

Dans ce contexte, l'objectif de la thèse est de développer un modèle prédictif de l'inconfort visuel en milieu urbain, en utilisant le traitement d'images. L'idée est de développer un descripteur de l'inconfort fondé sur des caractéristiques extraites d'images nocturnes urbaines.

Les principales contributions de cette thèse seront :

- De proposer un modèle prédictif de l'inconfort visuel à partir de caractéristiques extraites d'images nocturnes;
- D'identifier les principaux facteurs d'inconfort visuel pour les piétons en ville de nuit ;
- D'étendre des théories en science de la vision au domaine de l'éclairage.

La thèse propose d'aborder l'inconfort visuel avec une approche pluridisciplinaire. La discipline principale est le traitement d'images, mais le travail s'appuiera également sur des travaux en sciences de la vision, en psychologie de l'environnement et en éclairage. Cette démarche doit permettre de surmonter les limites des différents modèles existants, focalisés chacun sur un aspect de l'inconfort (e.g. patterns visuels, éblouissement).

Déroulement

Dans un premier temps, les modèles existants seront implémentés et testés sur des images de synthèse, de manière à mieux comprendre leurs limites et leurs avantages. Dans un second temps, on cherchera les meilleurs descripteurs dans des images de scènes urbaines nocturnes (gamme de luminance, contrastes, Fourier, etc.) en vue de prédire l'inconfort. Cela permettra ensuite de constituer une base de données d'images correspondant aux situations d'intérêt, soit à partir de bases de données existantes, soit à partir de systèmes photométriquement calibrés de prise de vue. En parallèle, des données expérimentales d'inconfort recueillies auprès de panels d'observateurs permettront de noter les images. Cette labellisation des images doit permettre de comparer les différents algorithmes en référence à des jugements d'inconfort.

A l'issue de ce travail, la deuxième année sera consacrée à la construction d'un modèle de l'inconfort visuel. L'axe privilégié, sera de proposer un modèle bio-inspiré à partir des connaissances en vision humaine, mais on pourra également explorer l'utilisation de réseaux de neurones, en particulier du *deep learning*. Une étude de sensibilité (en variant les prises de vues, la gamme de luminance, l'éblouissement, etc.) sera ensuite réalisée pour tester la robustesse du modèle. Des publications académiques sont attendues dans des revues en traitements d'images et en éclairage.

Retombées attendues

Le développement d'un tel modèle pourrait servir de base à des outils de diagnostic urbain permettant aux aménageurs et éclairagistes d'améliorer la mobilité piétonne nocturne en ville, y compris avec les dispositifs de télégestion qui se développent (*smart lighting*). Il permettrait également de développer des stratégies pour les nouveaux éclairages adaptatifs afin de rendre l'espace urbain nocturne plus confortable. Des propositions pré-normatives sur le diagnostic du confort visuel sont également possibles dans le cadre de la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), et en réponse aux questions soulevées par l'ANSES. Au-delà, cet outil de diagnostic sera une brique logicielle permettant différentes innovations. Par exemple, il peut ouvrir des perspectives en vision artificielle pour les industriels de l'automobile (éclairage automobile, ADAS) et du véhicule autonome, en particulier avec le développement de véhicules autonomes de diagnostic pour la ville du futur. Sur un autre plan, l'outil proposé pourrait s'intégrer à une chaîne de simulation de la ville numérique permettant un diagnostic de l'éclairage en phase de conception.

Profil attendu

Profil : M2 en traitement d'images ou équivalent en école d'ingénieurs. Une ouverture vers d'autres disciplines, comme la perception humaine, la cognitique, la photométrie, serait un plus.

Equipe d'accueil

Le laboratoire PICS-L, créé le 1er Janvier 2020, est issu du LEPSiS, un laboratoire de recherches appliquées qui travaille depuis plus de 20 ans sur la perception visuelle dans les transports. L'approche du laboratoire est pluridisciplinaire, avec des compétences en traitement d'images, en vision humaine, en éclairage et en photométrie. Ces dernières années, l'équipe encadrante (Céline Villa, Roland Brémond) a travaillé sur une approche biomimétique pour simuler par traitement d'images la visibilité des contours d'un objet pour un observateur humain (Joulan et al. 2011), en nous inspirant, comme nous souhaitons le faire dans cette thèse, de la littérature en vision humaine. D'autre part, une thèse en cours, dirigée par R. Brémond (avec JP Tarel) compare les mérites respectifs des approches traditionnelles et de l'apprentissage profond pour le *defogging* des images routières. Nous travaillons sur la simulation de l'éblouissement par traitement d'images (Villa et al. 2018), et sur l'inconfort visuel associé à l'éblouissement, que ce soit pour les piétons ou pour les automobilistes (Villa et al. 2017 ; Girard et al. 2019). Dans ce contexte, cette thèse permettra d'associer les compétences du laboratoire PICS-L en vision humaine et en traitements d'images pour aborder la question de l'inconfort visuel dans une perspective de diagnostic urbain, qui est au cœur des préoccupations de l'université Gustave Eiffel, créée elle aussi au 1er Janvier 2020, avec la fusion de l'IFSTTAR, de l'Université Marne la Vallée (UPEM), de l'ESIEE, de l'ENSG, de l'EIVP et de l'EAVT.

References

Alfonzo MAA. To walk or not to walk? The hierarchy of walking needs. Environment and behavior 2005;37(6):808-836.

ANSES (2019). Effets sur la santé humaine et sur l'environnement (faune et flore) des diodes électroluminescentes (LED).

Fernandez D, Wilkins AJ. Uncomfortable images in art and nature. Perception 2008;37:1098-1113.

Girard, J., Villa, C. & Brémond, R. (2017). Discomfort Glare Caused by Several LED Sources. In Proc. Lux Europa, 212-216, Ljubljana (Slovenia).

Girard, J., Villa, C. & Brémond, R. (2019). Discomfort Glare from Several Sources: A Formula for Outdoor Lighting. IES Leukos Published online, doi: 10.1080/15502724.2019.1628648

Johansson M, Rosen M, Küller R. Individual factors influencing the assessment of the outdoor lighting of an urban footpath. Lighting research and technology 2011;43:31-43

Joulan, K., Hautière, N. & Brémond, R. (2011). A Unified CSF-based Framework for Edge Detection and Edge Visibility. CVPR Workshop on biologically-consistent vision. Colorado Springs, CO.

Le ATD, Payne J, Clarke C, Kelly MA, Prudenziati F, Armsby E, Penacchio O, Wilkins AJ. Discomfort form urban scenes: Metabolic consequences. Landscape and urban Planning 2017;160:61-68

Nikunen H, Puolakka M, Rantakallio A, Korpela K, Halonen L. Perceived restorativeness and walkway lighting in near-home environments. Ligthing research and technology 2014; 46: 308-328

Penacchio O, Wilkins AJ. Visual discomfort and the spatial distribution of Fourier energy. Vision research 2015;108:1-7.

Safdar M, Luo MR, Mughal MF, Kuai S, Yang Y, Fu L, Zhu X. A neural response-based model to predict discomfort glare from luminance image. Lighting research and Technology 2016.

Scheir GH, Donners M, Geerdinck LM, Vissenberg MCJM, Hanselear P, Ryckaert WR. A psychophysical model for visual discomfort based on receptive fields. Lighting research and technology 2016.

Ulricht RS, Simons RF, Losito BD, Fiorito E, Miles MA, Zelson M. Stress recovery during exposure to natural and urban environments. Journal of environmental psychology 1991;11:201-230.

Villa, C., Brémond, R. & Girard, J. (2018). High Dynamic Range Displays improve the realism of motion cues in night driving simulators. Displays 52, 30-39.

Villa, C., Brémond, R. & Saint-Jacques, E. (2017). Assessment of pedestrian discomfort glare from urban LED lighting. Lighting Research & Technology 49(2), 147-172.