

# Demande de financement : stage M2/Ingénieur

## TITRE

Modélisation du confort thermo-photométrique en climat tropical avec prise en compte des effets non-visuels

---

## MOTS-CLES

Confort thermique, confort visuel, cycle circadien, température de couleur, perception, modélisation, climat tropical, approche adaptative, productivité

## CONTEXTE DE L'ETUDE

Le laboratoire PIMENT de l'Université de La Réunion, et plus particulièrement sa thématique « Efficacité énergétique des espaces bâtis » est spécialisé, entre autres, dans la modélisation numérique et l'expérimentation d'enveloppes ou de dispositifs associés aux bâtiments. Ses principaux champs d'applications sont la thermique, l'aérodynamique, l'hygrométrie et la photométrie. L'étude du confort (thermique/visuel) des usagers au sein du bâtiment fait partie des axes de recherche de la thématique. Cette sous-thématique permet de comprendre les mécanismes de perception de l'environnement et les leviers possibles pour réduire l'impact énergétique des utilisateurs. L'interaction entre le confort visuel et thermique fait l'objet d'études qui montrent l'émergence de cet axe de recherche. Les objectifs généraux en sont :

- Réduire les consommations énergétiques,
- Améliorer la perception de son environnement par l'utilisateur,
- Améliorer l'efficacité cognitive de l'occupant.

## CONTEXTE SCIENTIFIQUE DE L'ETUDE

Connu pour être, de nos jours, un paramètre prépondérant dans la démarche de maîtrise de l'énergie, le confort thermique est défini comme étant un état de neutralité. Fanger [1] le définit comme étant une « absence d'inconfort ». L'effet du confort thermique sur la santé et la productivité des Hommes prend de plus en plus d'importance dans la conception d'une ambiance intérieure.

De nombreuses études ont, jusqu'à présent, identifié les conditions de confort et d'acceptabilité des ambiances thermiques sans pour autant chercher à comprendre les mécanismes mis en jeu. Plusieurs indices et modèles ont été développés pour appréhender le confort thermique. Pour les problématiques du bâti en condition tropical, l'approche de Givoni ( approche adaptative combinant les effets de plusieurs variables physiques et physiologiques).

Le confort visuel, quant à lui, est en pleine révolution. Son effet notable sur la sensation de confort et sur les performances cognitives des occupants du bâtiment le rend non négligeable. Pour ce dernier aspect, la découverte des cellules

Contact :

**Dr Bruno Malet-Damour**  
Maître de conférences  
Lab. PIMENT / IUT de la Réunion

Courriel :  
bruno.malet-damour@univ-reunion.fr

Skype :  
bruno.malet-damour

Web :  
<http://piment.univ-reunion.fr/>  
[www.iut-lareunion.fr/](http://www.iut-lareunion.fr/)

mélanopsines, en 2001 par Brainard [2], a changé la compréhension des effets non-visuels de la lumière. Ces cellules sont à l'origine de la production de l'hormone « mélatonine » sécrétée par le corps humain. Elle joue le rôle de synchroniseur endogène vis-à-vis des rythmes circadiens, en particulier de la température du corps et du rythme veille-sommeil. Des études récentes ont montré une corrélation entre l'éclairage environnemental, la performance et la santé humaine. Une exposition insuffisante ou inappropriée à la lumière peut perturber les rythmes humains standards, ce qui peut avoir des conséquences néfastes pour la performance, la santé et le confort.

La littérature nous révèle qu'il existe des interactions entre la vision, les performances et la sensation thermique. Par exemple, les couleurs de l'environnement ont une influence sur les performances de travail en créant une perception négative ou positive de l'environnement [3]. La coloration des murs impacte la sensation thermique et le confort dans différentes conditions de température de l'air [4]. Il a été révélé que les couleurs froides étaient plus confortables dans un environnement chaud (et inversement).

La température de couleur des sources lumineuses agit également sur les performances des utilisateurs. Plus la température de couleur est élevée (vers le blanc), plus les performances sont élevées [5]. Ceci est très probablement lié à l'état de vigilance engendré par l'inhibition de la sécrétion de mélatonine.

Une autre étude s'intéresse au lien entre la température de couleur et la perception thermique [6]. Cette dernière conclut que la température de l'air peut être augmentée lorsque l'utilisateur est soumis à une température de couleur donnée sans modification de la perception thermique : la couleur améliore la perception thermique : +1,25°C (lumière froide), +0,46°C (lumière neutre) et +0,23°C (lumière chaude).

Récemment, il a été démontré empiriquement que la quantité de lumière naturelle (éclairage photopique) dans une pièce avait un impact sur le confort thermique et la tolérance envers la chaleur et le froid [7]. Il existerait un facteur psychologique significatif qui modifierait la perception thermique d'une pièce en fonction du niveau d'éclairage présent.

Compte tenu de ces constats, il est admis que l'intégration de couleurs chaudes ou froides (source lumineuse ou couleur des parois) ou la quantité d'éclairage optimisent la perception thermique par rapport aux conditions thermiques réelles des occupants. La corrélation de ces facteurs aurait alors une incidence positive sur les économies d'énergie dans le secteur du bâtiment.

Il reste que, de nos jours, la conception de l'éclairage intérieur accorde encore davantage d'importance à l'ambiance lumineuse, plutôt qu'aux effets visuels et non visuels sur les êtres humains. De nombreux auteurs s'accordent à dire qu'à l'avenir, l'influence de la lumière sur la santé, sur la physiologie et sur les performances sera prise en compte et intégrée dans la pratique de la conception, ainsi que dans les normes et recommandations.

Contact :

**Dr Bruno Malet-Damour**

Maître de conférences  
Lab. PIMENT / IUT de la Réunion

Courriel :

[bruno.malet-damour@univ-reunion.fr](mailto:bruno.malet-damour@univ-reunion.fr)

Skype :

[bruno.malet-damour](#)

Web :

<http://piment.univ-reunion.fr/>

[www.iut-lareunion.fr/](http://www.iut-lareunion.fr/)

Puisqu'il est maintenant admis que la lumière et la température d'un milieu peuvent avoir des impacts sur les comportements physiques, physiologiques et psychologiques des usagers [8], les objectifs de ce stage seraient les suivants :

- Analyser chaque approche d'évaluation du confort,
- Dégager les interactions possibles entre ces deux facteurs,
- Proposer une première contribution à la modélisation du confort thermo-photométrique avec une prise en compte des effets visuels (perception) et non-visuels (performance).

### MISSION

Dans un premier temps, le/la stagiaire devra réaliser un état de l'art général afin de se former et de cerner les problématiques suivantes :

- Le confort thermique : bilan et analyse des approches + identification des outils d'évaluation (normes, modèles, chartes ou indices) et leurs conditions d'utilisation
- Le confort visuel : bilan et analyse des approches + identification des outils d'évaluation (modèles, chartes ou indices) et leurs conditions d'utilisation
- L'état de l'art sur les études visant à lier le confort visuel et le confort thermique.

Par la suite, dès que le besoin aura été clairement identifié, et sur la base de l'état de l'art mené, le travail à effectuer comportera trois tâches :

1. **Analyse** des liens possibles entre les outils d'évaluation des confort thermique et visuel.
2. **Mise en place d'un protocole expérimental** : mise en évidence de l'impact de l'éclairage/température de couleur sur les conditions de confort thermique et sur les performances cognitives : rédaction de questionnaires, mise en place du support expérimental, rédaction de scénarios d'étude. Le protocole prendra en compte les liens détectés entre les outils d'évaluation des confort thermique et visuel.
3. **Phase expérimentale, traitement des données** et analyse des résultats (questionnaires, données expérimentales)

En fonction de l'avancement du stagiaire, une étude applicative pourra être menée pour évaluer le potentiel de sauvegarde énergétique des résultats obtenus.

Le travail effectué lors de ce stage pourrait faire l'objet d'une publication scientifique, suivant l'avancée et la pertinence des résultats.

Contact :

**Dr Bruno Malet-Damour**  
Maître de conférences  
Lab. PIMENT / IUT de la Réunion

Courriel :  
bruno.malet-damour@univ-reunion.fr

Skype :  
bruno.malet-damour

Web :  
<http://piment.univ-reunion.fr/>  
[www.iut-lareunion.fr/](http://www.iut-lareunion.fr/)

### RETRO PLANNING ESTIMATIF

Semaine	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Bibliographie	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■														
Analyse des outils d'évaluation							■	■	■	■														
Protocole expérimental*							■	■	■	■	■	■			■	■			■					
Phase expérimentale + analyse													■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Rédaction rapport et article											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

\*mise au point du protocole expérimental, préparation des questionnaires et des supports expérimentaux et ajustement possible en cours d'étude.

### RENDUS ESCOMPTE

- Rapport bibliographique ;
- Questionnaires d'analyse des confort thermique et visuel ;
- Protocole expérimental ;
- Fiche de synthèse des travaux au format publication ;
- Poster ;

Contact :

**Dr Bruno Malet-Damour**

Maître de conférences  
Lab. PIMENT / IUT de la Réunion

Courriel :

[bruno.malet-damour@univ-reunion.fr](mailto:bruno.malet-damour@univ-reunion.fr)

Skype :

bruno.malet-damour

Web :

<http://piment.univ-reunion.fr/>

[www.iut-lareunion.fr/](http://www.iut-lareunion.fr/)

### REFERENT SCIENTIFIQUE

Dr Bruno Malet-Damour : [bruno.malet-damour@univ-reunion.fr](mailto:bruno.malet-damour@univ-reunion.fr)

### LIEU DE TRAVAIL

IUT de La Réunion, 40 avenue de Soweto 97410 Saint-Pierre, La Réunion.

### INTERETS POUR LE LABORATOIRE

- Publication scientifique ;
- Initiation d'un nouvel axe de recherche au sein du laboratoire et contribution aux études de confort du thème ;
- Projet 2019-2024 : insertion dans la stratégie du thème EEBQV :
  - Interaction entre les utilisateurs et les bâtiments,
  - Couplage des phénomènes photométriques, convectifs, conductifs et radiatifs,
  - Détermination des conditions de confort global à petites et grandes échelles,
  - Combinaison et de contrôle des solutions techniques passives/actives afin d'atteindre des exigences de performances, de qualité des ambiances et de confort
  - Modélisation du confort visuel et thermique,
  - Proposition de modèles efficaces, rapides en temps de calcul pour la simulation annuelle du bâtiment et voire du quartier.

### DUREE DU STAGE

6 mois à partir de février 2020.

**BIBLIOGRAPHIE**

- [1] Manu S, Shukla Y, Rawal R, Thomas LE, de Dear R. Field studies of thermal comfort across multiple climate zones for the subcontinent: India Model for Adaptive Comfort (IMAC). *Build Environ* 2016;98:55–70. doi:10.1016/j.buildenv.2015.12.019.
- [2] Brainard GC, Hanifin JR, Greeson JM, Byrne B, Glickman G, Gerner E, et al. Action spectrum for melatonin regulation in humans: Evidence for a novel circadian photoreceptor. *J Neurosci* 2001;21:6405–12. doi:10.1523/jneurosci.21-16-06405.2001.
- [3] Jalil NA, Yunus RM, Said NS. Environmental Colour Impact upon Human Behaviour: A Review. *Procedia - Soc Behav Sci* 2012;35:54–62. doi:10.1016/j.sbspro.2012.02.062.
- [4] Wang H, Liu G, Hu S, Liu C. Experimental investigation about thermal effect of colour on thermal sensation and comfort. *Energy Build* 2018;173:710–8. doi:10.1016/j.enbuild.2018.06.008.
- [5] Veitch JA, Erhan E, Gregory J. Office Light Source Spectrum: Effects of Individual Control on Perception, Cognition, and Comfort 2012.
- [6] Golasi I, Salata F, Vollaro E de L, Peña-García A. Influence of lighting colour temperature on indoor thermal perception: A strategy to save energy from the HVAC installations. *Energy Build* 2019;185:112–22. doi:10.1016/j.enbuild.2018.12.026.
- [7] Chinazzo G, Wienold J, Andersen M. Influence of indoor temperature and daylight illuminance on visual perception. *Light Res Technol* 2019;1477153519859609. doi:10.1177/1477153519859609.
- [8] Bellia L, Bisegna F, Spada G. Lighting in indoor environments: Visual and non-visual effects of light sources with different spectral power distributions. *Build Environ* 2011;46:1984–92. doi:10.1016/j.buildenv.2011.04.007.

Contact :

**Dr Bruno Malet-Damour**

Maître de conférences  
Lab. PIMENT / IUT de la Réunion

Courriel :

[bruno.malet-damour@univ-reunion.fr](mailto:bruno.malet-damour@univ-reunion.fr)

Skype :

[bruno.malet-damour](#)

Web :

<http://piment.univ-reunion.fr/>

[www.iut-lareunion.fr/](http://www.iut-lareunion.fr/)