



TLM, TLA, flicker... Quezaco ?

ASSOCIATION FRANÇAISE DE L'ÉCLAIRAGE


- Date et lieu de la présentation



Association française de l'éclairage

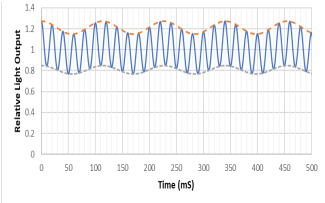
Prof. Georges Zissis
Univ. Toulouse III – Paul Sabatier

1



De la cause à l'effet

Modulation temporelle de la lumière (TLM)



Elle peut

- être régulière (périodique) ou irrégulière (apériodique)
- concerner les contrastes de luminance et/ou les variations du spectre

Définition: CIE TN 006:2016
Changement de la perception visuelle, induit par un stimulus lumineux dont la luminance ou la distribution spectrale fluctue avec le temps, pour un observateur humain dans un environnement spécifique

Temporal Light Artefacts (TLA)

Les effets peuvent changer en fonction de la tâche visuelle

- ✓ Tâches statiques
- ✓ Tâches avec un mouvement des yeux modéré
- ✓ Tâches avec déplacement rapide d'objets ou du lieu de fixation visuelle
- ✓ Environnements confinés

Cause
Effet

Ces effets sont

- Scintillement de la lumière (flicker)
- Scintillement hétéro-chromatique
- Effet stroboscopique
- Réseau fantôme (Phantom array)
- Effet « arc en ciel »

Certains effets peuvent être invisibles mais percevables...

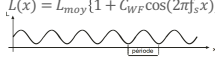
Nom de l'événement – Lieu - Dates


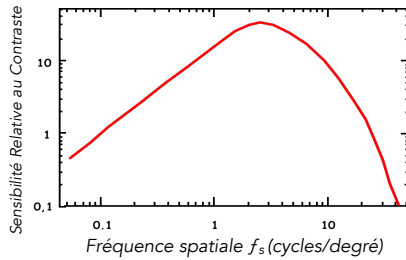
2

afe Association Française de l'Éclairage

Ne pas confondre...

Contraste spatial, C_{WF}
(ou contraste de Weber-Fechner)

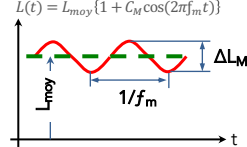
$$L(x) = L_{moy} \{1 + C_{WF} \cos(2\pi f_s x)\}$$


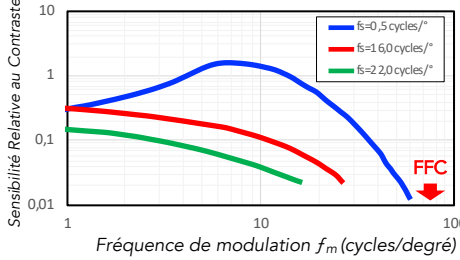
$$C_{WF} = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}}$$



Sensibilité Relative au Contraste

Fréquence spatiale f_s (cycles/deg)

Contraste temporel, C_M
(ou contraste de Michelson)

$$L(t) = L_{moy} \{1 + C_M \cos(2\pi f_m t)\}$$


$$C_M = \frac{\Delta L_M}{L_{moy}}$$


Sensibilité Relative au Contraste

Fréquence de modulation f_m (cycles/deg)

Fréquence Critique de Fusion (FFC) : ~75 Hz

- Limite entre perception consciente et inconsciente du scintillement
- Point de transition où la lumière intermittente est perçue comme continue


Nom de l'événement – Lieu - Dates

3


afe Association Française de l'Éclairage

Scintillement de la lumière

Phénomène statique (source, objet & observateur)



Contraste temporel de luminance et/ou spectral



- ✓ La source lumineuse est stationnaire, mais la lumière varie en intensité ou en composition spectrale
- ✓ L'objet illuminé est stationnaire
- ✓ Les yeux de l'observateur statique ne bougent pas (c'est-à-dire sans saccades oculaires)

IEC 60050-845:1987
Impression d'instabilité de la sensation visuelle induite par un stimulus lumineux dont la luminance ou la distribution spectrale fluctue avec le temps

CIE TN 006:2016
Perception de l'instabilité visuelle induite par un stimulus lumineux dont la luminance ou la distribution spectrale fluctue avec le temps, pour un observateur statique dans un environnement statique


Nom de l'événement – Lieu - Dates

4

afe Association Française de l'Éclairage **Effet Stroboscopique**

Définition :
L'effet stroboscopique est un effet visuel de repliement de spectre qui apparaît lorsqu'un mouvement continu est représenté par de courts échantillons.


- ✓ La source lumineuse, ou/et l'observateur ou/et l'objet illuminé bougent
- ✓ Les yeux de l'observateur (statique) bougent (saccades)
- ✓ Le spectre ne varie pas



Nom de l'événement – Lieu - Dates

5

afe Association Française de l'Éclairage **Réseaux fantômes & effet arc-en-ciel**



- ✓ La source lumineuse, ou/et l'observateur ou/et l'objet illuminé bougent
- ✓ Les yeux de l'observateur (statique) bougent (saccades)
- ✓ Le spectre peut varier également

Nom de l'événement – Lieu - Dates

6

afe Impacts sanitaires

Effets biologiques moins évidents après exposition prolongé et perception inconsciente
(Maux de tête et migraines, fatigue oculaire, asthénopie, baisse de performance visuelle, crises d'épilepsie et convulsions)

IMPACTS SANITAIRES

Effets biologiques immédiats après perception directe et détection consciente
(Malaises, maux de tête et migraines, crises d'épilepsie et convulsions, symptômes neurologiques)

La migraine induite par le scintillement affecte 20% pour la population féminine, 7% des homes (varie selon l'âge).

- Certaines maladies peuvent amplifier les effets du scintillement
- **La photo-épilepsie est bien corrélée avec le scintillement (un effet visuel):**
- Une fraction de 1/4000 de la population peut avoir des convulsions, dont 5% sont sensibles à des fréquences supérieures à 75 Hz
- Le spectre d'action de la photo-épilepsie correspond étroitement au spectre de visibilité du scintillement des personnes normales

Effets stroboscopiques, réseaux fantômes...:

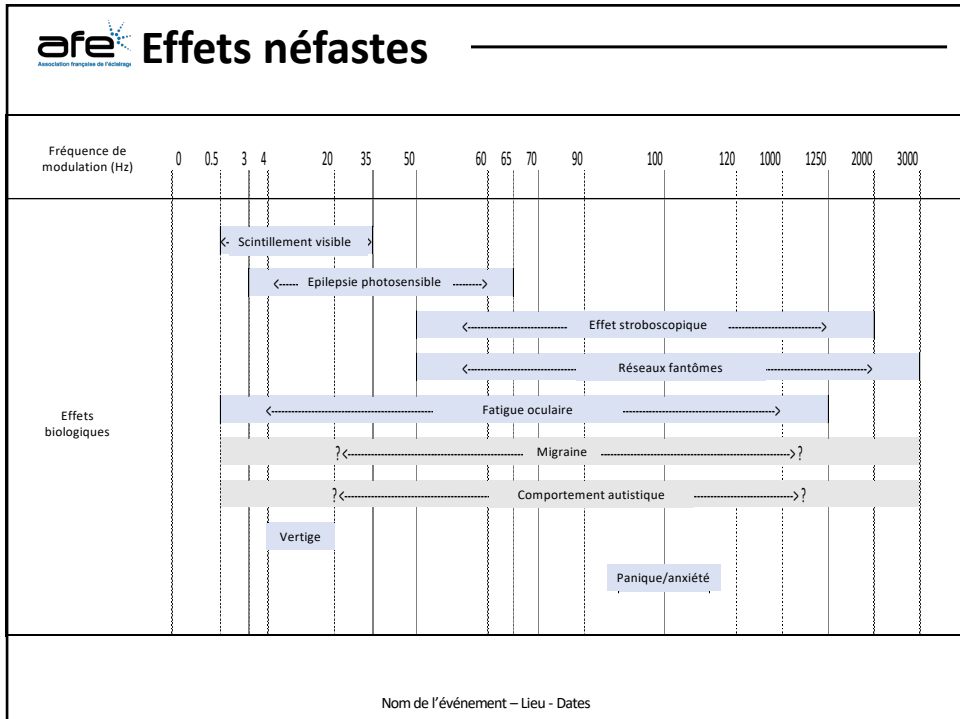
- Deux des paramètres les plus importants influençant la perception indirecte des effets stroboscopiques sont la fréquence et la profondeur de modulation

Les effets « invisibles » mais perçus :

- ✓ **Définition Scintillement Invisible (IEEE 1789 2015) :** Instabilité temporelle de l'éclairage (scintillement) au-dessus de la fréquence critique de fusion de scintillement
- ✓ Le scintillement de lumière à des fréquences supérieures à la FFC peut pénétrer jusqu'au site neuronal responsable de la perception du contraste temporaire, qui est présumé être dans le cortex visuel primaire. Perception inconsciente révélée par électrorétinogrammes (ERG) jusqu'à 500Hz

Nom de l'événement – Lieu - Dates

7



8

afe Association Française de l'Éclairage **Un effet positif**

L'effet Broca-Sulzer...

Expérience RPI - Conditions préférentielles

12 Sujets (8H & 4F, âge 23-53 ans) ont observé des séquences sous différentes conditions d'éclairage et ils ont jugé celle qui préféraient

Bullough et al. (2012 - LS13)

Lighting Condition	Overall Number of Times Preferred
100 Hz/100% flicker	~5
100 Hz/25% flicker	~14
1000 Hz/100% flicker	~17

Expérience Ehome - Augmentation de la luminosité

Observer (21 persons, male, 20s)

1 m

DC Pulsed

Driving circuit

Set condition

Send input power

PC

Send judge result

Same Pulse DC

Jimmo et al (2010 - LS12)

Blue
60 Hz
Duty : 05 %
Observer : D

La pente linéaire montre que l'observateur considère la luminosité comme plus importante

En régime pulsé, environ la demi-intensité donne la même luminosité perçue par rapport à régime continu.

Nom de l'événement – Lieu - Dates

9

afe Association Française de l'Éclairage **Détection (d) vs acceptabilité (a)**

Détection de Stroboscopiques Effets

Bullough et al. (2012)

Percent Flicker (%)

Flicker Frequency (Hz)

80%-100%
60%-80%
40%-60%
20%-40%
0%-20%

$$d = \frac{25p + 140}{f_m + 25p + 140}$$

Acceptability of Stroboscopic Effects

Percent Flicker (%)

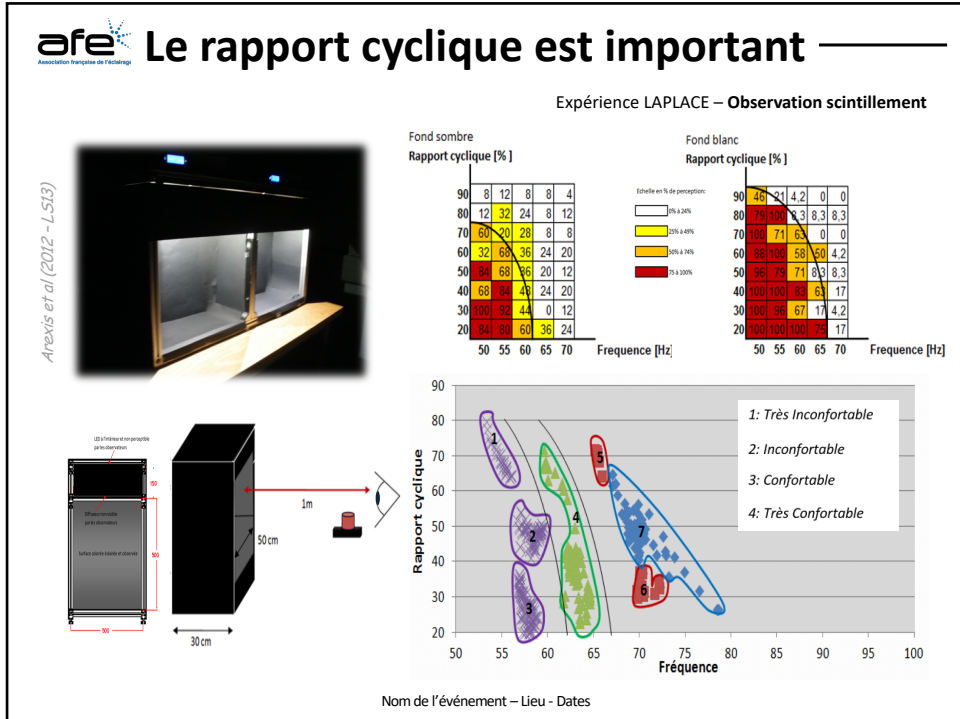
Flicker Frequency (Hz)

+2: very acceptable
+1: somewhat acceptable
0: neither acceptable nor unacceptable
-1: somewhat unacceptable
-2: very unacceptable

1-0
0-0.5
0.5-1
1-1.5
1.5-2

$$a = 2 - \frac{4}{1 + \frac{f_m}{130 \log p - 73}}$$


10



11



12

 Effets sanitaires (résumé)			
Effet biologique	Plage de fréquence signalée	Autres conditions signalées	Exigences suggérées en matière de faible niveau de risque
Scintillement visible	0.5 – 35 Hz (8.8 Hz peak sensitivity)	<ul style="list-style-type: none"> Faible modulation (en %) 	<ul style="list-style-type: none"> $P_{st}^{LM} < 1$ (IEC 61000-4-15)
Crises épileptiques photosensibles	3 – 65 Hz (15-25 Hz peak sensitivity)	<ul style="list-style-type: none"> Champ visuel ≥ 0.006 sr Variation de Luminance ≥ 20 cd.m⁻² 	<ul style="list-style-type: none"> $\leq 5\%$ Modulation de la lumière (indépendante de la fréquence) ou ≤ 20 cd.m⁻² variation pour 3 – 65 Hz
Effet stroboscopique	50 – 2000 Hz	<ul style="list-style-type: none"> Modulation élevée (en %) Faible rapport cyclique pour MLI 	<ul style="list-style-type: none"> More research required
Réseaux fantômes	50 – 3000 Hz	<ul style="list-style-type: none"> Modulation élevée (en %) Saccades plus longues 	<ul style="list-style-type: none"> Plus de recherche requise
Migraine	Inconnu	<ul style="list-style-type: none"> RAS 	<ul style="list-style-type: none"> Plus de recherche requise Scintillement confirmé comme déclencheur
Comportement autiste	Inconnu	<ul style="list-style-type: none"> RAS 	<ul style="list-style-type: none"> Plus de recherche requise Soupçon du scintillement comme déclencheur
Performance des tâches et fatigue oculaire	$f_m < 1250$ Hz	<ul style="list-style-type: none"> % modulation Rapport cyclique MLI 	<ul style="list-style-type: none"> $\leq 1\%$ Modulation légère (indépendante de la fréquence) ou Fréquence ≥ 1250 Hz
Nom de l'événement – Lieu - Dates			