

Perception de la gradation de l'éclairage dans les bureaux

La variation non périodique de l'éclairage des bureaux a été étudiée pour en définir le niveau de perception. Les expérimentations ont montré qu'une variation de $\pm 7\%$ n'est pas perçue par les observateurs lorsque ceux-ci cherchent à en être conscients.

D'un autre côté, lorsqu'une tâche visuelle leur est attribuée et qu'ils ne sont pas conscients d'une variation de l'éclairage, la fluctuation est comprise entre 0,8 et 1,3 fois du niveau initial de l'éclairage et elle augmente avec la durée de la gradation. Il est important de réaliser la gradation de l'éclairage électrique sans inconfort pour les utilisateurs et les résultats de cette étude peuvent être utilisés pour un meilleur contrôle de la lumière dans les bureaux.

Dans une perspective globale de l'environnement, l'économie d'énergie est une des exigences la plus importante ; pour l'éclairage des bâtiments, des systèmes d'éclairage plus efficaces sont requis aujourd'hui.

A ces équipements, il faut ajouter les développements de systèmes de commande et de logiciels de gestion de l'énergie qui progressent rapidement comme les systèmes de variation de la lumière par commande manuelle ; certains disposent d'une fonction qui maintient le niveau d'éclairage constant dans le bureau. Lorsque l'apport de lumière ambiante dépasse le niveau d'éclairage requis, par la commande d'une cellule photoélectrique, on réduit le niveau de lumière lorsque l'installation d'éclairage vient d'être mise en service. Pour résumer, l'optimisation du niveau d'éclairage permet de réaliser des économies d'énergie substantielles pour réaliser le niveau d'éclairage souhaité.

Dans de telles conditions d'éclairage, l'éclairage naturel et l'éclairage artificiel fluctuent dans le temps. Cette fluctuation est perçue comme une variation de luminosité. Elle est perçue lorsqu'elle dépasse un certain niveau.

Cependant, dans ces conditions, le comportement des personnes dans le local peut se traduire dans la reconnaissance et l'évolution de ces fluctuations, en terme de :

- perception ou non perception de la variation ;
- acceptation du sentiment d'inconfort lié à ces conditions.

Si on suppose que cette méthode s'applique à l'éclairage des bureaux, une situation d'inconfort peut être réduite si le contrôle de l'éclairage est assuré et si sa variation n'est pas perçue.

Des études précédentes ont traité de la perception du papillotement en utilisant la variation périodique de l'éclairage, ce qui est un problème classique de perception.

Kelly a examiné l'amplitude du seuil de papillotement par un stimulus modulé à partir d'une fonction sinusoïdale temporelle et a découvert que le maximum de sensibilité au papillotement était compris entre 5 et 20 Hz. Au Japon, cette perception de fluctuation est traduite en terme de variation de tension ΔV qui définit un indice d'évaluation du "flicker" par une variation périodique de tension.

Elle est caractérisée par une fonction normalisée suivant une expérimentation similaire à celle de Kelly. Les études précédentes ont considéré la perception du "flicker" par une fluctuation périodique dans le cas où

l'alternance jour/nuit était répétée suivant des cycles relativement courts.

Cependant, la variation de lumière, lorsque l'on utilise des dispositifs de gestion de l'éclairage des bureaux, n'est pas périodique ; elle évolue d'un niveau A à un niveau B sans retour au niveau A. Comme cette modification se fait de manière non périodique dans un temps donné, on peut distinguer deux modes de fonctionnement liés à une augmentation ou à une diminution de la luminosité.

Comme les facteurs qui définissent la perception de l'éclairage se modifient, on peut évaluer le niveau de variation (en particulier son amplitude définie dans les études précédentes), la vitesse de modification (en fréquence dans les études précédentes) et le niveau d'adaptation défini dans les études précédentes.

Suivant nos commentaires, la variation de l'éclairage est apparue comme une gêne pour les usagers.

Dans un environnement réel, le degré de concentration sur la tâche, lié à une activité définie, peut influencer la perception de la variation de l'éclairage dans les bureaux. La nature de la tâche effectuée est un facteur important qui affecte la perception des modifications de l'éclairage ; en effet, elle influence la sensibilité à ces modifications. Cette recherche tente de clarifier la perception des personnes lorsqu'elles effectuent plusieurs tâches sous un éclairage qui fluctue de manière non périodique.

Expérimentation n° 1. Perception d'une modification du niveau d'éclairage

Sur la figure 1, la pièce représente un bureau éclairé de manière uniforme par 12 luminaires 2 x 45 W HF, encastrés et

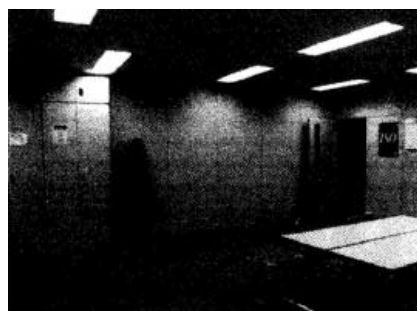


Figure 1. Pièce d'expérimentation

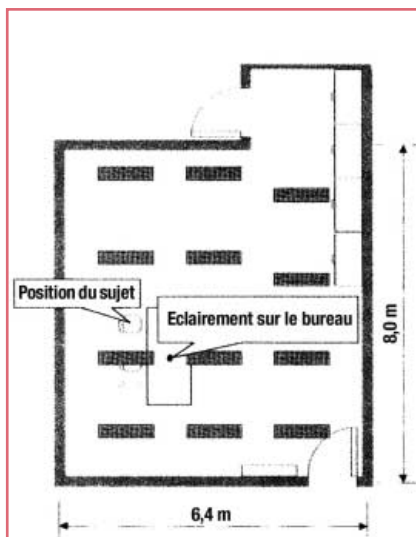


Figure 2. Plan de la pièce d'expérimentation

équipés de grilles peintes en blanc (angle de défilement = 30°). Les ouvertures de la pièce ont été closes. L'implantation du poste de travail est définie en figure 2. L'ensemble des luminaires est commandé par un système de gradation de la lumière.

La lumière est commandée par un signal provenant d'un générateur étudié spécialement et relié à un ordinateur de bureau ; ce signal de 8 bits est envoyé à chaque luminaire par le port parallèle de l'ordinateur et permet de contrôler la lumière suivant 256 niveaux d'éclairage.

Un système de mesure de l'éclairage sur le bureau (à 70 cm au-dessus du sol) permet de s'assurer que le niveau d'éclairage varie de 0 à 1 200 lux suivant 256 pas de mesures.

Évaluation du stimulus

Dans l'expérimentation no 1, on examine les caractéristiques de perception dans le cas d'une modification rapide de l'éclairage de E_1 vers E_2 (voir figure 3). De manière à se rapprocher des conditions de l'éclairage des bureaux, les niveaux initiaux d'éclairage sur le bureau sont soit de 400 lux, soit de 750 lux.

Le rapport E_2 / E_1 est variable de 0,79 à 1,21 suivant 23 pas de mesures, un total de 46 stimuli a été préparé.

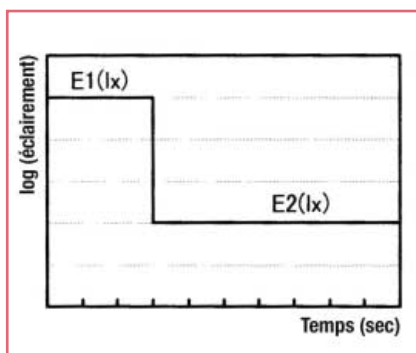


Figure 3. Expérience 1 - Diagramme de variation de l'éclairage

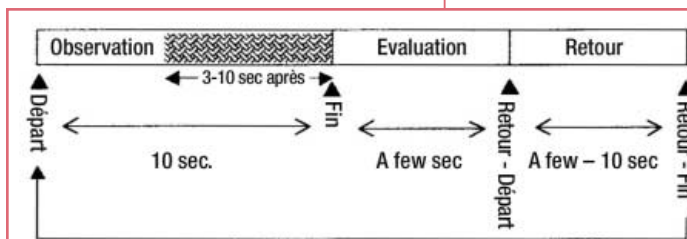


Figure 4. Expérience 1. Diagramme de présentation des stimulus.

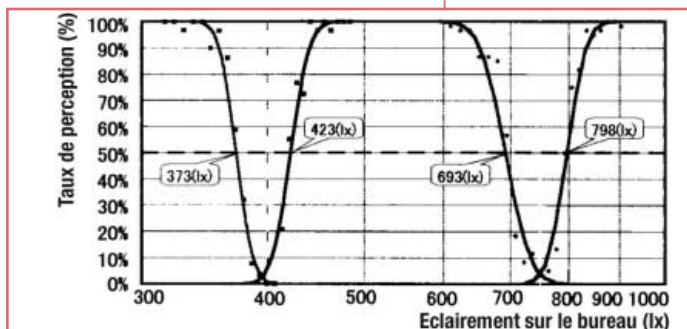


Figure 5. Expérience 1. Taux de perception en fonction de l'éclairage après variation.

Méthodes

Chaque stimulus décrit ci-dessus a été présenté aux sujets suivant une combinaison aléatoire pendant une durée approximative de 10 secondes. Ceux-ci évaluent les modifications d'éclairage en utilisant les réponses suivantes : "changement", "pas de changement", "ne peuvent se déterminer". Après chaque réponse, l'éclairage revient à son niveau initial E_1 de manière imperceptible avant le prochain essai (voir figure 4). 22 personnes (8 femmes et 14 hommes, dont l'âge est compris entre 20 et 60 ans) ont subi les essais au nombre de 30, avec une répétition des mesures pour certains d'entre eux.

Résultats

Le tableau 1 donne les valeurs qui correspondent à 23 stimuli établis à partir d'un niveau d'éclairage initial de 750 lux. Dans ce tableau, on attribue le niveau de perception 1 pour la réponse "changement constaté", 0,5 pour la réponse "ne peut se déterminer" et 0 "inchangé". Ces réponses ont été additionnées pour l'ensemble des valeurs mesurées et divisées par le nombre de réponses utilisables. Le taux de perception donne le taux de sujets qui ont perçu la variation. D'une manière similaire, on obtient un taux de perception pour un

Tableau 1. Expérience 1 (éclairage de 750 lux) : valeurs d'évaluation et taux de perception.

N°	Eclairage initial E_1	Eclairage après variation E_2	Rapport de variation E_2/E_1	Nombre de sujets donnant la réponse			Taux de perception E_n %
				Changement	Pas de changement	Ne se prononce pas	
1	750	596	0.79	30	0	0	100
2	750	610	0.81	29	0	1	98
3	750	624	0.83	29	1	0	97
4	750	638	0.85	29	3	0	97
5	750	652	0.87	25	4	2	87
6	750	666	0.89	26	3	0	87
7	750	680	0.91	24	11	3	85
8	750	694	0.93	15	24	4	57
9	750	708	0.94	5	26	1	18
10	750	722	0.96	1	26	3	8
11	750	736	0.98	3	28	1	12
12	750	750	1	0	28	2	3
13	750	764	1.02	1	25	1	5
14	750	778	1.04	3	14	2	13
15	750	792	1.06	14	7	2	50
16	750	806	1.07	22	5	1	75
17	750	820	1.09	24	1	1	82
18	750	834	1.11	29	1	0	97
19	750	848	1.13	28	1	1	95
20	750	862	1.15	29	0	0	97
21	750	876	1.17	29	0	0	100
22	750	890	1.19	30	0	0	100
23	750	904	1.21	29	0	1	98

niveau d'éclairage initial de 400 lux (voir figure 5). Les points ont été ajustés sur la figure 5 suivant une fonction de distribution cumulative normale suivant quatre conditions (en augmentant et en diminuant le niveau de l'éclairage à partir des deux niveaux d'éclairage initiaux). Chaque point est représenté sur la courbe. Les courbes sont données pour les points avec une perception de 50 %. Chaque point de la courbe définit le seuil de perception d'une variation de l'éclairage.

Pour un niveau d'éclairage de 400 lux, le seuil est de 373 lux ($\delta = 0,0134$, $E_2 / E_1 = 0,93$) pour un niveau décroissant et 423 lux pour un niveau croissant ($\gamma = 0,0149$, $E_2 / E_1 = 1,06$). Pour le niveau de 750 lux, on a obtenu les valeurs suivantes :

- 693 lux ($\delta = 0,0195$, $E_2 / E_1 = 0,92$) pour un niveau décroissant,
- 798 lux ($\delta = 0,0148$, $E_2 / E_1 = 1,08$) pour un niveau croissant.

C'est ainsi que l'on ne peut percevoir une variation rapide de la lumière lorsque le taux de fluctuation est compris entre 0,92 et 1,06 ; ces valeurs définissent les rapports minimums de fluctuation perçue.

Commentaires

Le niveau d'adaptation n'influence pas la perception de la variation dans l'environnement d'un bureau ; en effet, il n'y a pas de différence dans les valeurs du taux minimum de variation entre le niveau d'éclairage de 400 lux et celui de 750 lux.

En allant plus loin, pour le même niveau de variation, il est plus difficile de percevoir une variation si l'on diminue le niveau de

l'éclairage que celle où on l'augmente, bien que cette différence ne soit pas importante.

Pour les niveaux d'adaptation étudiés, il est possible de différencier une variation de luminance de 1 à 2 % entre deux surfaces adjacentes. En comparaison de cette approche, les conditions de la présente expérimentation peuvent être considérées comme une comparaison séquentielle sur la totalité du champ visuel. La sensibilité à la fluctuation est plus faible avec la méthode séquentielle qu'avec la méthode simultanée.

Expérimentation n° 2. Prescription d'une variation graduelle de l'éclairage

Dans les conditions de la première expérimentation, nous avons étudié des variations de niveaux d'éclairage à partir d'un stimulus où le changement d'état de E_1 vers E_2 se faisait instantanément. Dans l'expérimentation 2, on examine la prescription de variation graduelle du niveau d'éclairage.

Stimulus d'évaluation

Pour produire un changement graduel de stimulus d'un état E_1 à un état E_2 , on utilise un modèle de stimulus qui relie les deux états suivant une fonction trigonométrique utilisée pour exprimer le cycle de variation (voir figure 6).

Les fluctuations du rapport E_2 / E_1 sont données pour des valeurs comprises entre 0,8 et 1,25 suivant 12 pas, et pour des durées qui s'échelonnent entre 2 et 16 secondes. Le nombre total d'essais est de 37 (y compris

celui où il n'y a pas de fluctuation entre E_1 et E_2). On fixe l'éclairage initial E_1 à 750 lux (en raison du faible effet constaté par le niveau d'adaptation sur la variation de l'éclairage).

Méthodes

Le dispositif expérimental est le même que celui de l'expérimentation 1.

5 femmes et 5 hommes, âgés en moyenne de 40 ans, ont constitué les sujets de cette expérimentation. Le nombre des essais était de 30 et quelques sujets ont répété leurs mesures.

Résultats

La figure 7 donne le pourcentage de variation de lumière perçue, en fonction de l'éclairage sur le bureau ; les essais ont été menés dans les conditions de luminosité croissante ou décroissante pour des temps de variation de 2, 8 et 16 secondes.

La courbe statistique à 50 % de perception est aussi indiquée. On estime que le seuil minimum de perception de la variation par la même méthode que dans l'expérimentation 1 (voir le tableau 2).

Les courbes diffèrent l'une par rapport à l'autre en variance ; celle-ci correspond à la largeur de la courbe de la figure 7, mais des valeurs similaires furent obtenues pour un rapport minimum de fluctuation perçue dérivée de la valeur de 50 % du taux perçu. Les résultats montrent que la durée de la variation est déterminante dans la perception de la variation de l'éclairage et que, pour une durée de variation supérieure à 16 s, celle-ci n'a qu'une faible influence sur le rapport minimum de perception de la variation.

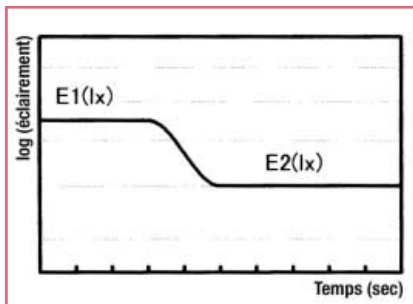


Figure 6. Expérience 2 – Diagramme de variation de l'éclairage

Tableau 2. Seuil du rapport de variation de l'éclairage pour un éclairage initial de 750 lux

Durée de variation	Expérience	Expérience				Expérience	Expérience		
	1	Lumière descendante				1	Lumière montante		
		2	8	16	sec		0	2	8
Seuil de variation perçue en lux	693	697	690	693	798	813	812	810	
Seuil de variation perçue en %	0,92	0,93	0,92	0,92	1,06	1,08	1,08	1,08	

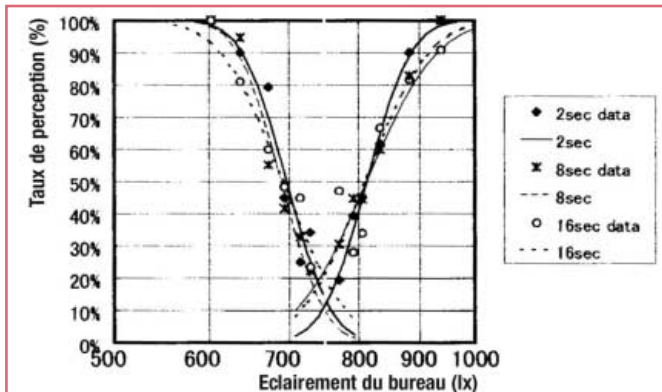


Figure 7. Expérience 2 – Taux de perception en fonction de l'éclairage après variation

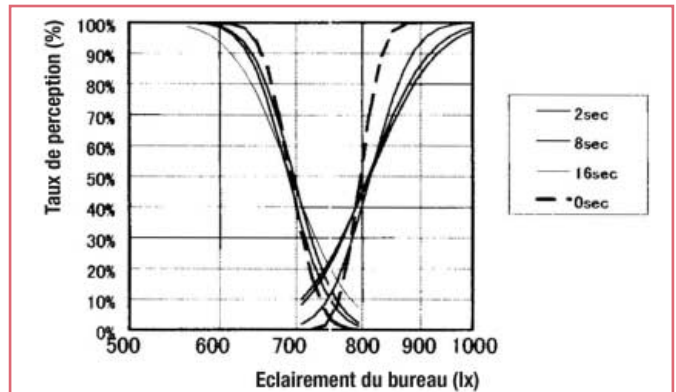


Figure 8. Comparaison des courbes de distribution cumulative normale. Taux de perception en fonction de l'éclairage sur le bureau

Commentaires

Avant et après la présentation des stimuli, les mêmes éclairagements E_1 et E_2 furent présentés pendant au moins 5 à 10 secondes. L'expérimentateur avait instruit les sujets en indiquant par les mots "début" et "fin" le déroulement du stimulus. L'expérimentateur leur avait demandé s'il y avait une fluctuation de lumière durant une période donnée. Aucune instruction n'avait été donnée aux sujets pour fixer un point de l'espace ou pour conduire une tâche particulière pendant la présentation du stimulus. Cependant, les sujets ont indiqué après l'expérimentation, que pendant la présentation du stimulus, ils avaient fixé les yeux sur une partie du mur, ou ils essayaient de ne pas plisser les paupières de manière à ne pas manquer la variation. Cependant, le fait de ne pas donner d'instruction particulière était équivalent à celui d'instruire les sujets d'être sensibles à une fluctuation de la lumière.

La figure 8 donne les courbes statistiques établies suivant l'expérimentation 2 en ligne avec celles de l'expérimentation 1. Lorsque l'éclairage change graduellement, le seuil de 50 % de variation perçue est à peu près le même pour chacune des conditions et la variance entre les courbes statistiques est apparemment plus grande que celle donnée par les courbes de la première expérience.

Bien qu'il ne soit pas inclus dans notre étude, le pourcentage d'erreur est plus élevé dans l'expérience 2 que dans l'expérience 1. Dans cette expérience, lorsqu'on leur indiquait une modification et qu'on leur demandait si le niveau était plus faible ou plus élevé, les sujets donnaient par erreur une réponse : "devient plus sombre" pour un stimulus de luminosité plus grande ou bien "plus brillant" pour une variation de stimulus plus sombre.

Bien qu'il soit relativement facile de percevoir et de rapporter une variation rapide dans l'expérience 1, il était difficile de percevoir une variation graduelle dans l'expérience 2. Cependant, comme on le rapporte plus haut, les sujets deviennent sensibles aux variations d'éclairage et essayent de mémoriser, comme une référence, le niveau initial d'éclairage dans la pièce. Cependant, on peut suspecter que les sujets ont rapporté une modification de l'éclairage lorsqu'ils ont perçu la différence de l'éclairage entre le début et la fin d'un échantillon de stimulus.

Au regard de l'interprétation des données, les résultats obtenus dans les conditions présentes sont utiles à la compréhension des capacités de perception des variations séquentielles d'éclairage. Dans les conditions de l'environnement réel d'un bureau, les tâches réalisées dans les expériences 1 et 2 sont plutôt rares et il semble difficile d'appliquer ces données à des situations pratiques.

Expérimentation n° 3. Lorsqu'une charge de travail est donnée

Dans les expériences 1 et 2, il est établi que les sujets ne sont pas soumis à une charge de travail pendant la présentation des stimuli. Pour appliquer nos recherches à un environnement de travail réel, il est important de collecter les données dans des conditions plus proches de l'environnement réel. Dans l'expérience 3, la sensibilité aux variations est mesurée lorsque le sujet a une charge donnée de travail qui simule les conditions réelles de travail dans les bureaux.

Conditions expérimentales

Les travaux dans des espaces de bureaux peuvent être plus ou moins classés de la manière suivante :

- concentration sur un travail particulier ;
- communication avec des collègues ;
- travaux sur écran de visualisation.

De manière à simuler ces tâches, trois types de travaux ont été définis :

- un essai qui permet d'éliminer des lettres dans une phrase écrite ("test d'AMEFURI") qui simule un travail de bureau ;
- une interview du sujet par l'expérimentateur suivant un questionnaire préparé ;
- la réponse à des questions affichées sur un écran de visualisation.

Evaluation des stimuli

Nous avons préparé trois programmes de durée de 0, 2 et 8 secondes en une seule expérimentation. L'éclairage initial a été fixé à 750 lux comme dans l'expérience 2 ; fondé sur les résultats d'une expérience pilote, le rapport de variation a été établi pour des valeurs comprises entre 0,75 et 1,34 suivant 10 pas de mesure. 30 échantillons de stimuli furent utilisés pour chaque tâche.

Méthodes

L'âge des sujets était compris entre 20 et 40 ans (6 femmes, 6 hommes) pour le test d'élimination d'AMEFURI. Les tests, au nombre de 22, ont été répétés pour certains sujets. L'essai de travail sur écran de visualisation a été mené sur 4 femmes et 5 hommes pour un échantillonnage de 18 essais et deux répétitions pour tous les sujets.

Pour le test d'élimination d'AMEFURI et l'interview, après l'essai d'éclairage sur le bureau, on revenait lentement au niveau initial de 750 lux, restait à ce niveau pendant 10 secondes et avant de continuer par un stimulus pour le prochain essai. Les sujets avaient reçu l'instruction de signaler, en pressant sur un bouton de commande, lorsqu'ils avaient remarqué un changement de l'éclairage pendant qu'ils effectuaient leur tâche. Un ordinateur était relié au bouton de commande et synchronisé avec l'autre ordinateur qui contrôlait le stimulus d'éclairage en même temps qu'était enregistré l'éclairage sur le bureau. Avec ce dispositif, il est possible d'enregistrer le programme de stimulus lorsque la commande était enclenchée. Si on avait pressé sur le bouton de commande lors du retour à l'éclairage initial, la réponse n'aurait pas été prise en compte. Une telle erreur n'a pas été constatée lors des essais.

Un écran de 22 pouces avec un traitement anti-reflets, en mode positif et une luminance de fond de 100 cd.m⁻² a été utilisé. Les questionnaires ont été affichés sur l'écran et les sujets eurent à les renseigner. Si les sujets constataient un changement d'éclairage, ils n'avaient qu'à cliquer un bouton sur l'écran au moyen de la souris.

Résultats

Le pourcentage de variation perçue de l'éclairage en fonction de l'éclairage sur le bureau est représenté sur la figure 9 ; elle montre ainsi la courbe statistique pour chaque condition. Les seuils et le rapport minimum de variation perçue estimé à partir des courbes sont donnés dans le tableau 3. En général, nos résultats montrent que la sensibilité aux variations diminue lorsque la durée de la variation augmente, bien que quelques différences aient été constatées suivant la nature des tâches.

Dans le test d'élimination AMEFURI, les sujets avaient les yeux fixés sur le document d'essai. Cette situation était similaire à celles des expériences 1 et 2 où les sujets fixaient le mur. Pour une variation de l'éclairage de 0 seconde (modification rapide de l'éclairage), le seuil de variation de l'éclairage était le même que celui de l'expérience 1. Pour des conditions de variation graduelle, on a constaté que la perception de la variation était moins perceptible lorsque l'on était concentré sur sa tâche visuelle que sans tâche à effectuer.

Pour le test d'interview, les sujets ne fixent pas un point particulier et la probabilité de remarquer une variation d'éclairage peut augmenter et conduire à évaluer un seuil de variation de lumière plus élevé qu'en l'absence de tâche.

On a utilisé un écran de visualisation relativement grand dont la surface était prépondérante dans le champ visuel. En complément, les variations de luminance sur l'écran étaient plus faibles que les variations d'éclairage,

Tableau 3. Seuil du rapport de variation de l'éclairage pour des tâches visuelles données. Éclairage de 750 lux.

Durée de variation	Luminosité décroissante				Luminosité croissante			
	0 sec	2 sec	8 sec	16 sec	0 sec	2 sec	8 sec	16 sec
Sans tâche visuelle	693 0.92	697 0.93	690 0.92	693 0.92	798 1.06	813 1.08	812 1.08	810 1.08
Test d'élimination d'AMEFURI	709 ⁽¹⁾ 0.95	653 0.87	594 0.79	—	816 1.09	866 1.15	916 1.22	—
Interview	657 0.88	629 0.84	600 0.80	—	851 1.13	922 1.23	978 1.30	—
Vision sur écran	662 0.88	603 0.80	594 0.79	—	857 1.14	947 1.26	1 066 ⁽²⁾ 1.42	—

Seuil de variation perçue en lux (première ligne) et en % (deuxième ligne)

Note : les données dans les conditions d'expérience sans tâche proviennent des résultats des expériences 1 et 2.

(1) Deux mesures utiles : la validité du seuil estimé est faible

(2) Aucune probabilité de mesure au-dessus de 50 %

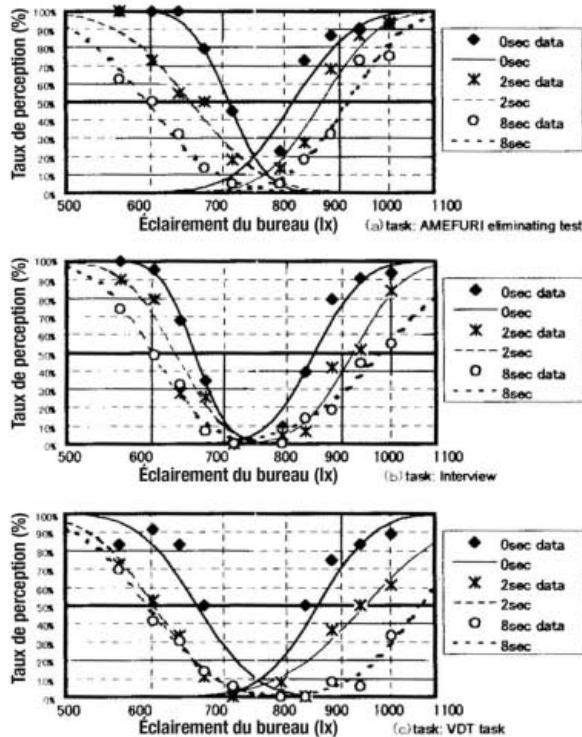


Figure 9. Taux de perception de l'éclairage après variation dans le cas où des tâches visuelles sont effectuées (test d'illumination d'AMEFURI, test d'interview, test de travail sur l'écran)

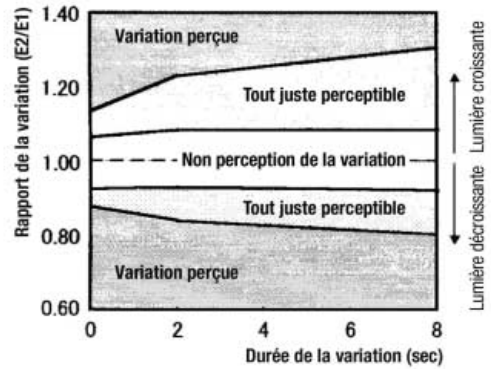


Figure 10. Caractéristiques de la perception de la variation de l'éclairage dans les bureaux : rapport de variation (en %) en fonction de la durée de variation.

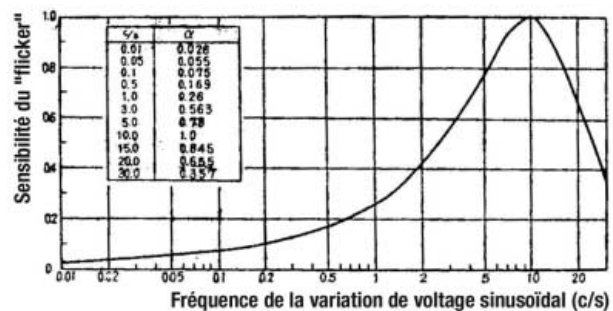


Figure 11. Courbe de fréquence du papillotement

parce que l'écran avait son propre dispositif d'éclairage. Pour ces raisons, les niveaux de variation de l'éclairage sont plus élevés pour un travail sur écran que sans écran.

Commentaires

Nous avons choisi les résultats avec interview comme valeurs représentatives des variations perçues de l'éclairage dans les conditions de travail de bureau. Ce choix a été établi pour les raisons suivantes :

Les trois tâches de l'expérience 3 peuvent être combinées dans les conditions réelles d'un travail de bureau.

Les yeux ne sont pas fixés sur un point particulier pendant l'interview.

Les résultats de l'interview produisent des résultats intermédiaires parmi les trois conditions de tâche. Nous considérons les résultats obtenus sans tâche, comme ceux obtenus dans les expériences 1 et 2, comme seuil de perception de la variation en terme de fonction visuelle. Le rapport minimum de variation perçue est donné sur la figure 10 dans les conditions de tâche avec interview et sans tâche particulière comme fonction de la durée de variation.

Sur cette figure :

- la zone de "non perception de variation" correspond à des conditions d'essai en l'absence de tâche à effectuer ;
- la zone "tout juste perceptible" correspond aux essais réalisés lors des interviews ;
- la zone extérieure à ces deux zones concerne les conditions de fluctuation perçue dans les conditions de l'interview.

Sur la figure 11 est représentée la fonction normalisée de sensibilité au papillotement produite par des "flickers" de tension, établie en 1964.

Pour la fréquence la plus sensible de 10 Hz de variation sinusoïdale, le "flicker" de tension que 50 % des gens peuvent tolérer, a été établi à 0,45 V (pour une tension de 100 V et à la fréquence nominale du réseau). Pour la fonction de sensibilité au papillotement, la sensibilité relative au papillotement pour chaque fréquence est donnée par rapport à la valeur unitaire établie pour 10 Hz.

Sur la figure 11, on a estimé les valeurs de tolérance sur le "flicker" de tension pour des fréquences de 0,25 Hz et 0,0625 Hz pour des tensions d'environ 4 V et 7,5 V qui correspondent à des amplitudes de fluctuation de 12 % et 22 % sur le flux lumineux d'une lampe à incandescence utilisée dans notre expérience.

Ces fréquences correspondent à des durées de fluctuation de 2 et 8 s pour le test d'élimination d'AMEFURI de l'expérience 3 ; dans les conditions de cet essai, les rapports minimum de variation perçue sont respectivement de 13 % et 23 %.

Les résultats sont cohérents avec la fonction de sensibilité au papillotement.

Résumé

Pour l'étude de la perception de la variation de l'éclairage électrique dans un bureau, nous avons déterminé le rapport minimum de perception de la variation ; cette évaluation expérimentale subjective utilise une méthode de stimulus constant. Nous avons utilisé une variation unidirectionnelle d'un état E_1 à un état E_2 , et non pas une variation périodique comme pour le papillotement.

La vision humaine ne peut percevoir une variation de l'éclairage électrique lorsque cette variation est comprise entre 0,92 et 1,06

par rapport à un état initial 1 (soit 7 % en moyenne, sans tenir compte de la durée de cette variation).

Pendant, dans les conditions réelles d'un bureau, le rapport minimum de variation perçue est compris entre 0,88 et 1,13 dans le cas d'une variation brusque, respectivement à 0,8 et 1,3, lorsqu'une variation graduelle est utilisée.

Il est important de contrôler le niveau de l'éclairage afin de réaliser des économies d'énergie dans l'éclairage des bureaux. Dans ces conditions, le contrôle doit se faire sans produire d'inconfort.

AUTEURS : TOMOAKI SHIKAKURA ET HIROYUKI MORIKAWA (TOSHIBA LIGHTING & TECHNOLOGY CORP.), YOSHIKI NAKAMURA (INSTITUT DE TECHNOLOGIE DE TOKYO).
PUBLIÉ POUR LA PREMIÈRE FOIS EN JAPONAIS DANS JIEIJ, VOL. 85, N° 5, 2001
TRADUIT EN ANGLAIS PAR J. LIGHT & VIS. ENV. VOL. 27, N° 2, 2003
CETTE VERSION EST LA TRADUCTION FRANÇAISE DE LA VERSION ANGLAISE DE L'ARTICLE

RÉFÉRENCES

- Tsuruoka, S. et al.: The development of the energy-saving lighting system by applying a sensor, 1997, Annual conference of the Electric equipments association, p. 37-38 (1997).
- Kelly, D.H. : J. Opt. Soc. Amer, 51, p. 422 (1961).
- Denki-Kyodo Kenkyukai, Denki-Kyodo Kenkyu, 20- 8 (1964).

ÉCLAIRAGE PUBLIC

Deux siècles de progrès

L'éclairage public a connu ses premiers balbutiements vers la fin du XVIII^e siècle, avec l'installation, en 1784, de quelques candélabres autour du Louvre et du Palais Royal. Au cours du siècle suivant, diverses techniques seront testées jusqu'à ce que l'éclairage au gaz s'impose. La naissance de l'automobile viendra enrichir les débats sur le rôle de l'éclairage pour la sécurité des piétons et des automobilistes.

Selon les contemporains savants, ceux qui, au tout début du XIX^e siècle, vivent en ville et ont les moyens d'éclairer une pièce de leur logement, usent de la lumière artificielle les six mois d'hiver à raison de 6 heures par jour, consommant 30 g⁽¹⁾ d'huile à l'heure, soit trente kilos ou cinquante francs par an. Bordier évalue la dépense du plus petit éclairage à 540 heures, soit 27 francs annuels. Cette norme semble avoir déjà beaucoup évolué depuis la fin des années 1770 : chandelles et huiles étaient alors bien plus coûteuses, mouraient fréquemment et fumaient beaucoup. Bien souvent on préférait attendre le clair de lune pour se prêter la plume.

En 1807, on trouve dans le département 79 chandeliers et 11 marchands ciriers ou de bougies soit 1,5/10 000 habitants. Le premier quart du XIX^e siècle voit des progrès sensibles mais difficilement mesurables dans la qualité des mèches – coton cardé, fin, uni, légèrement torsadé – et du suif. Dès 1807, celui-ci devient plus pur, plus compact, plus sec, plus translucide, grâce à la compression du suif dans les moules⁽²⁾ (qui réduit les vides et rend donc plus résistant), grâce à l'homogénéisation des graisses (fraîches et de même chair, de veau si possible) et à l'emploi de l'acide dilué. Le chandelier paraît ainsi très novateur. Dès l'Empire, s'y associent des épiciers qui ouvrent une annexe dans leur réserve souterraine. Ces artisans parisiens forment des syndicats qui donnent des avis au préfet de Police, distribuent des recommandations du conseil de salubrité. Le marché est en pleine expansion, de l'ordre de quatre nouvelles fabriques par an.

Seize nouveaux chandeliers en 1818, 10 en 1819, 9 en 1821, un tiers d'épiciers. En cinq ans, le nombre de fabriques augmente de moitié, alors que de nouvelles sources de lumière se manifestent ; au total près de 150 ateliers se dressent en 1823, produisant pas moins de 50 millions de chandelles. Un chandelier et demi pour 10 000 habitants, le même rapport en nombre qu'en 1805 mais des produits incompatibles quant à la luminance, à la fumée, à l'odeur, au prix et à la durée. Entre temps, le rapport qualité/prix a quadruplé : 6 à 7 heures contre 2 ou 3 ; 10 à 13 centimes la pièce au lieu de quinze⁽³⁾.

Enfin, grâce à Chevreul, le docteur Manjot, à Monceau, parvient à séparer la partie dure du suif, la stéarine, et à réaliser une chandelle aux performances mécaniques et lumineuses étonnantes, en 1821. Brevet et fabrication de cette chandelle sont cédés à Hébert quatre ans plus tard : le prix de la chandelle passe de 22 à 19 sous la livre, entre 1821 et 1826, tandis que sa luminance lumineuse, son pouvoir éclairant, double⁽⁴⁾.

Lampes

La production d'oléagineux – colza, lin, navette – augmente très sensiblement dans le dernier tiers du XVIII^e siècle. Elle devient un complément de revenu peu aléatoire pour le petit paysan. L'Artois, la Picardie, la Brie, bref les terres riches et aérées, sont les principales régions productrices d'huiles. Il est généralement nécessaire de les épurer pour les rendre transparentes. On trouve 21 marchands d'huile à Paris, en 1807. Cette huile charbonne, éclaire selon son humeur : comme la chandelle, elle est l'expression de la matière vivante. Mais, depuis des siècles, l'huile a ses partisans comme la chandelle a les siens : la première est liquide et cossue, la seconde est solide et commune. La troisième sera gazeuse et appartient au troisième état de la matière, à la sphère scientifique.

Mêlé à l'huile épurée par l'acide sulfurique⁽⁵⁾, le carburant liquide voit grandir son pouvoir éclairant grâce à de nombreux brevets d'invention⁽⁶⁾. A la fin du XVIII^e siècle, les deux grandes questions de la lampe sont de :

- pouvoir faire monter, jusqu'au sommet du bec, l'huile qui se trouve en réserve très en dessous ;
- disposer d'une combustion rapide et uniforme, pour produire une égale luminance, sans avoir constamment à remonter, à la main, la mèche pour l'empêcher de fumer.

Dans les années 1790, Carcel et Gotten réservent l'huile dans le pied et la font monter en employant « des pompes, des soupapes, des mouvements d'horlogerie », tout un appareil compliqué. Ces lampes étaient d'un prix très élevé, se dérangeaient facilement, et il fallait presque toujours les envoyer à Paris pour les remettre en état.

Contemporaine, la lampe domestique à double courant d'air d'Argand et Bordier, d'abord destinée à l'éclairage urbain, prend rapidement le pas ; dénommée "Astrale" parce qu'elle éclaire de haut en bas, elle est fabriquée en quantité et pour la classe opulente en 1808 à Paris par Pallebot, rue du faubourg Saint-Denis. Les grandes manufactures, les filatures surtout, usent aussi de ces lampes miracles qui permettent de prolonger tard l'exploitation de la main d'œuvre. Certains établissements parisiens sont éclairés par 200 becs.

En une génération, entre 1780 et 1810, les progrès sont donc très sensibles dans l'éclairage individuel de l'aristocratie et de la bourgeoisie aisée urbaines : l'adolescent de la fin de l'Empire bénéficie de deux heures quotidiennes de plus que son père au même âge ; deux heures pour s'instruire ou jouer. Dans les années 1820 de menues améliorations augmentent la performance industrielle et commerciale des lampes : on adapte un réflecteur parabolique – le réverbère – orientable argenté qui concentre la lumière sur l'objet de travail ou de présentation ; on

réduit la consommation d'huile par de meilleures ajutages ; l'huile est plus transparente, donc fume bien moins et éclaire plus.

Enfin la lampe de Locatelli achève cette période lumineuse. Le système « est basé uniquement sur la forme du bec et des mèches et leur rapport réciproque ; la mèche une fois allumée brûle à l'air libre, sans fumée et sans odeur, donne une belle clarté et dure quinze heures sans se charbonner »⁽⁷⁾. Elle donne une luminance comparable à celle de la bougie stéarique pour une consommation de 5g/h d'huile, soit 0,6 centimes de l'heure – contre 2 pour la chandelle. L'intensité maximale est obtenue avec cinq lampes posées sur meuble « dans le goût des classes opulentes », qui ne consomment alors que 35 g/h d'huile, soit « une livre pour vingt heures »⁽⁸⁾. Le nouvel opéra de Paris s'en illumine. Un magasin expose les meubles, rue Montmartre. Les industriels équipent leurs ateliers. « Les gens riches ont trouvé une grande économie en adoptant les grandes lampes Locatelli, parce qu'alors ils répandaient la lumière dans leur appartement par une infinité de points, ce qui leur permet de satisfaire à l'exigence du luxe, en se rapprochant de la bougie. »⁽⁹⁾ Un tel succès engage la fraude et la concurrence. « Le bas prix des lampes de toutes formes et d'un brillant achevé ne permet pas aux fabricants, d'ailleurs anonymes, de construire ces sortes d'objets avec toute la perfection désirable. Le prix triple par les réparations qu'elles nécessitent. »⁽¹⁰⁾

L'illumination publique

« L'illumination des villes a toujours été un objet d'études pour les artistes et les savants ; il y a peu de parties de l'économie civile où l'on a fait autant d'expériences. »⁽¹¹⁾ L'éclairage public est devenu une question politique et capitale de la Révolution. L'illumination apparaît alors comme « le paladium de la sûreté publique et l'ornement le plus brillant de nos fêtes »⁽¹²⁾.

Insensiblement, en effet, dès le milieu du XVIII^e siècle, une demande sécuritaire saisit les grandes villes. Comme pour la distribution de l'eau, l'éclairage est d'abord commandé pour les fêtes publiques ou occasionnelles, accessoirement pour le service ordinaire. Ami Argand, « habile chimiste de Genève », ami de Montgolfier, paraît le premier sur la longue liste des hérauts de l'éclairage public. Distillant l'eau-de-vie, il dispose de réchauds à alcool cherchant un moyen simple pour accroître la lumière de l'alcool faible enflammé, met en contact un grand volume d'air avec cet alcool pour augmenter la luminance. Il imagine ainsi vers 1781 ses fameuses lampes à courant d'air et à cheminée de fer, pour remplacer les lampes à réverbère – parce qu'à l'intérieur, on y a disposé un réflecteur en cuivre argenté concave qui réfléchit la lumière émise par la mèche imbibée d'huile, allumée – ; elles sont peu utiles car elles noircissent très vite et, de fait, éclairent mal. Argand veut monter une manufacture pour fabriquer ses lampes à huile. En 1784, Lesage et Cadet de Vaux le présentent à Lenoir, lieutenant général de police qui lui consent quelques candélabres aux abords du Louvre et du Palais Royal. Cette concession lui offre autorité et admiration académique, car Argand, artiste et scientifique, améliore sensiblement sa lampe devenue parisienne et se la fait imiter par Lange

qui présente à l'Académie en février 1784 une lampe à cheminée de verre, coudée, et par Quinquet, qui s'approprie l'invention⁽¹³⁾.

Le premier, Argand substitue la cheminée en verre à celle de fer – il va la faire fabriquer en Angleterre par le verrier Hurter. Il la fait reposer sur une couronne basée au milieu de la flamme de manière à augmenter la combustion. Il vend ses quinquets en Angleterre. Son Mémoire sur l'éclairage des villes, conçu en 1788-89 est publié à Londres, puis, trois ans plus tard, à Paris, à la suite de son Traité complet sur les lampes à courant d'air et à cheminée de verre. A la paix d'Amiens, revenu d'Outre-Manche, il s'installe à Paris, adapte à son quinquet une mèche circulaire et un mécanisme qui facilite la maintenance : une lampe qui consomme deux fois moins qu'à l'ordinaire et éclaire mieux. « On a tellement prodigué de ces lampes dans les lieux publics, que l'œil, accoutumé à recevoir des torrents de lumière, ne peut plus se contenter de la portion qui jadis lui suffisait ; il a fallu l'augmenter, surtout dans divers ateliers pour ne pas exposer le travail des ouvriers à des défauts préjudiciables. »⁽¹⁴⁾

L'éclairage public d'Argand marque la convivialité urbaine continentale. Ainsi, à Beaucaire où son gendre, Bordier, installe pour promotion une trentaine de réverbères à l'occasion de la célèbre foire, les commissaires du Conseil municipal remarquent « que les rues et la promenade publique sont extrêmement fréquentées jusqu'à une heure très avancée dans la nuit, qu'on y voit une circulation extraordinaire, des cercles, des réunions, nous pouvons dire, comme en plein jour ; effet que nous n'avons jamais vu, même lorsque la lune est pleine, et que nous ne pouvons attribuer qu'à la grande et belle clarté que répandent les réverbères »⁽¹⁵⁾.

Le préfet Frochet, particulièrement sensible au spectacle nocturne, encourage les initiatives. Parmi les mécaniciens parisiens : Henriot prend brevet pour une lampe à tuyau et à courant d'air, en 1802 ; l'année suivante, Joly pour un perfectionnement de la lampe à double courant d'air d'Argand, les frères Girard, en 1805, pour une lampe hydrostatique à globe de cristal, Bertin pour une lampe "docimastique" à eau-de-vie de vin.

Ami Argand veut réaliser un nouveau système d'éclairage pour les villes et les établissements publics qu'il applique, avant de mourir, à Lyon, en 1805, dans la grande cour de l'hôtel de ville. Ses lampes à double courant d'air et à huile, dotées de miroirs paraboliques « permettent de lire avec facilité les caractères médiocres », « éclairent l'espace avec une égalité sensible, suppriment ces foyers éblouissants des anciens réverbères ». Elles facilitent, par des moyens ingénieux, le service de ces machines où toutes les parties conçues et exécutées sur les mêmes dimensions peuvent mutuellement se déplacer, se remplacer et ne laissent jamais aucun vide qui entraîne la lenteur et l'inaction. Bordier-Marcet reprend l'affaire en 1806.

Le gaz

En 1799, l'ingénieur des Ponts et Chaussées Lebon présente sa découverte à l'Institut, la brevète l'année suivante : distiller du bois en vase clos pour en retirer du gaz inflammable. Rue des Saints-Pères, il « attire tout Paris pour voir la brillante expérience de sa thermolampe. Presque tous les journaux de l'Europe parlent de la découverte »⁽¹⁶⁾. Il en tire une brochure

publicitaire. Mais cette autre machine à feu – Lebon a obtenu des récompenses à l'École des Ponts et Chaussées – dégage de la fumée et une puanteur due à l'acide empyreumatique qu'exhale le gaz non consommé, qui ne permet pas d'en faire un usage général⁽¹⁷⁾. « Les Anglais ne tardèrent pas à s'emparer des idées de Lebon, et, en 1805, plusieurs fabriques de Birmingham furent éclairées au gaz hydrogène. M. Winsor publiait des mémoires dans lesquels il prétendait avoir le premier conçu et exécuté des appareils d'éclairage appliqués aux habitations, et revendiquait la gloire qui devait appartenir à leur inventeur »⁽¹⁸⁾. En 1810, la veuve de l'ingénieur tente d'implanter une fabrique rue de Bercy dans un « endroit grand et bien »⁽¹⁹⁾. En vain.

La véritable innovation est, elle, britannique, et revient à Murdoch, contremaître de Watt à Birmingham, qui extrait le gaz de la houille vers 1801. La réussite est telle qu'en 1802 l'apprenti ingénieur peut illuminer la façade de l'usine pour fêter la paix d'Amiens : « Une magnifique étoile composée de lampes bigarrées orne le sommet tandis que la transparence de la fenêtre centrale est embellie par une silhouette éclairée d'une jeune fille rendant grâce au retour de la paix. La manufacture toute entière est illuminée grâce à 2600 lampes colorées qui s'élèvent au-dessus en formant une immense croix de Saint Georges soutenant le mot "peace" au-dessus duquel est placée la couronne royale dotée d'une étoile d'une extraordinaire brillance. ». Spectacle fascinant pour les centaines de spectateurs de Soho et des environs, comparable, fluides mis à part, à celui des eaux de Versailles au temps du Roi Soleil, animé par Mariotte.

Les entreprises d'éclairage public au gaz britanniques deviennent vite conquérantes et agressives⁽²⁰⁾. « Les chimistes anglais sont parvenus à faire circuler la lumière sous terre, aussi facilement que l'eau même... Le gaz est dirigé à volonté, sous terre, dans toutes les parties de la ville, sous laquelle il s'écoule dans des tubes d'airain, jusque dans la maison même qu'il doit éclairer. Au prix modique de 3 livres sterling par an (72 F), chaque habitant de Londres n'a maintenant qu'un tour de clef à donner, pour être l'homme le plus éclairé de la terre. »⁽²¹⁾

Mais l'Europe continentale rattrape son décalage. Dès 1810, le préfet de l'Ourthe propose avec la société d'émulation de Liège de « trouver un appareil propre à éclairer les grands ateliers par la combustion du gaz hydrogène obtenu de la distillation de la houille sans y répandre des gaz délétères ou nuisibles à la santé »⁽²²⁾. On sent là la proximité du décret du 15 octobre 1810. Ryss-Poncelet, gros fabricant de limes, secrétaire du comité départemental des arts et manufactures, en fait la promotion. Le lendemain de la naissance du roi de Rome, le 21 mars 1810, à 6 heures, la façade de la fabrique de limes est « comme magnifiquement illuminée par soixante jets de lumière, de près de quinze centimètres de hauteur, et dont l'éclat éblouissant semble être le présage de la splendeur future de ce trône érigé la veille. Plus de 10 000 liégeois, témoins de ce spectacle, voulurent bien applaudir »⁽²³⁾. Et de conclure que l'éclairage au quinquet coûte cinq fois celui au gaz qui produit en outre du goudron⁽²⁴⁾.

La technologie adoptée, celle de Lebon rectifiée par Murdoch, Winsor et autres Accum, est celle du laboratoire de distillation à échelle

urbaine. Les fourneaux se composent de cornues elliptiques, écrasées, en fonte, lutées, remplies de houille, portées au rouge grâce à l'énergie du coke ; chaque cornue donne issue à un tuyau – le barillet – à moitié rempli d'eau, condenseur du goudron qui flotte. « Le gaz occupe la partie élevée du barillet, d'où, pressé par celui qui se produit sans celle, il se rend, en passant par un tuyau supérieur, dans l'appareil disposé pour son épuration. Les gazomètres sont des espèces de cloches, généralement en tôle et de forme cylindrique, de plus ou moins grandes dimensions. Le gaz, arrivé au gazomètre, est prêt à être livré à l'éclairage. Lorsque l'heure de l'éclairage est arrivée, un robinet de communication avec les tuyaux de la ville est ouvert, et le poids du gazomètre augmente de manière à vaincre la force ascensionnelle du gaz, et à le contraindre à parcourir les tuyaux placés dans les diverses rues. »⁽²⁵⁾

L'éclairage au gaz donne de la distance grâce à des « conduites principales en fonte de fer, placées sous terre. Des tuyaux en plomb sont embranchés sur la conduite principale pour la distribution du gaz. Un robinet se trouve placé près de l'endroit où l'éclairage est nécessaire. On remédie à l'odeur désagréable en plaçant au-dessus de chaque bec d'éclairage une cheminée de verre, semblable à celles de nos lampes à courant d'air qui fait brûler la fumée. »⁽²⁶⁾ C'est à la fois la technique de distribution d'eau et de vapeur, et la technique de la lampe à huile.

« En 1815, M. le préfet de la Seine, averti des avantages qui résultaient pour l'Angleterre de l'adoption du nouvel éclairage, créa une commission à l'effet de l'appliquer à un hôpital, les Incurables, Saint-Lazare et enfin Saint-Louis... Le 1^{er} janvier 1818, toutes les dépendances de l'hôpital furent éclairées »⁽²⁷⁾, soit 300 becs, contre 1500 programmés.

Concurrent du gaz de houille, le gaz à l'huile – extrait des graines d'oléagineux – s'installe en 1822, hors de la barrière de Courcelles. Le procédé est importé d'Angleterre, les machines fabriquées à Londres sont montées ici par des ouvriers de John Martineau, le principal inventeur et pourvoyeur. L'usine appartient aux puissants manufacturiers parisiens, les frères Manby, associés de Wilson et Henry. Une usine rive gauche, deux rive droite, le gaz éclaire les "noctraboules" des quartiers chauds parisiens.

Le xx^e siècle

L'automobile montre que la mécanique permet de contrôler la vitesse à condition que la voie soit moins pentue, moins bombée, moins zigzagante, surtout moins poussiéreuse. La décennie 1904-1914 marque véritablement le renouveau de la rue et plus généralement de la voirie urbaine. Avec son soubassement déjà saturé de conduites et constamment remué par autant de concessionnaires, sa surface animée de divers types de trafics enchevêtrés, ses revêtements de plus en plus variés, ses rive-rains qui veulent de moins en moins participer à son nettoyage et à son entretien, la rue. Le trottoir, l'éclairage, le type de revêtement, la largeur de la chaussée, la plantation, le bâti, la hiérarchisent. Dans toute l'Europe des associations fleurissent à son propos.⁽²⁸⁾

En 1906, le congrès de l'Alliance d'Hygiène Sociale et le troisième congrès des Maires de France lui ouvrent leur plate-forme ; les congrès internationaux d'hygiène de Paris (1900), Bruxelles (1903) et Berlin (1907) s'inquiètent notamment de l'état des rues, de l'éclairage, de

l'assainissement et de l'épuration des eaux ; les congrès de l'Association Internationale Permanente des Congrès de la Route tenus à Paris (1908), Bruxelles (1910) et Londres (1913) s'intéressent au mode d'exécution des travaux de voirie, d'éclairage et d'adduction d'eau.

Dans les années 1920, une meilleure visibilité des points de conflit est souhaitée : elle passe par le développement de l'éclairage public, la promotion du pan coupé qu'adoptent les architectes, par les dégagements des carrefours, la multiplication des panneaux de signalisation. Plusieurs solutions "mécaniques" sont mises en place là où la règle de la priorité à droite s'avère insuffisante. Le nattage est peu à peu éliminé ; le sens giratoire est instauré ; le sens unique est implanté non sans difficultés ; le carrefour à étages apparaît comme la solution la plus coûteuse mais aussi la plus prestigieuse.

L'incandescence électrique

Si dans la journée c'est le klaxon qui signale l'automobile au moindre signe de danger sur la chaussée, dès le crépuscule, ce sont les deux phares électriques qui expriment, par l'éblouissement, la puissance du moteur, et donc, de son propriétaire. Cependant « de toutes les prescriptions du code de la route, celles qui sont relatives à l'éclairage sont incontestablement les plus obscures, si l'on peut dire, et celles qui donnent lieu aux justes récriminations de tous les usagers »⁽²⁹⁾. L'éclairage public apparaît comme le moyen le plus efficace pour gommer l'éblouissement des automobilistes, objet de multiples accidents mortels. « L'apparition des lampes à incandescence à filament de tungstène en atmosphère gazeuse a marqué le début d'une ère nouvelle en matière d'éclairage », affirme le chef du Service technique de la voie publique et de l'éclairage de Paris en 1927. Ces lampes connues dès le début du siècle, ne sont appliquées à l'éclairage public de Paris qu'à partir de 1920. Economies en énergie – six fois moins que les meilleures lampes à filament de charbon – et en pollution – ni gaz

Tableau 1. Production et consommation des foyers d'éclairage public à Paris entre 1920 et 1926, d'après Science et industrie, 160, 1927, p. 27

	31/12/20	31/12/26	CROISSANCE
Foyers à gaz comprimé	2 143	6 531	205 %
Consommation globale (millions m ³)	6,63	12,8	93 %
Foyers à arc	2 500	2 153	- 14 %
Consommation globale (millions de kWh)	3,048	2,700	- 11%
Foyers à lampe à atmosphère gazeuse	6	3 370	∞
Consommation globale (millions de kWh)	0	4,045	
TOTAL DES FOYERS INTENSIFS	4 649	1 205	4 159

chauds, ni fumée – ce qui évite le nettoyage des globes et des réflecteurs, d'entretien très facile, elles ne coûtent pas trop cher eu égard à leur durée. Sources très concentrées d'une tonalité agréable, ces "brillantes lampes" sont faites d'abord pour stimuler le lèche-vitrines. Lgrands magasins en usent à profusion dès la tombée de la nuit, intensifiant de fait l'encombrement du trottoir alentour, et rendant, par contraste, la chaussée obscure et dangereuse ; pour y remédier la seule solution est d'y planter un éclairage au moins aussi puissant. La nouvelle génération d'éclairagistes, soucieuse d'améliorer la circulation nocturne, surtout aux points de conflit, est plus séduite par cette lampe que par les nouveaux candélabres à gaz comprimé, moins performants et plus coûteux à l'exploitation. Elle permet aux automobilistes d'être moins aveuglés par les phares frontaux et le reflet sur la chaussée de l'éclairage au gaz⁽³⁰⁾ par temps de pluie et de percevoir distinctement – et rapidement – les abords toujours dangereux de la chaussée⁽³¹⁾.

Cependant le lobby gazier reste puissant jusqu'à la nationalisation. Il règne sur la presque totalité des agglomérations⁽³²⁾. Aux carrefours, aux passages, les bornes lumineuses sont généralement éclairées au gaz et il faut attendre 1948 pour qu'un grave accident mortel mobilise l'opinion – et d'abord les chauffeurs de taxi – contre les risques d'explosion⁽³³⁾.

Barrages alternés

Cette solution inspirée des principes hydrauliques place à chaque débouche de rue un agent chargé de faire barrage à la circulation pour permettre l'écoulement continu d'une autre voie. Ce système coûtant cher en personnel, on envisage de placer aux carrefours importants un matériel de signalisation lumineux permettant de réguler la circulation. Un premier essai est effectué à Londres en 1868 avec des bras de sémaphores éclairés au gaz ; mais l'automate explose. D'autres essais, plus convaincants, sont entrepris avec l'éclairage électrique en 1914 à Cleveland, puis en 1920 à New York. En 1922 à Paris, puis en 1924 à Londres et à Berlin, de simples feux rouges sont installés dans chacune des voies, qui interdisent successivement la traversée du carrefour aux véhicules venant de l'une puis de l'autre voie. Cette disposition a un grave inconvénient : lorsque le feu n'est pas allumé, le conducteur arrivant au carrefour ne sait pas si les véhicules sont arrêtés dans la voie transversale (lui donnant le passage), ou si la signalisation ne fonctionne pas. Il faut donc un agent à chaque débouché du carrefour, aux heures de pointe, pour régler chacun des flux, et un autre, plus gradé pour gérer l'ensemble.

ANDRÉ GUILLERME (PROFESSEUR D'URBANISME AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS)

NOTES

1. Une once.
2. "Manière d'améliorer la fabrication, la forme et la qualité des chandelles et des bougies", AAM, 4, pp. 297-310.
3. Locatelli, "Nouveau système d'éclairage", JCUP, 14, 1831, n. 1, p. 279.
4. Emptoz, "Des produits chimiques très recherchés : les acides gras pour la fabrication des bougies", CT, 23, 1991, pp. 32-45.
5. Dans 100 kg d'huile de colza, on dilue 2 à 4 litres d'acide sulfurique à 66°. On laisse reposer une semaine et on décante.
6. Curandau, "Dépuration de toutes sortes d'huile et de beurre", JCUP, 13, 1831, p. 21 et Locatelli, "Nouveau système d'éclairage", id. 14, 1831, p. 277.
7. Locatelli, op. cit., p. 278.
8. Ibid, p. 279.
9. "Considérations sur les lampes Locatelli", JCUP, 16, 1832, p. 252.
10. Ibid., p. 253.
11. "Description de plusieurs lampes nouvelles pour l'illumination des grandes villes", AAM, 18, pp. 302.
12. "Nouvelle manière d'éclairer les rues et places publiques de Commart, proposé au Ministre Letourneur, en ventôse an 6", AAM, 10, p. 175.
13. Il donne son nom à la lampe d'Argand.
14. "Observations sur les lampes astrales", AAM, 31, 1809, p. 198.
15. "Eclairage au moyen de nouveaux réverbères à réflecteurs paraboliques", AAM, 33, 8109, p. 208.
16. "Description d'un thermolampe inventé en Moravie", AAM, 14, p. 91.
17. Ryss-Poncelet, "Eclairage en grand avec le gaz hydrogène de la houille", AAM, 41, 1811, p. 578.
18. "De l'éclairage par le gaz hydrogène", JCUP, 2, 1825.
19. Rapport n° 84 du 3 novembre 1810. Sur Lebon.
20. En Angleterre "même, la crainte de nuire aux grandes pêcheries par des actes qui favoriseraient les promoteurs de l'éclairage par le gaz, a détourné de leur accord". "Sur l'éclairage...", op. cit., p. 108.
21. Dickinson (1817), op. cit., III, pp. 40-41 (précisé en note "addition des traducteurs" français).
22. Le prix est lancé le 19 mars 1810, Ryss-Poncelet, op. cit., p. 59.
23. Ryss-Poncelet, op. cit., p. 65.
24. Id. Tableau comparatif, p. 73.
25. "De l'éclairage par le gaz hydrogène", op. cit., p. 158.
26. "Eclairage des villes et des maisons particulières par le gaz hydrogène. Usine de Londres", AAM, 54, 1814, p. 320.
27. "De l'éclairage par le gaz hydrogène", JCUP, 2, 1825, p. 155.
28. Une commission est spécialement instituée par le ministère des Travaux publics français en 1906, dont le secrétaire est Le Gavrian, futur directeur des routes et initiateur du goudronnage des routes après 1919. Dans le duché de Bade, une ligue anti-poussière est créée en 1905, une autre en Belgique en 1907.
29. Amblard, op. cit., p. 151.
30. La hauteur des candélabres est inférieure à 5m, contre plus de 10 pour l'éclairage électrique. Sur le développement de l'électricité, Bertran.
31. Gibrat, "L'éclairage des routes et la perception des obstacles", APC, 1936, X, pp. 48-59.
32. 572 villes de plus de 5000 habitants (sur 643), 750 de moins de 5000 habitants en 1910. L'éclairage est généralement assuré par des concessionnaires. Lidy, op. cit., p. 11. Plus généralement, Williot.
33. Cinq personnes périssent carbonisées dans un taxi boulevard Saint-Michel, Le Monde, 28 juillet 1948.