

Le contraste visuel pour les personnes malvoyantes, appliqué aux bandes d'éveil de vigilance (norme NF P98-351)

L'accessibilité de la ville est essentielle pour satisfaire l'usage par tous de ses structures.

Parallèlement au programme "Ville accessible à tous", le Certu élabore des recommandations pour aider les collectivités territoriales à mettre en application la réglementation.

Cette collection de fiches concerne la réglementation relative à l'accessibilité de la voirie et des espaces publics, et plus particulièrement les aménagements destinés à faciliter les cheminements des personnes aveugles et malvoyantes (PAM) et à leur assurer une meilleure sécurité.

Contexte

La mise en accessibilité de la voirie et des espaces publics requiert de prendre en compte toutes les formes de déficiences, notamment la malvoyance. Ainsi, la réglementation prise en application de la loi du 11 février 2005 inclut certaines prescriptions sur les niveaux lumineux, les éblouissements et le contraste visuel.

Ce dernier facilite le repérage et l'identification des éléments architecturaux et des éléments d'informations (signalisation, plans, etc.). Il contribue à éviter des obstacles sur le cheminement (potelets, mobilier urbain).

Cette exigence de contraste visuel a également été intégrée dans le cadre de la révision de la norme NF P98-351 relative aux bandes d'éveil de vigilance (BEV), en plus de ses caractéristiques podo-tactiles.

Pour appuyer le travail de la commission de normalisation d'aménagements de voirie spécifiques (CNAVS), le Certu a réalisé une étude pré-normative dont les résultats ont permis la rédaction des propositions sur le paramètre, les seuils d'exigence et la métrologie adaptée aux conditions sur site.

Le laboratoire des équipements de la rue de la Ville de Paris (LER-VP) s'est associé à la définition de la méthode de mesure. Le présent document présente la définition et la mesure du contraste visuel sur site telles qu'approuvées par la commission qui réunissait les représentants des parties prenantes. Il explicite, dans une deuxième partie, les choix qui ont été faits dans cette démarche et présente les perspectives.

Le contraste visuel et sa mesure appliqués aux BEV

La définition du contraste visuel

Le contraste est la perception d'une différence de lumière provenant de deux zones adjacentes de la scène visuelle. Il est exprimé par la **différence de luminance entre la cible et son environnement immédiat ou son fond** ; il s'agit donc d'un **contraste de clarté et non d'un contraste de couleur**.

Dans le cas des BEV, la cible est constituée par ce dispositif et son environnement immédiat qui est le sol autour de la bande d'éveil.



Le contraste visuel améliore la détection du mobilier urbain

Le contraste de luminance peut être exprimé mathématiquement par l'équation :

$$C = \frac{|L_{BEV} - L_{SUPPORT}|}{L_{SUPPORT}} \quad [1]$$

où L_{BEV} et $L_{SUPPORT}$ sont respectivement les **luminances moyennes de la bande d'éveil de vigilance** et du **support sur laquelle elle est localisée**, c'est à dire le sol contigu.

Le contraste visuel est exprimé sans unité.

Selon que la BEV est plus foncée ou plus claire que son support, les performances de détection et d'identification par les personnes malvoyantes peuvent différer. On distingue ainsi le contraste négatif et le contraste positif.

Le contraste est négatif lorsque la BEV est plus sombre que le sol adjacent.
Sa valeur varie alors entre 0 et 1



Le contraste est positif lorsque la BEV est plus claire que le sol adjacent.
Sa valeur varie alors entre 0 et l'infini



Exemple de contrastes visuels soit négatif (à gauche), soit positif (à droite)

Le seuil de contraste visuel

Les exigences en contraste visuel, basées sur la capacité des personnes malvoyantes à détecter tout type d'éléments dans le domaine d'application de la voirie et du bâtiment, ont été établies sur la base d'expérimentations en condition réelle.

La nature des matériaux, la fréquentation des lieux et la pollution peuvent dégrader le contraste après la mise en service. Aussi est-il nécessaire de prévoir des valeurs plus élevées des produits à l'état neuf.

Exigences normatives à la mise en service

Les valeurs prescrites par la norme pour des installations neuves doivent être supérieures aux seuils de :

0,70 en contraste négatif
2,30 en contraste positif

Ce sont ces valeurs qu'il faut considérer pour la vérification de la conformité.

Performances à maintenir dans le temps

Il est recommandé de maintenir les seuils minima de :

0,40 en contraste négatif
0,60 en contraste positif

La mesure du contraste visuel

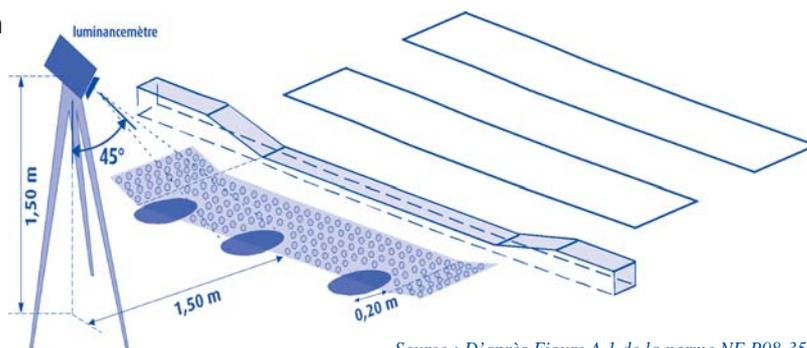
Le contraste visuel est déterminé par la mesure de luminance moyenne sur 3 zones pour tenir compte du déplacement des piétons malvoyants :

- **sur les deux extrémités** pour une direction de déplacement le long du trottoir ;
- **au milieu de la BEV** pour une approche frontale du dispositif.

Pour les BEV, trois zones d'approches sont identifiées en bordure de trottoir.

Le contraste sera évalué pour chacune d'elles.

Chaque valeur devra être supérieure aux seuils prescrits.



Source : D'après Figure A.1 de la norme NF P98-351

Pour se placer dans les conditions normales d'observation de la BEV par les malvoyants, l'appareil de mesure (luminancemètre) est positionné pour viser les cibles sous un angle de 45° sous l'horizontale à une distance correspondant à la détection tactile avec une canne.

Pour chaque zone à étudier, l'opérateur placera le luminancemètre à 1,50 m du bord de la BEV et à 1,50 m de hauteur par rapport au niveau du sol.

Compte tenu des conditions de terrain, une tolérance de 10 cm est acceptée sur ces deux distances.

Si le site ne permet pas de respecter cette distance, l'opérateur pourra réduire ces distances tout en respectant l'angle d'observation de 45°. Il est aussi possible de se placer latéralement ou du côté chaussée.



Protocole expérimental permettant d'évaluer le contraste des bandes d'éveil de vigilance avec leur environnement immédiat
Source : Pierre Leroy et Cyril Chain

Pour mesurer les luminances moyennes de la BEV et du trottoir adjacent, il a été vérifié que les **appareils directionnels (luminancemètres ordinaires)** et les appareils équipés d'un **capteur CCD** (dispositif à transfert de charge), étalonnés en luminance, donnent des valeurs de contraste sans différence significative.

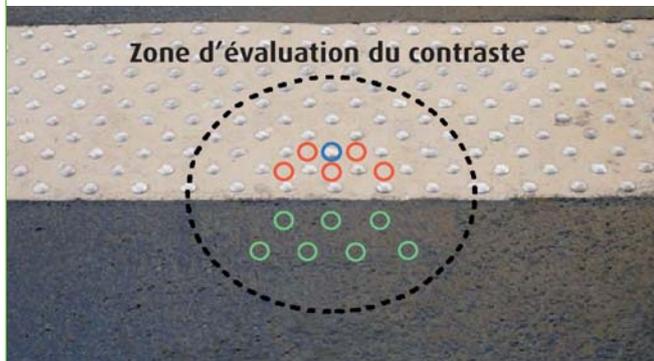
Cas d'un luminancemètre directionnel

La luminance moyenne est la moyenne des luminances ponctuelles. La luminance moyenne de la BEV L_{BEV} est estimée d'après 6 mesures de luminance :

- 1 mesure sur un plot L_{plot}
- 5 mesures sur la semelle $L_{semelle}$

$$L_{BEV} = (L_{plot} + 5.L_{semelle}) / 6$$

De la même façon, au moins 5 mesures ponctuelles sur le support permettront de déterminer la luminance moyenne $L_{SUPPORT}$.

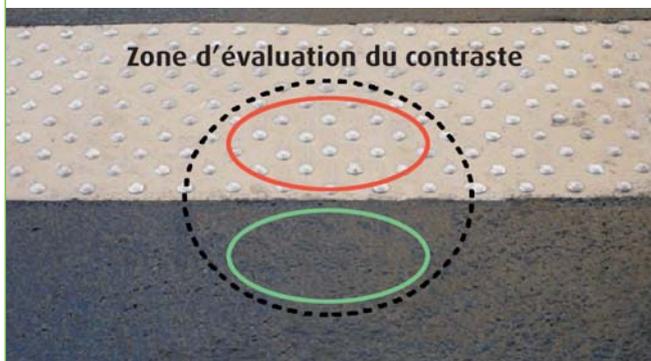


Exemple de mesures ponctuelles de luminances permettant d'établir une valeur de luminance moyenne pour la BEV d'une part (mesures rouges pour la semelle et mesure bleue pour le plot), et pour le trottoir (mesures vertes) d'autre part.

Cas d'un capteur CCD

La luminance moyenne est calculée sur la moyenne des pixels d'une surface représentative de la zone considérée, que ce soit sur la BEV ou sur le support.

Le logiciel d'exploitation du dispositif de mesure permet souvent de calculer ce paramètre aisément.



Exemple des mesures avec un capteur CCD étalonné en luminances permettent d'établir directement les luminances moyennes sur des surfaces sélectionnées (rouge pour la BEV et verte pour le trottoir).

Précautions

Ce protocole a été établi sur site, sous éclairage naturel sous un ciel couvert épais pour référence. L'impact des conditions météorologiques sur les erreurs de contraste a été étudié : ciel ensoleillé avec les matériaux à l'ombre ou exposés en plein soleil (en face, sur le côté ou dans le dos de l'observateur).

En conclusion de cette étude, **il faut exclure la réalisation de mesures lorsque le soleil est en face**, en raison des reflets sur les surfaces mesurées.

Tolérance

Une tolérance globale sur les valeurs de contraste a pu être définie, tenant compte des instruments différents, de leurs incertitudes de mesure, ainsi que des conditions météorologiques retenues comme acceptables.

Les valeurs de tolérances sont ainsi définies :

0,15 pour les seuils de contraste de 0,40, de 0,60 et de 0,70

0,30 pour le seuil de 2,30

Conformité à neuf

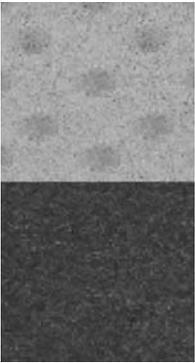
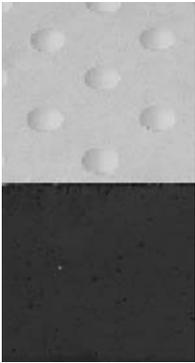
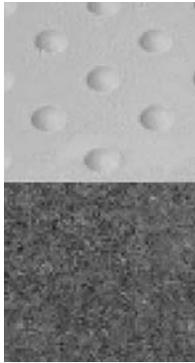
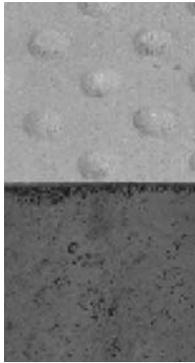
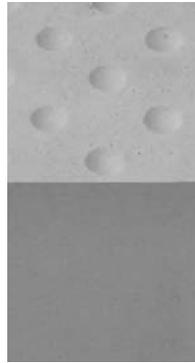
Lors de la mise en service, la bande d'éveil de vigilance sur son support sera jugée conforme vis-à-vis des prescriptions de contraste visuel dès lors que chaque valeur de contraste (pour chaque zone d'approche) sera supérieure à la valeur du seuil préconisée par la norme.

Recommandation de maintenance

Dans le cas d'un diagnostic dans le temps, il est proposé que le gestionnaire procède à une maintenance lorsque les valeurs de contraste auront évolué sous le seuil de recommandation.

Exemples de contrastes visuels pour les BEV

Afin de donner une appréciation immédiate des seuils retenus dans la norme NF P 98-351, des associations de BEV et de revêtements de trottoirs, de natures diverses, ont été réalisées, et les valeurs de contraste déterminées. Certaines sont au-delà des seuils prescrits par la norme, d'autres proches des seuils et enfin certaines sont insuffisantes en matière de contraste.

Seuil respecté (à neuf)		Seuil limite (à neuf)		Seuil non respecté (à neuf)	
					
Contraste positif entre revêtement 1 : granit et BEV 1 : granit	Contraste positif entre revêtement 2 : asphalte et BEV 2 : résine	Contraste positif entre revêtement 3 : granit et BEV 3 : métal laqué	Contraste positif entre revêtement 4 : béton et BEV 4 : granit	Contraste positif entre revêtement 5 : pierre et BEV 5 : béton	Contraste positif entre revêtement 6 : asphalte et BEV 6 : granit
C = 3,89 (> 2,30)	C = 8,02 (> 2,30)	C = 2,57 (≥ 2,30)	C = 2,00 (≤ 2,30)	C = 0,88 (< 2,30)	C = 0,32 (< 0,70)

Exemples d'associations de BEV et de revêtements de sols offrant diverses valeurs de contrastes. Les illustrations sont en noir et blanc pour avoir une meilleure idée des luminances des matériaux.

Pour approfondir ses connaissances

Les bases des choix pour le contraste visuel des BEV sur l'espace public

Les exigences de contraste visuel ne peuvent pas être déduites des données physiologiques observées dans les laboratoires d'ophtalmologie. Elles ont été obtenues sur la base d'expérimentations.

Plusieurs études étrangères, complétées par une étude exploratoire, ont permis de proposer les exigences prescrites par la norme, également adoptées dans l'arrêté du 15 janvier 2007 relatif à l'accessibilité de la voirie, et les performances minimales recommandées à maintenir dans le temps.

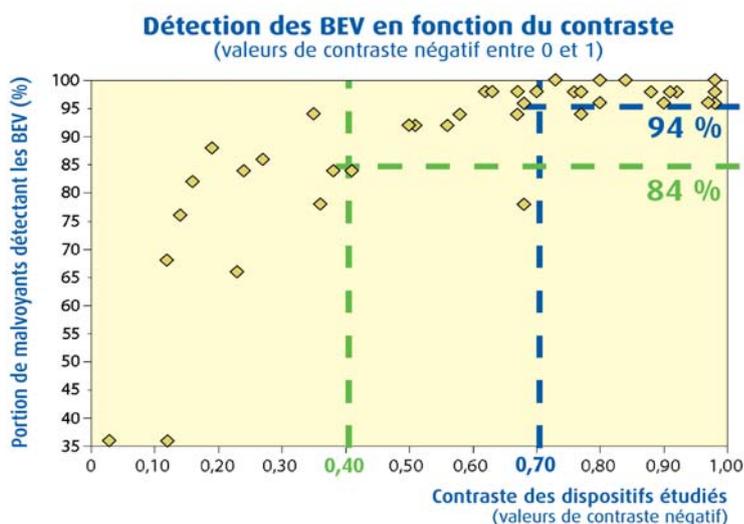
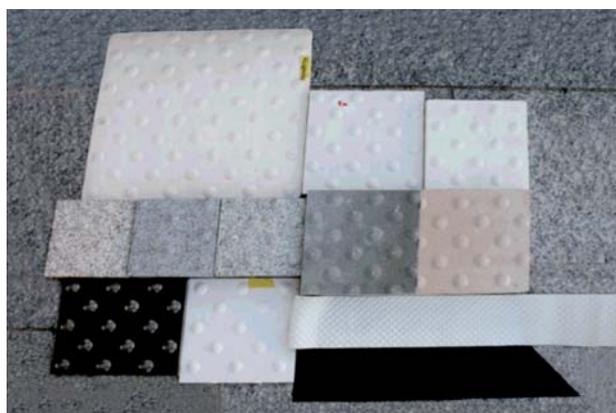
Les résultats de l'étude américaine spécifique aux bandes podotactiles en donnent une illustration.

Concernant la faisabilité technique, des industriels de même que des représentants de collectivités territoriales ont exprimé leurs inquiétudes quant à la possibilité d'atteindre ces niveaux de performances avec les matériaux usuels qu'ils proposent ou installent traditionnellement dans les espaces publics.

Pour répondre à ces interrogations, une campagne de mesures a été entreprise par le Certu et le LER-VP. Les industriels ont fourni des échantillons de matériaux divers (asphaltes, pierres, résine) dans une gamme de clarté représentative de leurs catalogues. D'autres supports ont été sélectionnés in situ...

12 échantillons de bande d'éveil de vigilance ont été reçues pour les confronter aux supports de voirie. 339 combinaisons ont été évaluées, sous différentes conditions expérimentales, ce qui a conduit à déterminer plus de 500 contrastes.

Les conclusions indiquent clairement que, pour tous les types de support représentatifs des pratiques actuelles, il était systématiquement possible de sélectionner au moins une des 12 bandes d'éveil afin d'atteindre le seuil de contraste défini pour les installations neuves.



Résultats de l'étude de Jenness (2006) précisant le pourcentage de personnes malvoyantes ayant détecté les BEV selon diverses valeurs de contrastes

Échantillons de BEV étudiés pour vérifier la faisabilité technique afin d'atteindre les seuils de contraste des bandes d'éveil de vigilance

Démarche de projet et d'entretien

Le protocole expérimental adopté dans la norme a été défini pour un site en extérieur correspondant à la situation réelle des usagers. Il est nécessaire cependant d'avancer sur une métrologie en condition maîtrisée et reproductible, donc de laboratoire. Dans l'immédiat, le Certu propose une démarche de projet qui se veut fidèle aux préconisations de la norme.

Conception d'un nouvel aménagement

L'aménageur est responsable des revêtements de sol et de bande d'éveil de vigilance pour lesquels les prescriptions de contraste visuel s'appliquent. Il convient donc de connaître en amont de la mise en œuvre quelles associations permettent de les remplir.

Une solution consiste à **étudier le contraste visuel d'échantillons** pour lesquels les industriels s'engagent sur une représentativité en terme de clarté et de brillance.

Selon la nature de matériau, quelques écarts peuvent toutefois exister entre les échantillons et les matériaux finaux, par exemple une légère différence dans une veine de granit. Par conséquent, **il est prudent de retenir une association de matériaux qui soit nettement au-dessus du seuil minimal de contraste.**

Une BEV constituée de plots contrastés par rapport à la semelle n'est pas exclue ; toutefois, l'exigence de contraste visuel entre la BEV et le support doit être respectée. Et dans ce cas, la luminance moyenne de la BEV est déterminée en tenant compte des plots et de la semelle.

Il faut exclure du domaine de validité de l'équation [1] **le cas des bandes d'éveil de vigilance très foncées entourées d'un revêtement de sol très foncé également.** Cela peut aboutir à des valeurs anormalement élevées et non représentatives du contraste perçu. Actuellement, il n'y a pas de prescription précisant le seuil de clarté en dessous duquel il convient d'écarter une telle association, quelle que soit la valeur de contraste visuel obtenue sur la base des mesures.

Réception d'un nouvel aménagement

Les seuils de contrastes sont donnés à neuf. Autrement dit, il convient de réaliser la pose des BEV et des revêtements de voirie dans un délai très court.

La vérification de la conformité devra être faite dès l'aménagement réalisé. Tout délai supplémentaire contribue à une éventuelle diminution du contraste et à un risque de passer sous le niveau de performance requis par la norme.

Démarche d'entretien

La norme fixe des exigences sur les produits neufs. Il convient pour autant de pouvoir offrir aux personnes malvoyantes un niveau de service qui se dégrade dans une limite acceptable.

Actuellement, l'évolution des clartés des matériaux de BEV et de revêtement de sol est mal connue. Il en est donc de même de l'évolution du contraste visuel de ces aménagements. Dans l'immédiat, le gestionnaire peut évaluer le contraste d'une installation existante en reprenant le mode opératoire in situ proposé par la norme. Le Certu recommande de ne pas descendre en dessous des « seuils à maintenir dans le temps », à savoir 0,40 (contraste négatif) et 0,60 (contraste positif).

À propos du contraste en couleurs

Bien que le contraste chromatique soit très important pour les malvoyants, il n'est pour l'heure pas pris en compte dans le cadre des réglementations et de la normalisation. En effet, travailler dans les espaces chromatiques relève d'une grande complexité de définition et de mesure par rapport à la connaissance en colorimétrie des personnes qui vont utiliser ces documents (les industriels d'équipements urbain et de signalisation, les aménageurs urbanistes, les architectes, les services techniques en charge de la maintenance). Considérant cette préoccupation, le contraste en luminance tel que défini dans la section précédente apparaît simple et efficace.

Précisons également que toute différence en terme de chroma augmente le contraste calculé en ne considérant que l'écart de luminance. Ainsi, tant que les exigences en contraste de luminance sont satisfaites, l'utilisation des couleurs ne peut que renforcer la détection et l'identification (codes couleurs) des éléments de l'environnement visuel.



La couleur renforce la perception du contraste



A propos du contraste de luminance

La définition du contraste visuel repose ainsi sur une performance physiologique du système visuel ; elle peut être exprimée mathématiquement par cette simple équation :

$$C = \frac{|L_t - L_b|}{L_b} \quad [2]$$

où L_t et L_b sont respectivement les **luminances moyennes de l'élément contrasté**, conventionnellement dénommé "t" pour *target* (cible en anglais) et de son **environnement immédiat** "b" pour *background* (fond en anglais).

C'est sur cette base que l'équation [1] donnant le contraste entre la BEV et le support est retenue. En effet, on considère que le sol constitue l'élément de fond le plus proche de la bande d'éveil. De plus, il constitue la plupart du temps l'élément principal d'observation lors du déplacement sur lequel l'œil va adapter son niveau de vision.

On trouve parfois dans la littérature une **équation similaire** à celle adoptée pour la norme NF P 98-351, où le **dénominateur est pris comme étant la luminance la plus élevée** entre L_t et L_b :

$$C = \frac{|L_t - L_b|}{\max(L_t, L_b)} \quad [3]$$

Son avantage est d'avoir une dynamique de 0-1, que ce soit en contraste positif ou que ce soit en contraste négatif.

Nous n'avons pas souhaité considérer cette formulation pour deux raisons. La première est la volonté de coller aux performances physiologiques, notamment d'avoir un contraste déterminé en considérant la luminance d'adaptation (de l'environnement). La seconde est liée à la perception du contraste qui peut être différente selon que le contraste est positif ou négatif (pour une même valeur de contraste calculée selon l'équation [3]).

Conclusion et perspectives

Afin d'améliorer la détection des objets, d'aider au cheminement, de repérer les obstacles, d'identifier les alertes visuelles par les personnes malvoyantes et les personnes âgées, l'étude pré-normative du Certu a permis d'aboutir à :

- un paramètre permettant de caractériser et de quantifier la notion de contraste visuel ;
- des seuils de performance à atteindre ;
- une méthode de mesure destinée aux bandes d'éveil de vigilance.

Ces éléments, déjà intégrés dans la révision de la norme NF P98-351, pourront être transposables à d'autres éléments.

Comme précisé dans ce document, il est important de pouvoir **développer une métrologie en condition maîtrisée et reproductible**. Le Certu, le LER-VP et le LCPC s'engagent à travailler sur cette nouvelle proposition.

Une étude pilotée par le Certu s'intéresse également au **vieillessement des matériaux de BEV et de revêtements de sol, afin d'évaluer la marge d'évolution du contraste des aménagements**.

En raison de l'importance sociétale de l'accessibilité aux personnes à mobilité réduite, d'autres pays travaillent en vue de réglementation ou de normalisation. Dans l'effort d'aboutir à **une uniformité des grandeurs définissant le contraste visuel ainsi que les seuils de prescription et les méthodes de mesures d'un pays à un autre**, les propositions faites dans ce document peuvent contribuer à cet objectif. La CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) a retenu ces éléments à la fois fondamentaux (grandeurs, seuils) et pratiques (protocole expérimental).

Cette fiche technique constitue une première étape dans la diffusion des résultats auprès des maîtres d'ouvrage et maître d'œuvre qui doivent prescrire ou réaliser des aménagements contrastés visuellement.

Pour en savoir plus ...

... sur la Réglementation et la Normalisation

- NF P98-351 (*Afnor*) Caractéristiques, essais et règles d'implantation des dispositifs podo-tactiles au sol d'éveil de vigilance à l'usage des personnes aveugles ou malvoyantes. 2010
- Arrêté du 1^{er} août 2006 fixant les dispositions prises pour l'application des articles R. 111-19 à R. 111-19-3, et R. 111-19-6 du code de la construction et de l'habitation, relatives à l'accessibilité aux personnes handicapées des établissements recevant du public et des installations ouvertes au public lors de leur construction ou de leur création. 2007
- Arrêté du 15 janvier 2007 portant application du décret n° 2006-1658 du 21 décembre 2006 relatif aux prescriptions techniques pour l'accessibilité de la voirie et des espaces publics. 2007
- Loi du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées. 2005

... sur les Études qui ont permis d'établir les contrastes visuels

- Un éclairage urbain adapté aux malvoyants : résultats d'une expérimentation. Chapitre de l'ouvrage *Éclairer la ville autrement - Innovations et expérimentations en éclairage public*. C. Chain, C. Marty, M. Fontoynt, C. Franzetti. *Editions PPUR*. 2009
- Communication sur l'expérimentation sur la détection et l'identification des bandes d'éveil de vigilance selon leurs contrastes pour la CNAVS-Afnor. C. Chain. 2008
- Communication sur le protocole expérimental pour mesurer in situ le contraste visuel des bandes d'éveil de vigilance, pour la CNAVS-Afnor. C. Chain. 2008
- Public lighting specifications for visually impaired people : results from an experiment. C. Chain, C. Marty, M. Fontoynt, C. Franzetti. *Actes de conférences de la 26^{ème} session de la CIE, Pékin, juillet 2007*
- Visual detection of detectable warning materials by pedestrians with visual impairments. Final report prepared for the Federal Highway Administration. J. Jenness, J. Singer. 2006
- Commission Internationale de l'Éclairage. Contrast and visibility. 1992

Informations éditoriales

© Certu 2010
La reproduction
totale ou partielle
du document doit être
soumise à l'accord
préalable du Certu.

Maquette & Mise en Page :
Antoine Jardot
DADT - VIA
CETE Normandie Centre
02 35 68 89 33

Le Certu remercie le laboratoire des équipements de la rue de la Ville de Paris pour sa contribution au programme de mesures et à l'élaboration du protocole.

Crédits photos : Cyril Chain, sauf mentions particulières.

AUTEUR DE LA FICHE

Cyril Chain
Certu/VOI/CGR
04 72 74 59 35
Cyril.Chain@developpement-durable.gouv.fr

ONT ASSURÉ LA RELECTURE

Fabrice Lopez (*Cete Méditerranée*),
Maryvonne Dejeammes et Olivier Petiot (*Certu*),
Monique Breton et Pierre Leroy (*Ler - Ville de Paris*),
Bernadette Tella (*Direction de la Voirie - Ville de Paris*),
Gilles Bernardeau (*CERIB*),
Marc Courbot (*CU - Lille*).

CONTACTS AU Certu

Maryvonne Dejeammes
04 72 74 58 67
voi.certu@developpement-durable.gouv.fr