Buildwise

TABLEUR CONTRASTES

Connaissances de base

Tableur Contrastes

Connaissances de base

Version du 01/05/2017

TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction ..... - 1 -
2. Accessibilité et contrastes ..... - 2 -
3. Terminologie ..... - 4 -
   3.1. Contraste : ..... - 4 -
   3.2. Luminance : ..... - 4 -
   3.3. Contraste de luminance : ..... - 5 -
   3.4. Luminosité : ..... - 5 -
   3.5. Clarté : ..... - 6 -
   3.6. Facteur/coefficient de réflexion : ..... - 6 -
   3.7. Light Reflectance Value (LRV) : ..... - 6 -
   3.8. Valeur du tristimulus Y : ..... - 6 -
   3.9. Surface lambertienne : ..... - 7 -
   3.10. Colorimètre : ..... - 7 -
   3.11. Luminancemètre : ..... - 8 -
4. L'observateur ..... - 9 -
5. Contrastes ..... - 12 -
   5.1. Contraste de luminosité ou de couleur ..... - 12 -
   5.2. Différentes formules de contraste ..... - 12 -
      5.2.1. Formule 1 : C = « $LRV_1 – LRV_2$ » ..... - 13 -
      5.2.2. Formule 2 : C = « $L_1 – L_2/L_2$ » ..... - 13 -
      5.2.3. Formule 3 : $(L_1 – L_2)/(L_1 + L_2)$ ..... - 14 -
      5.2.4. Formule 4 : $(L_1 – L_2)/(0.5(L_1 + L_2))$ ..... - 15 -
      5.2.5. Formule 5 : $((250*|Y_2 – Y_1|)/(Y_1 + Y_2 + 25))$ ..... - 15 -
   5.3. Évolution vers une seule formule de contraste ? ..... - 16 -
   5.4. La feuille de calcul ..... - 18 -
6. Domaines d'application ..... - 19 -
   6.1. Orientation générale et circulation ..... - 19 -
      6.1.1. Contraste sol/mur : ..... - 19 -
      6.1.2. Signalisation : ..... - 20 -
      6.1.3. Points de repère ..... - 23 -
      6.1.4. Autres ..... - 23 -
   6.2. Fonctionnalité ..... - 24 -

6.2.1. Menuiserie - 24 -
6.2.2. Sanitaires - 25 -
6.2.3. Boutons et interrupteurs - 25 -
6.2.4. Mobilier - 26 -
6.2.5. Ascenseurs - 27 -
6.3. Sécurité - 29 -
6.3.1. Escaliers et différences de niveau - 29 -
6.3.2. Parois vitrées : - 33 -
6.3.3. Obstacles - 34 -
6.3.4. Lignes de guidage pour personnes aveugles - 36 -
7. Matériaux - 38 -
7.1. Quels matériaux - 38 -
7.2. Matériaux disponibles - 40 -
8. Méthodes de mesure - 42 -
8.1. Méthode 1 : Nuanciers - 42 -
8.2. Méthode 2 : Spectrophotomètre ou chromaspectromètre : - 42 -
8.2.1. Illuminant : - 43 -
8.2.2. L'observateur standard : - 43 -
8.2.3. Géométrie de mesure : - 43 -
8.2.4. Tête de mesure : - 45 -
8.2.5. Labo ou chantier ? - 46 -
8.3. Méthode 3: Luminancemètre - 46 -
8.4. Méthode 4 : Appareil photo - 47 -
9. Signalisation - 48 -
9.1. Normes existantes : - 48 -
9.2. Recherche : - 49 -
9.3. Rapport CIE 196 & DIN 32975 : - 49 -
9.4. Quelques exemples de calcul : - 51 -
9.4.1. Indication de direction - 52 -
9.4.2. Identification - 53 -
9.5. Précision importante : - 53 -
10. Multisensorialité - 55 -
11. Références - 56 -

12. Sources figures et tableaux ..... - 57 -
12.1. Figures ..... - 57 -
12.2. Tableaux ..... - 58 -

1. INTRODUCTION

La feuille de calcul des contrastes a été élaborée dans le cadre du trajet IWT/VIS intitulé « Groen Licht Vlaanderen 2020 ». Au cours de ce projet, des recherches ont été effectuées sur l'utilisation de la lumière et des couleurs pour permettre une meilleure accessibilité de l'environnement bâti ainsi que pour apporter des améliorations potentielles dans le cadre du logement adaptable et du logement des personnes âgées.

Quand on parle d'accessibilité, on pense souvent en premier lieu aux personnes se déplaçant en chaise roulante, pour lesquelles il est préférable d'éviter les seuils et de prévoir des portes suffisamment larges. Pourtant, l'accessibilité offre des solutions à un groupe de personnes bien plus étendu et les principes de la « conception universelle » sont bénéfiques pour tout utilisateur de l'environnement bâti. Bien que l'on y accorde relativement peu d'attention, les contrastes sont importants pour l'observation et l'utilisation de notre environnement bâti. Ils peuvent contribuer de manière générale au *caractère reconnaissable et à l'orientation dans un environnement bâti,* ils peuvent être utilisés de manière *fonctionnelle* pour accroître la facilité d'utilisation et, enfin, ils ont également un impact important sur la *sécurité,* grâce à une meilleure reconnaissance des différences de niveau ou des obstacles.

Ces trois domaines d'utilisation étendus ne sont pas seulement pertinents pour les personnes malvoyantes, mais pour toute personne utilisant l'environnement bâti. Les incidents tels que les chutes ou la non-perception de la signalisation sont souvent imputés à la distraction ou à l'inadvertance mais, outre les facteurs liés à la personne, l'environnement joue également un rôle, comme le montrent les figures ci-dessous. La mauvaise lisibilité du texte ou le fait que la différence de niveau ne soit pas perçue (en dépit d'un éclairage suffisant !), cela vaut pour tout le monde. La présence d'un contraste suffisant et correctement réalisé sera particulièrement profitable aux personnes malvoyantes. Il n'est donc pas surprenant que ce thème ait bénéficié d'une attention accrue dans les normes en matière d'accessibilité au cours des dernières années.

FIGURE 1 : SITUATIONS AVEC CONTRASTE INSUFFISANT : MÊME POUR LES PERSONNES AYANT UNE BONNE VUE, LE TEXTE DE GAUCHE EST DIFFICILEMENT LISIBLE ET LA DIFFÉRENCE DE NIVEAU À DROITE EST À PEINE PERCEPTIBLE

Toutes les illustrations dans ce texte sont données à titre d'information ; les affirmations relatives à une couleur déterminée à propos de valeurs LRV ou de luminances sont basées sur les mesures effectuées. Une représentation sur un écran d'ordinateur ou sur une impression ne correspond pas aux couleurs spécifiées.

2. ACCESSIBILITÉ ET CONTRASTES

Le Dossier CSTC 3.12/2009 « Éclairage et contrastes pour les personnes malvoyantes » évoquait déjà l'importance des contrastes et le fait qu'il existe diverses formules pour évaluer le contraste, de même qu'une variété de critères d'acceptation. À cet égard, trois éléments entrent en ligne de compte:

1. De quels contrastes l'utilisateur a-t-il « besoin » pour pouvoir utiliser aisément l'environnement bâti ? Il s'agit souvent d'une combinaison d'expériences et de données issues de recherches. Ce document présente un aperçu des deux.
2. Comment mesure-t-on le contraste, quelle formule utilise-t-on et quels appareils peut-on utiliser pour mesurer le contraste ?
3. Les critères d'acceptation présupposés sont-ils réalistes ? Ne va-t-on pas empêcher l'application de solutions courantes en fixant des exigences trop élevées ? Des aspects comme l'usure, la pollution, la décoloration et les précipitations ont un impact sur la perception des contrastes et influencent donc la force contraignante d'un résultat déterminé.

Étant donné cette complexité, il n'est dès lors pas étonnant qu'il existe une grande variété de domaines d'application, de formules de contraste et de critères d'acceptation. Un professionnel de la construction veut disposer d'informations univoques qu'il pourra utiliser aisément lors de la réalisation de projets de construction. À cette fin, il a été décidé d'élaborer la feuille de calcul en deux étapes, sur la base d'une étude de la littérature :

Version 1.0 :

Avec cette version de base, il est possible de vérifier un certain nombre d'applications issues de l'ISO 21542 (2011) et les critères d'acceptation imposés. Ces informations sont complétées par une détermination de la taille minimale des caractères conformément au rapport CIE 196 en fonction de l'âge. On peut consulter cette première version en cliquant sur le lien suivant.

Version 1.1 :

La demande de contrastes suffisants se retrouve dans différentes sources et dans divers documents de référence (voir Tableau 1). Au sein-même de l'Europe, on utilise de formules de contraste et des critères d'acceptation différents. À cette fin, on a développé une feuille de calcul offrant davantage de flexibilité sur le plan de la référence aux sources, des situations dans lesquelles les contrastes sont pertinents, des formules de contraste et des critères d'acceptation. Pour la signalisation aussi, on peut décider de choisir le dimensionnement en fonction des problèmes de vue, sérieux ou non. Cependant, une hausse de la flexibilité requiert aussi des connaissances préalables plus étendues lors de l'utilisation.

Voici une liste non exhaustive de documents spécifiant comment obtenir un contraste suffisant à l'aide d'une formule de contraste et d'un critère d'acceptation.

Norme	Pays	Formule de contraste		Un ou plusieurs critère(s) d'acceptation (1)
ISO 21542 (2011)	INT	$C = LRV_1 - LRV_2$	[points]	$C \geq 15$; $C \geq 30$; $C \geq 60$
BS 8300 (2009) BS 8493 (2010)	RU	$C = LRV_1 - LRV_2$	[points]	$C \geq 15$; $C \geq 20$; $C \geq 30$; $C \geq 70$
ISO 23599 (2012)(*)	INT	$C = [(L_1 - L_2)/(L_1 + L_2)]*100$	[%]	$C \geq 30$; $C \geq 40$; $C \geq 50$; LRV minimum = 40
DIN 32975 (2009) DIN 18040-1 (2010)	ALL	$C = [(L_1 - L_2)/(L_1 + L_2)]*100$	[%]	$C \geq 40$; coefficient de réflexion minimum = 0,5 $C \geq 70$
AS 1428-1 (2009)	AUS	$C = [(250*\|Y_1-Y_2\|/(Y_1 + Y_2 + 25)]$	[%]	$C \geq 30$
Guide des bonnes pratiques de mise en couleur (2009)	FR	$C = [(L1 - L2)/L2]*100$	[%]	$C \geq 50$; $C \geq 70$
Wallonie (Guide d'aide à la conception d'un bâtiment accessible/adaptable)	BEL	$C = [(L1 - L2)/L2]*100$	[%]	$C \geq 70$
Flandre (Lien – 01/05/2017)	BEL	$C = LRV1 - LRV2$	[points]	$C \geq 30$
D'autres normes reprennent des formules de contraste : *SN 521 500, NF P98-351, Önorm B 1600, ADAAG (version 1991),…*				
(1) Le critère d'acceptation varie en fonction de l'application. Ainsi, des éléments de plus petite taille (comme une signalisation) ou des éléments remplissant une fonction de sécurité (par exemple, des nez de marche) requièrent un plus grand contraste.				

TABLEAU 1 : DIFFÉRENTES FORMULES DE CONTRASTE ET DIFFÉRENTS CRITÈRES D'ACCEPTATION

Un certain nombre de termes du tableau ci-dessus nécessitent d'être clarifiés : qu'entend-t-on par « contraste » ? Quelle est la différence entre Light Reflectance Value (LRV), Luminance (L) et valeur Y ? Quel est le rapport entre ces termes et des notions telles que contraste de luminosité ou contraste de couleur ? La variété des formules de contraste et des critères d'acceptation montre également qu'il est insensé de les suivre aveuglément. La feuille de calcul des contrastes (version 1.1) permet d'évaluer un choix de couleur en RAL, NCS, etc. en fonction des formules de contraste et des critères d'acceptation énumérés ci-dessus (en respectant un certain nombre d'hypothèses clarifiées ci-dessous). L'objectif de la feuille de calcul n'est pas de définir une nouvelle norme ou un nouveau critère.

3. TERMINOLOGIE

3.1. CONTRASTE :

Source : RTV 01 (2001) – Guide du vocabulaire en éclairage, art. 2-32 contraste (C)

1. Au sens perceptif : Évaluation de la différence d'aspect de deux ou plusieurs parties du champ observé, juxtaposées dans l'espace ou dans le temps (d'où contraste de luminosité, contraste de clarté, contraste de couleur, contraste simultané, contraste successif, etc.).
2. Au sens physique : Grandeur associée au contraste de luminosité perçu, généralement définie par une formule faisant intervenir les luminances des stimulus considérés, par exemple : $\Delta L/L$ au voisinage du seuil de luminance, ou L_1/L_2 pour des luminances beaucoup plus élevées.

Des définitions plus détaillées de contrastes avec connaissances de base à propos des choix de certaines formules de contraste sont données dans le rapport CIE 95 « Contrast and visibility » (1992). La plupart des métriques de contraste sont issus de recherches effectuées dans le domaine de l'ophtalmologie ou de l'industrie de l'écran. Ces métriques, qui avaient au départ d'autres domaines d'application, sont désormais repris dans des normes sur l'accessibilité de l'environnement bâti. La recherche sur des métriques de contraste poussés plus proches de l'observation humaine[1] est encore en plein développement, mais pour les applications évoquées ici, seuls les métriques déjà repris dans les normes sur l'accessibilité des bâtiments sont retenus.

3.2. LUMINANCE :

Source : RTV 01 (2001) – Guide du vocabulaire en éclairage, art. 1-32 luminance (L_v ou L)
(dans une direction donnée, en un point donné d'une surface réelle ou fictive)

Quotient de l'intensité lumineuse élémentaire dl de la lumière émise, transmise ou réfléchie dans une direction donnée par un élément de surface dA, par l'aire de la projection de cet élément de surface sur un plan perpendiculaire à la direction considérée.

Unité : cd/m²

Notes :

1. *On peut également définir la luminance d'une source élémentaire comme le quotient de l'éclairement $dE_\perp$, produit par cette source et reçu en un point de la direction donnée, normalement perpendiculaire à celle-ci, par l'angle solide $d\Omega$ sous lequel l'élément source est vu de ce point. Sous cette forme, la notion de luminance peut être étendue au cas des sources sans surface définissable (ciel, brouillard), car son évaluation n'implique alors que des mesures pouvant s'effectuer du côté de l'observation.*
2. *Analytiquement, ces définitions s'expriment par les formules suivantes : $L = \frac{dI}{dA.\cos\theta}$*
   θ étant l'angle formé par la normale à la surface dA avec la direction considérée, ou $L = \frac{dE_\perp}{d\Omega}$
3. *Le Vocabulaire International de l'Eclairage et la norme NBN EN 12665-2000 définissent la luminance de la manière suivante : grandeur définie par la formule : $L = \frac{d\Phi_v}{dA.\cos\theta.d\Omega}$*
   où $d\Phi_v$ est le flux lumineux transmis par un faisceau élémentaire passant par le point donné et se propageant dans l'angle solide $d\Omega$ contenant la direction donnée ; dA est l'aire d'une section de ce faisceau au point donné ; θ est l'angle entre la normale à cette section et la direction du faisceau.
4. *La luminance est la contrepartie physique de la luminosité. C'est la mesure physique du stimulus qui produit la sensation de luminosité.*

Source : CSTC-Revue – Automne 2003

La luminance d'une surface est le rapport de l'intensité lumineuse de cette surface dans la direction d'observation à l'aire apparente de cette surface dans la direction considérée. Elle est exprimée en candelas par mètre carré (symbole cd/m²). Comme la notion d'intensité lumineuse, il s'agit d'une grandeur vectorielle qui tient compte de la direction d'observation. La luminance est une grandeur photométrique fondamentale, car c'est à cette dernière, et à elle seule, que notre œil est sensible. Elle traduit la sensation visuelle de luminosité créée par une source lumineuse, qu'elle soit principale (lampe, ciel) ou secondaire (toute surface éclairée).

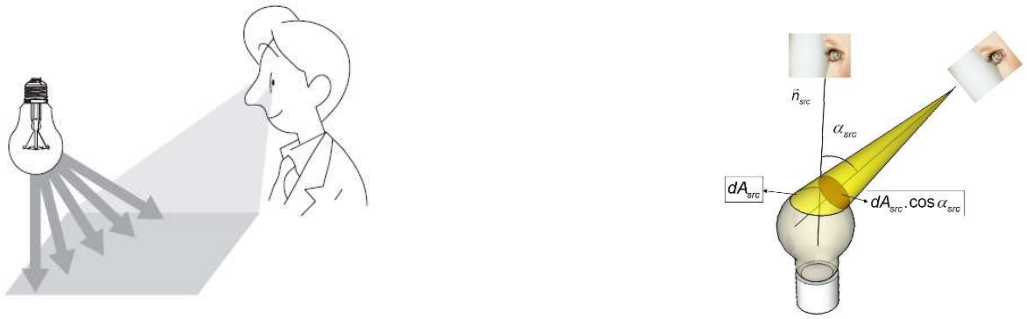


FIGURE 2 : ILLUSTRATION DE LA NOTION DE LUMINANCE ET DE SA DÉPENDANCE À LA DIRECTION

3.3. CONTRASTE DE LUMINANCE :

Source : RTV 01 (2001) – Guide du vocabulaire en éclairage, art. 7-33 contraste de luminance

Grandeur physique visant à établir une corrélation avec le contraste de luminosité, habituellement définie par des formules qui font intervenir les luminances des stimuli concernés.

Note : Le contraste de luminance peut être défini par le rapport $C_1 = L_2/L_1$, ou par la formule suivante*

$$C_2 = \frac{L_2 - L_1}{L_1}$$

Lorsque les surfaces de luminances différentes sont de dimensions comparables et qu'il est souhaitable de prendre une moyenne, la formule suivante peut être utilisée :

$$C_3 = \frac{L_2 - L_1}{0.5(L_2 + L_1)}$$

où : L_1 est la luminance du fond ou de la plus grande partie du champ visuel ; L_2 est la luminance de l'objet.

** Comme le montre le rapport CIE 95 « Contrast and visibility » et comme illustré plus loin dans ce document, il existe encore d'autres formules pour l'évaluation du contraste de luminance.*

3.4. LUMINOSITÉ :

Source : RTV 01 (2001) – Guide du vocabulaire en éclairage, art. 2-16 luminosité

Attribut d'une sensation visuelle selon lequel une surface paraît émettre plus ou moins de lumière. La luminosité est la contrepartie subjective de la luminance (lumineuse).

3.5. CLARTÉ :

Source : RTV 01 (2001) – Guide du vocabulaire en éclairage, art. 2-19 clarté, leucie

Luminosité d'une surface, jugée par rapport à la luminosité d'une surface éclairée de la même façon et qui paraît blanche ou possède un facteur de transmission élevé.

Note : Seules les couleurs non isolées (c'est-à-dire celles qui sont vues en même temps que d'autres couleurs voisines) possèdent une clarté.

3.6. FACTEUR/COEFFICIENT DE RÉFLEXION :

Source : RTV 01 (2001) – Guide du vocabulaire en éclairage, art. 4-54 facteur de réflexion

(pour un rayonnement incident de composition spectrale, polarisation et répartition géométrique données) (ρ)

Rapport du flux énergétique ou lumineux réfléchi au flux incident dans les conditions données.

Notes :

1. *$\rho = \rho_r + \rho_d$ = facteur de réflexion spéculaire + facteur de réflexion diffus*
2. *Le facteur de réflexion énergétique n'est pas identique au facteur de réflexion lumineux**
3. *Le facteur de réflexion dépend généralement de la direction et de la répartition spectrale de la lumière incidente ainsi que du degré de finition de la surface.*

** Le facteur de réflexion dépend également du type de source de lumière. Ainsi, une surface rouge peut avoir un facteur de réflexion de 90 % pour une lumière rouge et un facteur de réflexion de 0 % pour une lumière bleue.*

3.7. LIGHT REFLECTANCE VALUE (LRV) :

Source : BS 8493 (2010) – article 3.1 Light Reflectance Value (LRV)

Proportion of visible light reflected by a surface, weighted for the sensitivity to light of the human eye.

Note: This is equivalent to CIE Tristimulus Y_{10} when viewed under Illuminant D_{65} and when measured with the appropriate specimen and measurement geometry. Further details of the CIE Tristimulus values are given in CIE 15 (2004) and further details of the measurement of reflection are given in CIE 130 (1988).*

** Le BS 8493 fixe la géométrie de mesure de la Light Reflectance Value (LRV), un facteur de réflexion mesuré à l'aide d'un spectrophotomètre conforme aux spécifications suivantes : illuminant D65, 10° standard observer, géométrie d/8° et SCI (specular component included).*

3.8. VALEUR DU TRISTIMULUS Y :

Source : Rapport technique CIE 15.3 – Colorimétrie – Chapitre 7

The CIE Standard on standard colorimetric observers recommends that the CIE tristimulus values of a colour stimulus values of a colour stimulus be obtained by multiplying at each wavelength the value of the colour stimulus function $\phi_\lambda(\lambda)$ by that of each of the CIE colour-matching functions and integrating each set of products over the wavelength range corresponding to the entire visible spectrum, 360 nm to 830 nm. The integration can be carried out by numerical summation at wavelength intervals, , εθυαλ το 1 νμ.

$$X = k \sum_\lambda \phi_\lambda(\lambda)\bar{x}(\lambda)\Delta\lambda \qquad X_{10} = k_{10} \sum_\lambda \phi_\lambda(\lambda)\bar{x}_{10}(\lambda)\Delta\lambda$$

$$Y = k \sum_\lambda \phi_\lambda(\lambda)\bar{y}(\lambda)\Delta\lambda \qquad Y_{10} = k_{10} \sum_\lambda \phi_\lambda(\lambda)\bar{y}_{10}(\lambda)\Delta\lambda$$

$Z = k \sum_\lambda \phi_\lambda(\lambda)\bar{z}(\lambda)\Delta\lambda$ $\qquad$ $Z_{10} = k_{10} \sum_\lambda \phi_\lambda(\lambda)\bar{z}_{10}(\lambda)\Delta\lambda$

In the above equations $\phi_\lambda(\lambda)$ denotes the spectral distribution of the colour stimulus function. X, Y, Z are tristimulus values, $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$ are colour matching functions of a standard colorimetric observer, and k is a normalising constant. Each of these may be specified for the CIE 1931 standard colorimetric system by being written without a subscript, or for the CIE 1964 standard colorimetric system by the use of the subscript 10.

For reflecting (or transmitting) object colours, the colour stimulus function, $\phi_\lambda(\lambda)$, is replaced by the relative colour stimulus function, $\phi(\lambda)$, evaluated as:

$\phi(\lambda) = R(\lambda).S(\lambda)$

$R(\lambda)$ is the spectral reflectance factor (or spectral radiance factor or spectral reflectance) of the object colour.

$S(\lambda)$ is the relative spectral power distribution of the illuminant (which, whenever possible, should be one of the CIE standard illuminants)

3.9. Surface lambertienne :

Source : RTV 01 (2001) – Guide du vocabulaire en éclairage, art. 4-48 surface lambertienne

Surface idéale pour laquelle le rayonnement qui en provient a une luminance, énergétique ou lumineuse, de même valeur dans toutes les directions de l'hémisphère dans lequel la surface émet. Une surface de rayonnement lambertien est caractérisée par sa luminance, identique dans toutes les directions (Figure 4 en haut à gauche – réflexion diffuse).

Note : le rayonnement peut être produit par émission directe (source primaire), par réflexion ou par transmission (source secondaire).

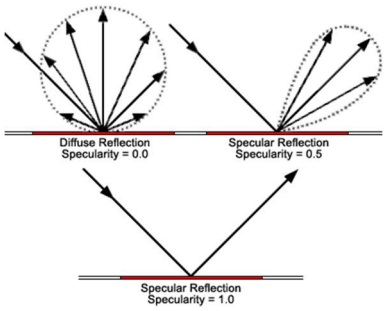


FIGURE 4 : SURFACE LAMBERTIENNE VS. SURFACE SPÉCULAIRE

FIGURE 3 : ILLUSTRATION DE SURFACE SPÉCULAIRE ET LAMBERTIENNE. LA SPÉCULARITÉ MODIFIE LA PERCEPTION DES COULEURS.

3.10. Colorimètre :

Sources :
RTV 01 (2001) – Guide du vocabulaire en éclairage, art. 5-79 colorimètre
Infofiche du CSTC N° 25 – Évaluation objective des variations de teinte

Appareil destiné à la mesure des grandeurs colorimétriques, telles que par exemple les composantes trichromatiques d'un stimulus de couleur. On en distingue deux types : les chromatomètres évaluent la lumière réfléchie à l'aide de trois filtres à large bande dont la sensibilité est proche de celle de l'œil humain. Les chromaspectromètres atteignent une courbe de réflexion spectrale totale bien plus précise.

En termes de géométrie de mesure, une distinction est simplement établie entre les mesures réalisées au moyen d'une source lumineuse directe (45°/0°) et celles réalisées à l'aide d'une source lumineuse diffuse (d/8°). Dans le premier cas (un angle d'éclairage de 45° est associé à un angle de mesure nul), la réflexion spéculaire est certes éliminée, mais la structure de la surface est prise en compte En cas de mesure à l'aide d'une source lumineuse diffuse (sous un angle de mesure de 8°), l'influence de la structure est neutralisée. Par ailleurs, la valeur mesurée est également influencée par l'illuminant (D65) et l'angle d'observation (10°/2°).

3.11. Luminancemètre :

Source :
RTV 01 (2001) – Guide du vocabulaire en éclairage, art. 5-78 luminancemètre

Appareil destiné à la mesure des luminances lumineuses.

Un luminancemètre est en général constitué d'une tête photométrique caractérisée par un faible champ de mesure angulaire et équipée d'un filtre correcteur V_λ et d'un récepteur photoélectrique. L'appareil comprend également un viseur (oculaire) permettant de visualiser le champ d'observation autour de la surface dont on mesure la luminance. Le courant photoélectrique est transmis à la partie électrique de l'instrument, qui en opère la mesure. L'affichage est directement exprimé en candelas par mètre carré.

4. L'OBSERVATEUR

Une grande partie des informations mentionnées ici proviennent de l'ouvrage intitulé « Measuring Colour », fourth edition, PY : 2011, Auteurs : R.W.G. Hunt & M.R. Pointer

Nous observons notre environnement à l'aide de nos sens. À cet égard, la perception visuelle représenterait 85 à 90 % des informations que nous traitons chaque jour[2],[3]. L'être humain est capable de distinguer plus de 10 millions de nuances de couleur différentes[4] faisant partie du spectre visuel représenté à la Figure 5. Cette observation est effectuée par l'œil humain, représenté de façon schématique à la Figure 6.

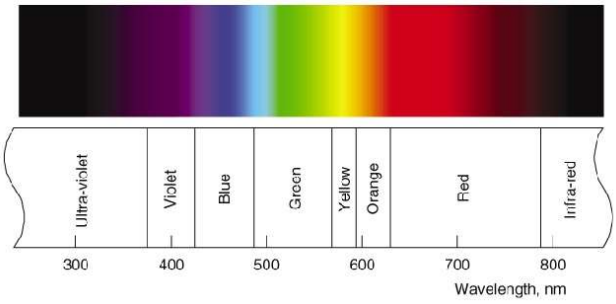


FIGURE 5 : REPRÉSENTATION APPROXIMATIVE DU SPECTRE VISUEL

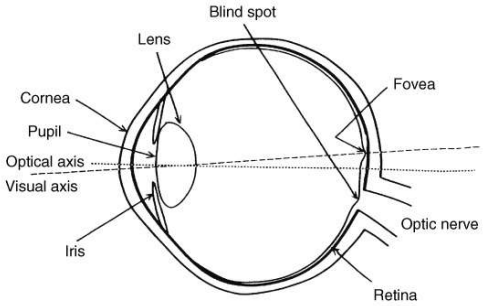


FIGURE 6 : COUPE DE L'OEIL HUMAIN

Trois éléments sont nécessaires pour pouvoir observer un objet : un objet, de la lumière et un observateur. La lumière reflétée sur l'objet arrive dans l'œil humain en passant par la pupille, ce qui rend l'observation possible. La pupille peut se rétrécir (beaucoup de lumière) ou se dilater (peu de lumière) en fonction de la quantité de lumière incidente. La taille de la pupille a toutefois un impact limité sur l'observation (Stiles-Crawford Effect). La cornée et le cristallin sont plus importants, puisqu'ils interviennent dans la focalisation de l'œil (avec quelle précision voit-on de près ou de loin ?). Avec l'âge, le cristallin perd de sa transparence, ce qui entraîne une légère diminution de la sensibilité à la lumière bleue. Chez les personnes souffrant de cataracte, le cristallin se trouble et se colore, ce qui entraîne à la fois une modification de la perception des couleurs et une diminution de la focalisation de l'œil.

Un autre élément intervenant dans l'observation est la rétine. La rétine se trouve à l'intérieur du globe oculaire, mais n'est pas uniforme sur toute la surface. Elle contient les cellules sensorielles de l'œil humain (les photorécepteurs). Les principaux photorécepteurs sont les bâtonnets et les cônes, les bâtonnets étant utilisés pour voir dans la pénombre et pendant la nuit (vue scotopique), tandis que les cônes sont munis de molécules de pigment et sont utilisés pour la perception des couleurs (vue photopique). Les bâtonnets et les cônes ne sont pas répartis de manière uniforme sur la rétine. Au centre, au niveau de la fovéa, on retrouve exclusivement des cônes (c'est au centre du champ de vision que l'on distingue le mieux les couleurs). Dès que l'on s'écarte de 40 ° de l'axe optique, il n'y a presque plus que des bâtonnets (au bord du champ de vision, on ne distingue plus que les mouvements et pas les couleurs). Il existe trois types de cônes : des récepteurs ρ, β et γ, comme représenté à la Figure 7. Les récepteurs β sont surtout sensibles à la lumière bleue, les récepteurs γ à la lumière verte/jaune et

les récepteurs ρ à la lumière orange. Ces trois récepteurs permettent de distinguer une grande variété de couleurs. Ces informations sont ensuite transmises, via le nerf optique, au cerveau où elles sont traitées. Bien que l'on ne sache pas encore vraiment comment cela fonctionne exactement, le schéma de la Figure 8 constitue une représentation acceptable de ce processus [4]. La perception visuelle peut donc être perturbée de différentes manières, tant au niveau de l'œil proprement dit que dans le traitement du signal envoyé au cerveau.

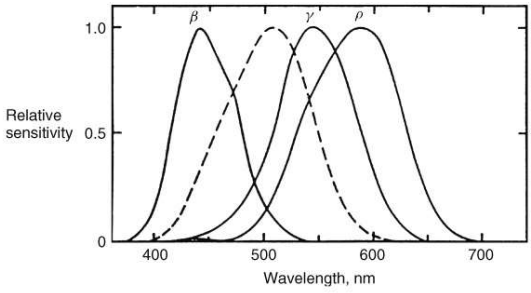


FIGURE 7 :
LIGNE EN POINTILLÉS : SENSIBILITÉ SPECTRALE DE L'ŒIL À LA VUE SCOTOPIQUE V'(λ)
LIGNES CONTINUES : L'ŒIL CONTIENT TROIS TYPES DE CÔNES (CELLULES NERVEUSES) PERMETTANT LA PERCEPTION DES COULEURS

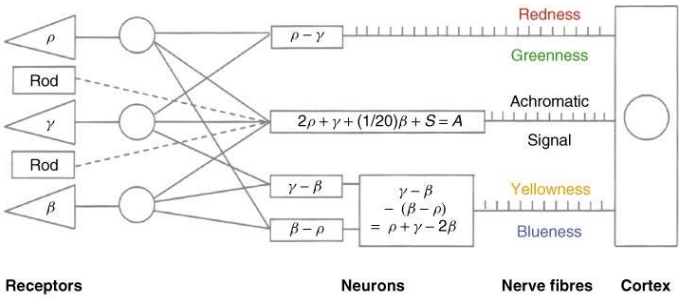


FIGURE 8 : DIAGRAMME SIMPLIFIÉ ET HYPOTHÉTIQUE DE LA LIAISON ENTRE LES CELLULES NERVEUSES DE L'ŒIL HUMAIN ET LE TRAITEMENT PAR LE CERVEAU

On peut conclure de la Figure 7 qu'il existe, pour la vue scotopique, une courbe de sensibilité spectrale de l'œil V'(λ) indépendante de la couleur de la source lumineuse. En cas de lumière du jour, ce sont surtout les trois cônes qui sont utilisés comme cellules sensorielles pour l'observation. La luminosité d'une source de lumière ou d'une surface donnée est donc aussi déterminée par ces trois types de cônes. On sait que la contribution des cônes β est limitée et que les courbes γ et ρ se chevauchent fortement. Contrairement à ce que laisse penser la Figure 7, les connaissances sont toutefois très limitées à propos de l'évolution précise de ces trois courbes. C'est pourquoi la CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) a déterminé de manière indirecte comment définir une couleur de manière univoque au moyen de 3 sources de lumière (Figure 10). Ces trois courbes ont ensuite été transformées (ou souhaitait toujours des valeurs positives) en valeurs du Tristimulus CIE X, Y & Z (1931). À cet égard, la valeur Y permet de mesurer la luminosité de la source de lumière : $Y_1/Y_2 = L_1/L_2$. Le $\bar{y}(\lambda)$ de la Figure 9 est donc identique à la courbe de sensibilité spectrale de l'œil V(λ) pour la vue photopique.

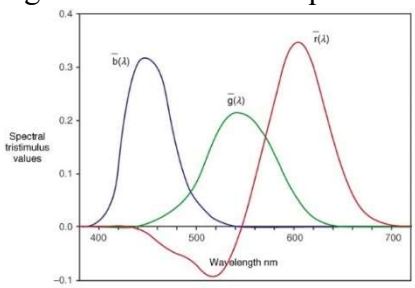


FIGURE 10 : LES COURBES $\bar{b}(\lambda)$, $\bar{g}(\lambda)$ ET $\bar{r}(\lambda)$ CONSTITUÉES POUR UNE SOURCE LUMINEUSE S_E ÉQUI-ÉNERGÉTIQUE SUR LA BASE D'UNE LUMIÈRE MONOCHROMATIQUE PRÉSENTANT DES LONGUEURS D'ONDE DE 700 NM, 546.1 NM & 435.8 NM. TOUTES LES COULEURS PEUVENT ÊTRE DÉFINIES À L'AIDE DE VALEURS R, G ET B CONSTITUÉES SUR LA BASE DES COURBES CI-DESSUS

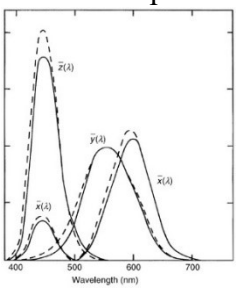


FIGURE 9 : TRANSFORMATION DES COURBES $\bar{b}(\lambda), \bar{g}(\lambda)$ en $\bar{r}(\lambda)$EN COURBES $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda)$en $\bar{z}(\lambda)$, DE SORTE QU'IL N'Y A PLUS DE VALEURS NÉGATIVES. COURBE DE SENSIBILITÉ SPECTRALE DE L'ŒIL $V(\lambda) = \bar{y}(\lambda)$

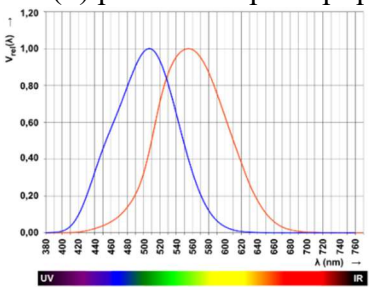


FIGURE 11 : COURBE DE SENSIBILITÉ SPECTRALE DE L'ŒIL NORMALISÉE POUR LA VUE SCOTOPIQUE $V'(\lambda)$ ET PHOTOPIQUE $V(\lambda)$

Les courbes V(λ) et V'(λ) ci-dessus ont été définies de manière univoque et sont reprises dans l'ISO 23539 (2005) sous forme de tableau, par nanomètre (de 380 à 780 nm) et, dans certains cas, jusqu'à 10 chiffres après la virgule (pour autant que l'on ait besoin d'un tel niveau de détail). Il s'agit de la sensibilité spectrale de l'œil de l'observateur standard à la vue photopique et scotopique. Ces courbes V(λ) sont utilisées pour mesurer des grandeurs de lumière comme les luminances (valeurs L), les coefficients de réflexion (valeurs LRV) et les valeurs Y (voir ci-dessus). Si on connait la source lumineuse (distribution spectrale) et la surface (surface opaque lambertienne, couleur surface), on peut donc calculer le contraste.

Dans son observation, chaque individu sera plus ou moins différent de l'« observateur standard » décrit plus haut. Des données ont également été collectées pour certains groupes d'utilisateurs. Ainsi, la NBN EN ISO 24502 contient les informations sur les courbes de sensibilité spectrale de l'œil afin de pouvoir déterminer un contraste de luminosité lié à l'âge de l'observateur, pour des sources lumineuses colorées. Les critères du Tableau 1 étant assez larges afin de tenir compte également des personnes malvoyantes, il est insensé d'utiliser ces courbes adaptées de sensibilité spectrale de l'œil dans ces formules. Elles permettent en revanche d'effectuer des calculs détaillés si on le souhaite.

Outre la modification de la perception due au vieillissement de l'œil humain, il existe encore de nombreuses restrictions visuelles pouvant avoir une influence sérieuse ou non sur la perception des contrastes : la cataracte, le glaucome, la dégénérescence maculaire… L'objectif n'est pas de les étudier en détail dans ce document-ci. Nous renvoyons le lecteur intéressé vers le rapport CIE n° 123 « Low Vision ».

5. CONTRASTES

5.1. CONTRASTE DE LUMINOSITÉ OU DE COULEUR

On peut conclure de la Terminologie (3.1 & 3.3) sur la notion de contraste qu'il existe plusieurs formes de contrastes. Les normes relatives à l'accessibilité (ISO 21542, BS 8300, DIN 18040-1,…) recourent principalement au contraste de luminosité ou contraste de luminance. L'introduction de ce chapitre a déjà démontré qu'il existe différentes formules de contraste. Ces formules utilisent notamment les variables suivantes : $\Delta Y/\Delta Y_{10}$, ΔL ou ΔLRV. On retrouve une exception dans le rapport CIE n° 196 « Guide pour améliorer l'accessibilité grâce à la lumière et à l'éclairage ». Ce guide utilise la « categorical colour perception », les couleurs étant réparties en un certain nombre de catégories de base (rouge, orange, jaune, vert-jaune, vert, bleu-vert, bleu, pourpre-bleu, pourpre, pourpre-rouge, blanc, gris, noir). On peut distinguer les couleurs appartenant à des catégories différentes. Le guide CIE n° 196 contient une délimitation de catégories dans le diagramme de Munsell en fonction de l'âge (vieux vs. jeune) et de l'éclairage (vue photopique vs. mésopique). Ces informations sont complétées par des tableaux indiquant quelles catégories de base se combinent bien, moyennement ou mal entre elles. La Figure 13 illustre cela au moyen d'un exemple. Le diagramme de Munsell est surtout utilisé aux États-Unis et la délimitation graphique est moins univoque qu'un critère spécifique comme représenté dans le Tableau 1. C'est pourquoi il a été décidé de ne pas intégrer (pour le moment) cette méthodologie dans la feuille de calcul à élaborer. Il conviendrait également d'ajouter à cette méthode un critère d'exclusion pour les personnes souffrant d'achromatopsie ou de daltonisme. Par exemple, la combinaison rouge/vert est connue comme étant difficile à distinguer pour ce groupe-cible. Ce problème ne se pose pas lorsque l'on travaille à partir de contrastes de luminosité.

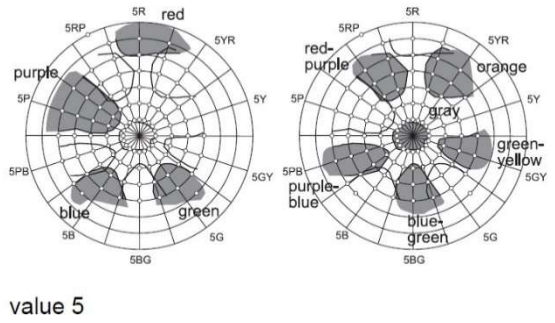


FIGURE 12 : RAPPORT CIE 196 : DÉLIMITATION DE CATÉGORIES DE COULEURS POUR LA VUE PHOTOPIQUE, POUR LES PERSONNES ÂGÉES DANS LE DIAGRAMME DE MUNSELL (VALUE 5)

	R	RY	Y	GY	G	BG	B	PB	P	RP	GRE	WHT	BLK
R		–	o	o	o	o	o	o	+	+	o	o	o
RY			+	o	o	o	o	o	+	+	+	o	o
Y				+	o	o	o	o	o	o	o	+	o
GY					+	+	o	o	o	o	+	+	+
G						–	+	o	o	o	+	o	+
BG							–	+	o	o	+	+	+
B								–	+	o	+	o	+
PB									+	+	+	o	+
P										+	+	o	+
RP											+	+	o
GRE												+	o
WHT													o
BLK													

o extremely high distinctiveness
+ moderate distinctiveness
– low distinctiveness

NOTE Abbreviation of colour names in the Table 12 are: (R) red, (RY) orange or red-yellow, (Y) yellow, (GY) green-yellow, (G) green, (BG) blue-green, (B) blue, (PB) purple-blue, (P) purple, (RP) red-purple, (GRE) grey, (WHT) white, (BLK) black.

FIGURE 13 : RAPPORT CIE 196, COMBINAISONS DE COULEURS FIGURE 12 À « EXTREMELY HIGH DISTINCTIVENESS » [°], « MODERATE DISTINCTIVENESS »[+] & « LOW DISTINTIVENESS » [-]

5.2. DIFFÉRENTES FORMULES DE CONTRASTE

La feuille de calcul des contrastes a été établie pour des surfaces réfléchissantes, diffuses et lambertiennes suffisamment éclairées de façon uniforme par un éclairage chromatiquement neutre (lumière blanche, lumière du jour).

Certaines des formules de contraste reprises dans le Tableau 1 utilisent des valeurs Y [0;100], d'autres des valeurs LRV [0;100] et d'autres encore des luminances L [0;∞[. On limite la portée de la valeur Y

(luminance relative) à [0;100] en assimilant la luminance d'un blanc de référence déterminé à 100. Les luminances peuvent être mesurées à la fois dans le cas de surfaces/sources de lumière réfléchissantes et lumineuses, mais les formules de contraste ne permettent pas toutes de tirer des conclusions sur la base des luminances. Ceci est illustré au moyen d'un exemple. Considérons deux surfaces réfléchissantes diffuses :

	R	G	B	LRV	
Surface 1	164	100	38	20	
Surface 2	100	202	193	50	

TABLEAU 2 : DEUX SURFACES DE RÉFÉRENCE UTILISÉES POUR LE CALCUL D'UN CONTRASTE AVEC DIFFÉRENTES FORMULES DE CONTRASTE

Supposons que ces surfaces sont soumises à un éclairement de 50 lx, puis de 200 lx. Étant donné que, pour les surfaces parfaitement lambertiennes, $L = \rho \times E/\pi$, on obtient :

- L_1(50 lx) = 3.18 cd/m²
- L_1(200 lx) = 12.73 cd/m²
- L_2(50 lx) = 7.96 cd/m²
- L_2(200 lx) = 31.83 cd/m²

Ces valeurs appliquées à différentes formules de contraste donnent le résultat suivant :

5.2.1. FORMULE 1 : C = « $LRV_1 – LRV_2$ »

Formule de G. Cook (ISO 21542/BS 8300/Vlaams Handboek Toegankelijkheid – lien (14/03/2017))

- $LRV_1 – LRV_2$ = 50 – 20 = différence de 30 points, la différence s'élève en théorie à 100 points maximum
- Si l'on remplace les LRV par des luminances : (situation 50 lx) ou 7.96-3.18 = 4.78 cd/m² ; (situation 200 lx) ou 31.83-12.73 = 19.1 cd/m². Dans ce cas, il n'est pas possible de tirer une conclusion du résultat obtenu.

Il s'agit de la formule utilisée dans la version de base de la feuille de calcul des contrastes – version 1.0

5.2.2. FORMULE 2 : C = « $L_1 – L_2/L_2$ »

La formule de Weber, la plus courante pour l'évaluation d'un contraste, établit un lien entre la taille des impulsions physiques et la perception qui s'y rapporte : $(L_1-L_2)/L_2$ ou $\Delta L/L$. C'est en raison de la loi de Weber que les critères de perception sensorielle ont souvent une échelle logarithmique, par exemple l'échelle des décibels en acoustique. La définition initiale de la formule Weber figure dans le rapport CIE 95 : $|L_t – L_b|/L_b$, L target (L_t) représentant la luminance de l'objet à observer et L background (L_b) la luminance du fond. On parle de contraste positif lorsque $L_t > L_b$ (par exemple un texte blanc sur un fond noir) et, à l'inverse, d'un contraste négatif lorsque $L_t < L_b$ (par exemple un texte noir sur fond blanc).

- Si $L_1 > L_2$, le contraste obtenu peut varier entre 0 et ∞;]0; ∞[
- Si $L_1 < L_2$, le contraste obtenu peut varier entre -1 et 0; [-1;0[

- Pour les situations décrites ci-dessus, cela donne donc :
  - Situation 50 lx : (3.18 - 7.96)/7.96 = -0.60 ou 60%
  - Situation 200 lx : (12.73 – 31.83)/31.83 = -0.60 ou 60%
  - Si l'on remplace les luminances par les valeurs LRV des deux surfaces, on obtient : (20-50)/50 = -0.60 ou 60%
- On obtient donc le même résultat, à condition que les données chiffrées soient « correctement » complétées. Si $L_1 > L_2$, on obtiendra en effet une valeur comprise entre 0 et ∞, à laquelle il est impossible d'attribuer un centile. Dans le cas d'un contraste positif, il faudra donc s'écarter de la formule du rapport CIE 95 : $|L_b-L_t|/L_t$ donne un résultat compris entre 0 & 1, qui peut être converti en pourcentage.

La formule de Weber présente un certain nombre d'inconvénients. Ainsi, le ratio de contraste constant (ΔL/L = Constante) ne s'appliquera pas à des luminances très faibles ou très élevées (voir le paragraphe 5.3). Il n'est donc pas étonnant que l'on obtienne assez vite un contraste satisfaisant avec cette formule pour des couleurs foncées, alors qu'il n'est en fait pas concluant et que l'on obtiendrait un meilleur contraste avec des couleurs plus claires offrant un contraste équivalent selon la formule de Weber. Cela vaut en particulier pour les éclairements/luminances très faibles, comme le montre la figure ci-dessous.

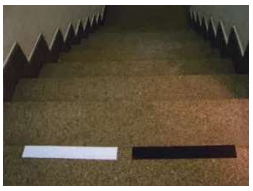
Couleur	Contraste	
LRV_1 = 16 **LRV_2 = 4**	C = 72%	
LRV_1 = 90 **LRV_2 = 26**	C = 71%	

TABLEAU 3 : CALCUL DU CONTRASTE CONFORMÉMENT À LA FORMULE DE WEBER – CONTRASTE ÉQUIVALENT ?

L'ISO 23599 impose dès lors une valeur minimale pour le coefficient de réflexion ou le LRV de la surface la plus claire. Il s'agit d'un complément de la formule de Weber visant à améliorer la visibilité en cas de couleurs foncées. La situation telle que présentée ci-dessus LRV_1 = 16 et LRV_2 = 4 devient dès lors impossible si l'on exige que la valeur LRV_1 soit au moins égale à 40. À noter également que si l'on applique la formule 1 dans la situation décrite ci-dessus, on obtient un ΔLRV pour la situation 1 égal à 16-4 ou 12 points et un ΔLRV pour la situation 2 de 90-26 ou 64 points, soit un contraste complètement différent ! Cela montre l'importance d'une définition de contraste correcte par rapport au critère.

5.2.3. *Formule 3 : $(L_1 – L_2)/(L_1 + L_2)$*

Formule de Michelson (DIN 18040-1, DIN 32975, ISO 23599)

- Si $L_1 > L_2$, le résultat est compris entre 0 et 1, si $L_2 > L_1$, alors le résultat est compris entre -1 et 0. Cette formule donne donc toujours un résultat que l'on peut exprimer en pourcentage en le multipliant par 100.
- Pour les situations décrites ci-dessus, cela donne donc :
  - Situation 50 lx : (7.96 – 3.18)/(7.96 + 3.18) = 0,43 ou (3.18-7.96)/(7.96+3.18) = 0,43

- Situation 200 lx : (31.83 – 12.73)/(31.83 + 12.73) = 0,43 ou (12.73 – 31.83)/(31.83 + 12.73) = 0,43
- Si l'on remplace les luminances par les valeurs LRV des deux surfaces : (50 – 20)/(50 + 20) = 0,43 ou (20-50)/(20+50) = 0,43

- Quels que soient les nombres de l'exemple que l'on utilise et leur interprétation dans la formule de contraste, on obtient donc toujours le même résultat, à savoir un contraste de 0,43.

Le formule de Michelson a pour inconvénient, tout comme la formule de Weber, de fournir assez rapidement un contraste satisfaisant en cas de couleurs foncées. Le DIN 32975 (2009) demande donc aussi que le coefficient de réflexion ou (LRV) de la surface la plus claire soit au moins de 50 points.

Couleur	Contraste	
LRV = 16 LRV = 4	C = 60%	[redacted]
LRV = 90 LRV = 26	C = 55%	

TABLEAU 4 : CALCUL DU CONTRASTE CONFORMÉMENT À LA FORMULE DE MICHELSON – CONTRASTE ÉQUIVALENT ?

5.2.4. *FORMULE 4 : $(L_1 – L_2)/(0.5(L_1 + L_2))$*

Formule de Bowman

Elle est comparable à la formule de Michelson, si ce n'est que l'on prend comme dénominateur la moyenne des deux luminances/valeurs LRV au lieu de les additionner. Les valeurs de contraste obtenues sont donc deux fois plus élevées que dans la formule de Michelson.

5.2.5. *FORMULE 5 : $((250*|Y_2 – Y_1|)/(Y_1 + Y_2 + 25))$*

Formule de Bowman – Sapolinski (AS 1428-1)

- LRV est l'équivalent de la valeur du Tristimulus Y_{10}, mesurée conformément aux spécifications du BS 8493 (voir le 3.7. Light Reflectance Value (LRV) :). De manière approximative ($Y \neq Y_{10}$), on pourrait donc aussi écrire la formule ci-dessus comme suit : $((250*|LRV_2 – LRV_1|)/(LRV_1 + LRV_2 + 25))$. En raison de la valeur absolue au numérateur, le résultat est indépendant du contenu de la formule (on peut échanger LRV_1 et LRV_2). Le résultat de cette formule variera entre 0 et 250.
- Pour la situation décrite ci-dessus, cela donne donc :
  - ((250*|50-20|)/(50+20+25)) = 79 ou ((250*|20-50|)/(20+50+25)) = 79
  - Si l'on remplace les valeurs LRV par des luminances :
    (situation 50 lx) ou ((250*|7.96-3.18|)/(7.96+3.18+25)) = 33;
    (situation 200 lx) ou ((250*|31.83-12.73|)/(31.83+12.73+25))=69,
    alors il n'est pas possible de tirer une conclusion du résultat obtenu.

Le dossier du CSTC n° 2009/03.12 « Éclairage et contraste pour les personnes malvoyantes » soulignait déjà l'existence de deux sortes de formules. Les formules qui calculent une différence absolue (formule 1) et, lors de la représentation graphique de LRV_1 par rapport à LRV_2, donnent deux

lignes parallèles (Tableau 5 - gauche). D'autres formules (formule 2, 3 & 4) sont des formules relatives, où le critère représenté dans le même graphique donne des lignes traversant la source (Tableau 5 - milieu). La dernière formule est une combinaison des deux approches (Tableau 5 – droite).

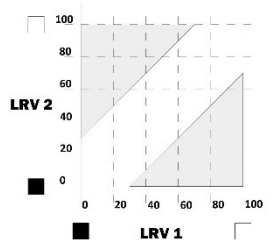
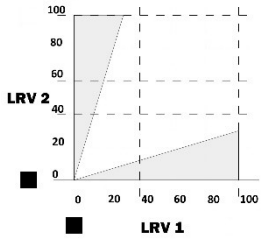
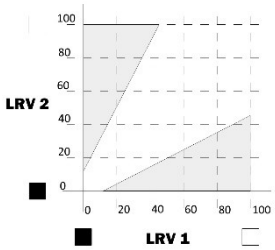
		

Illustration de $LRV_1 – LRV_2 \geq 30$ points Chaque point dans la zone grise représente 2 couleurs offrant un contraste suffisant selon ce critère	Illustration de $(LRV_1 – LRV_2)/LRV_2 \geq 70\%$. Chaque point dans la zone grise représente 2 couleurs offrant un contraste suffisant selon ce critère	Illustration de $((250*\|LRV_1 – LRV_2\|)/(LRV_1 + LRV_2 + 25)) \geq 80\%$. Chaque point dans la zone grise représente 2 couleurs offrant un contraste suffisant selon ce critère

TABLEAU 5 : REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DE QUELQUES FORMULES DE CONTRASTE

5.3. ÉVOLUTION VERS UNE SEULE FORMULE DE CONTRASTE ?

Les contrastes sont essentiels à la bonne perception de notre environnement. Ils sont au moins aussi importants qu'un éclairement élevé, un éclairage uniforme ou un bon rendu des couleurs. Cependant, la communication à propos des contrastes est rendue difficile par l'absence d'une formule de contraste univoque. En fait, un critère comme « un contraste de 30 % » n'aura aucun sens s'il n'est pas accompagné d'une formule de contraste. Afin de ne pas compliquer inutilement les choses, la version de base de la feuille de calcul des contrastes a tenu compte d'une seule formule de contraste – formule 1 : $C = LRV_1 – LRV_2$. C'est également cette formule qui est utilisée dans la norme internationale ISO 21542 « Building construction – accessibility and usability of the built environment ». La version 1.1 de la feuille de calcul permet de vérifier d'autres normes également et inclut donc plusieurs formules de contraste.

Il serait toutefois souhaitable d'évoluer vers une seule formule de contraste et un critère en fonction des paramètres influençant la perception du contraste. Dans le point 5.2.2, on a déjà indiqué qu'un ratio de contraste constant n'était valable que dans une portée limitée. La NBN EN ISO 9241-303 (2011)[5] propose un ratio de contraste adapté à la luminance la plus faible. Les trois formules permettant de calculer le ratio de contraste sont données ci-dessous et sont également représentées de manière graphique dans la NBN EN ISO 9241-303 (2011), qui conseille d'utiliser l'Option 3 pour les écrans et suppose pour cela un angle de $\alpha = 1'$.

- **Option 1** : $CR = L_H/L_L$ = constante – par exemple CR = 1:3 (comparable avec les formules 2,3 & 4)
- **Option 2** : $CR = 1 + 10*L_L^{-0.55}$ (le ratio de contraste n'est pas une constante, mais ne tient pas encore compte de la luminance la plus faible), on s'écarte de la proportionnalité telle que présentée dans la formule de Weber (voir le paragraphe 5.2.2)

- **Option 3** : CR = 1 + k $\bar{C}$, avec $\bar{C} = \frac{L_H - L_L}{L_L} = \bar{C}_{min} \times f_1 \times f_2 = 0.00275 \times f_1 \times f_2$, dans cette formule, on trouve pour
  - $f_1 = \left(\frac{L_L}{0.158}\right)^{-0.484}$
  - $f_2 = 1 + \left(\frac{\alpha_0}{\alpha}\right)^2$, où $\alpha_0 = 7.5 + 133\left[1 - \frac{1}{1+\left(\frac{L_L}{0.0075}\right)^{-0.383}}\right]$
  - Cette formule tient également compte de α, une mesure de la répartition spatiale du contraste, comparable à la valeur CPD (Cycles Per Degree)

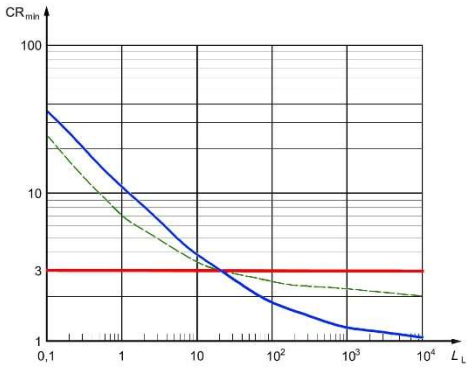


FIGURE 14 : TROIS RATIOS DE CONTRASTE REPRÉSENTÉS DANS UN SEUL GRAPHIQUE : OPTION 1, OPTION 2 ET OPTION 3 (A = 1')

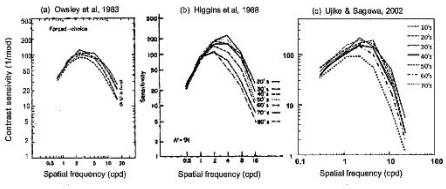


FIGURE 15 : SELON LE RAPPORT CIE 196 : CONTRAST SENSITIVITY FUNCTION (CSF) CONFORMÉMENT À TROIS SOURCES, EN FONCTION DE L'ÂGE ET DES CPD (CYCLES PER DEGREE)

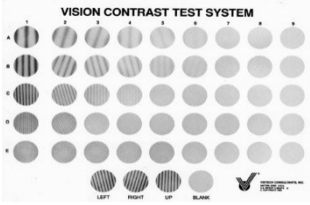


FIGURE 16 : MÉTHODE D'ESSAI POUR LA DÉTERMINATION DE LA SENSIBILITÉ AUX CONTRASTES D'UNE PERSONNE ET POUR LA DÉTERMINATION DE LA CSF

La dernière option a été définie de manière expérimentale et semble le plus tenir compte des paramètres qui ont effectivement un impact sur la perception des contrastes : la luminance de la surface la plus claire (plus la luminance de cette surface est faible, plus le ratio de contraste doit être élevé) & les Cycles Per Degree (CPD), ou le niveau de détail avec lequel on peut distinguer différentes choses. La Figure 16 présente une méthode d'essai pour la détermination de la Contrast Sensitivity Function (CSF) d'un individu : 5 lignes à fréquence croissante (CPD) de haut en bas et 9 colonnes à contraste décroissant. Les résultats de ce test peuvent ensuite être représentés en tant que CSF, comme indiqué à la Figure 15. Plusieurs courbes y sont représentées en fonction de l'âge. Il en ressort également que la sensibilité aux contrastes diminue fortement avec l'âge, en particulièrement dans le cas de fréquences plus élevées. Lorsque les lignes de la Figure 16 se rapprochent les unes des autres, on a donc besoin d'un plus grand contraste pour pouvoir les distinguer. Le paramètre de l'âge n'a pas encore été pris en compte lors de l'élaboration du graphique pour l'**Option 3**.

La description ci-dessus illustre la complexité de la perception des contrastes. À cet égard, le cas d'un écran (NBN EN ISO 9241-303) est encore relativement simple, dans la mesure où la distance d'observation est relativement constante (détermination facile de la valeur α nécessaire). Par contre, l'environnement bâti se caractérise par une grande variété d'applications et de situations. Il est cependant recommandé de parvenir à une seule formule de contraste tenant compte de ces différents aspects, qui peut éventuellement être simplifiée mais part toujours de la même hypothèse de départ. Pour le moment, nous partons de la situation telle qu'elle se présente aujourd'hui : une variation de formules de contraste et de critères dans différentes normes et directives.

Enfin, il existe également des formules calculant le contraste de surfaces ou de figures complexes. Elles évaluent la « valeur de contraste » d'une figure ou d'une image déterminée. Ces formules ne font pas partie du champ d'application de ce document.

5.4. LA FEUILLE DE CALCUL

La luminance est une notion issue de la photométrie. Le coefficient de réflexion ou LRV est utilisé aussi bien en photométrie qu'en colorimétrie. Les professionnels de la construction tels que les entrepreneurs ou les architectes ne maîtrisent pas bien les notions telles que le LRV ou le coefficient de réflexion. Ils spécifient les couleurs au moyen de systèmes de classification (NCS, Munsell...) ou de communication des couleurs (RAL, Pantone...). En principe, chaque couleur d'un système de classification des couleurs ou d'un système de communication des couleurs peut se voir attribuer une valeur LRV, assurément lorsque la procédure de mesure est connue. C'est dès lors ce qui a été réalisé dans la feuille de calcul des contrastes. Sur la base d'une formule de contraste et d'un critère d'acceptation, on peut choisir deux couleurs en RAL, NCS, etc. et vérifier si ce choix de couleurs répond aux exigences posées.

6. DOMAINES D'APPLICATION

Outre le critère d'acceptation et la formule de contraste, la principale question est de savoir dans quelles situations il y a lieu de prévoir un contraste. Dans l'introduction, on a déjà évoqué l'existence de trois grands domaines.

1. Orientation générale et circulation dans l'environnement bâti
2. Fonctionnalité
3. Sécurité d'utilisation

La concrétisation de ces objectifs généraux est en partie déterminée par la créativité du concepteur et par les souhaits du maître d'ouvrage. On peut toutefois, dans ces applications générales, isoler un certain nombre de situations dans lesquelles il est possible de décrire plus en détail la meilleure façon d'appliquer le contraste ou d'améliorer une situation existante :

1. Orientation générale et circulation : contraste sol/mur, signalisation, points de repère...
2. Fonctionnalité : menuiserie, sanitaires, boutons-poussoirs et interrupteurs, mobilier, ascenseurs...
3. Sécurité[1] : Différences de niveau, obstacles, parois vitrées...

Quelques-uns de ces domaines d'application sont brièvement décrits ci-dessous. On illustre, à l'appui de quelques exemples à suivre, comment appliquer le contraste de manière optimale. D'autres exemples peuvent être qualifiés de « tentatives louables » tandis que d'autres situations encore comportent un danger plutôt que d'apporter une sécurité supplémentaire. Ce chapitre indique « comment » et « où » appliquer des contrastes.

6.1. ORIENTATION GÉNÉRALE ET CIRCULATION

6.1.1. CONTRASTE SOL/MUR :

Cela paraît évident, mais un contraste suffisant entre le sol et le mur constitue déjà, en soi, une aide utile pour évaluer les dimensions générales d'une pièce. En effet, l'orientation et la circulation commencent par une bonne conscience de l'espace. Les surfaces brillances ou les surfaces présentant

FIGURE 18 : SOL EN CONTRASTE AVEC LES MURS

FIGURE 19 : MAUVAIS EXEMPLE : LE TAPIS POSÉ EN INDÉPENDANCE ET L'ASPECT BRILLANT ONT UN EFFET NÉGATIF SUR LA PERCEPTION DES CONTRASTES

FIGURE 17 : LES CONTRASTES DANS CETTE SITUATION SONT-ILS INTERPRÉTÉS COMME DES LIGNES DE GUIDAGE OU COMME DES DIFFÉRENCES DE NIVEAU ?

des schémas prononcés peuvent gêner les personnes malvoya

[1] La signalisation de sécurité n'est pas prise en considération ici : elle est déjà soumise à des normes strictes répondant largement aux critères définis dans ce document (couleurs de sécurité : vert/blanc, rouge/blanc, bleu/blanc, noir/jaune)

considèrent comme des différences de niveau. Cette problématique est abordée en détail dans d'autres documents et n'est pas approfondie ici.

6.1.2. SIGNALISATION :

La signalisation est l'un des moyens pouvant être utilisés en soutien de l'orientation et de la circulation dans les bâtiments. Le caractère reconnaissable et compréhensible de la signalisation est influencé par de très nombreux facteurs. Un chapitre distinct a dès lors été consacré à cette question. Ici, seul l'aspect relatif aux contrastes est abordé.

Opaque ou lumineux ?

On opère une distinction entre les surfaces réfléchissantes opaques (la signalisation telle que représentée à la Figure 22), la signalisation représentée à la Figure 20 et les journaux lumineux (Figure 21). La feuille de calcul des contrastes a seulement été élaborée pour les surfaces lambertiennes, réfléchissantes et opaques (voir le chapitre 7. Matériaux).

Les journaux lumineux ne sont pas pris en considération : outre le contraste et le caractère, la rapidité avec laquelle le texte défile et la quantité d'informations influenceront aussi la lisibilité et le caractère compréhensible du message.

Une signalisation lumineuse ne peut pas non plus être évaluée à l'aide de la feuille de calcul des contrastes. Le fonctionnement d'une signalisation lumineuse est fondamentalement différent de celui de surfaces réfléchissantes. Comme dans le cas d'écrans, une plus grande quantité de lumière incidente va davantage gêner la perception des contrastes qu'y contribuer.

Prenons par exemple la formule de contraste de Weber ($(L_1 – L_2)/L_2$). On a constaté au chapitre 2.2 que, pour les surfaces considérées, le contraste était de 60 % aussi bien à 50 lx qu'à 200 lx. Cependant, dans le cas de surfaces lumineuses, la formule change et devient : $[((L_1+L_x)-(L_2+L_x))/(L_2+L_x)] = [(L_1-L_2)/(L_2 + L_x)]$. Supposons par exemple que la deuxième surface est lumineuse et que la luminance L_x est égale à 20 cd/m² en raison de la lumière incidente. Dans ce cas, le contraste diminue comme suit :

- Situation 1 : (12.73 - 31.83)/31.83 = 60%
- Situation 2 : [((12.73 + 20) – (31.83 + 20))/(31.83 + 20)] = 36.9%

Idem pour la formule de Michelson :
$[(L_1 – L_2)/(L_1 + L_2)]$ devient $[((L_1 + L_x) – (L_2 + L_x))/((L_1 + L_x) + (L_2 + L_x))] = [(L_1 – L_2)/(L_1 + L_2 + 2L_x)]$

- Situation 1 : (31.83 – 12.73)/(12.73 + 31.83) = 43%
- Situation 2 : (31.83 – 12.73)/(31.83 + 12.73 + 2*20) = 23%

La principale conclusion à titre du calcul ci-dessus est que le contraste est indépendant de la quantité de lumière incidente dans le cas de surfaces réfléchissantes, diffuses et opaques : on obtient, tant dans la situation à 50 lx que dans la situation à 200 lx, un contraste de 60 % selon la formule de Weber et un contraste de 43 % conformément à la formule de Michelson. En revanche, le contraste est fonction de la distribution de la lumière : en effet, l'effet d'ombrage peut fortement nuire à la perception des

contrastes ! Dans le cas de surfaces lumineuses ou éclairées, la perception des contrastes est bel et bien influencée (négativement) par la quantité de lumière incidente. Pour une telle signalisation, il convient de tenir compte de la situation la plus défavorable. La Figure 20 illustre l'effet de la lumière du soleil incidente et de l'ombrage sur la lisibilité de la signalisation lumineuse.

FIGURE 20 : EXEMPLE D'UN JOURNAL LUMINEUX DIFFICILEMENT LISIBLE EN RAISON DE LA LUMIÈRE INCIDENTE

FIGURE 20 : EXEMPLE D'UN JOURNAL LUMINEUX

Un même contraste, avec tout de même une variation dans la quantité de lumière incidente :

On pourrait conclure du raisonnement ci-dessus pour les surfaces réfléchissantes opaques que la visibilité de la signalisation (panneaux de signalisation ordinaires) est indépendante de la quantité de lumière : en effet, le contraste reste identique. Ce n'est bien entendu pas le cas. De manière implicite, nous sommes toujours partis du principe que la lumière incidente sur la surface était suffisante (par ex. 100 lx) pour permettre une bonne perception du contraste. À noter également la forte augmentation, en principe, du ratio de contraste nécessaire à la Figure 14 en cas de luminances faibles et sa diminution en cas de luminances élevées. La signalisation est souvent sous-éclairée, étant placée juste sous le plafond, contre des murs ou d'autres surfaces, etc. Dans la Figure 22, par exemple, la quantité de lumière incidente sur le panneau supérieur (juste sous le plafond) sera déjà un peu moins importante que sur les panneaux inférieurs. Bien que de telles évaluations des détails soient difficilement réalisables dans la pratique (on partira généralement du principe que l'éclairage est suffisant), la feuille de calcul des contrastes permet de réaliser un tel calcul détaillé. De plus, les évolutions du BIM (Building Information Modelling) ou des programmes de calcul de la lumière (DIALx, DIALux evo, Radiance,…) permettront peut-être à l'avenir d'effectuer plus simplement ce genre d'évaluations.

La méthode est décrite dans le rapport CIE 196 « Increasing accessibility in light and lighting ». L'hypothèse de départ est toujours un texte noir sur fond blanc. Il s'agit du contraste maximum, soit un peu plus que le contraste décrit et illustré dans le Tableau 6. Pour la signalisation, on demande des contrastes assez élevés mais, bien entendu, cela ne nécessite pas toujours de prévoir une combinaison noir/blanc (Figure 22). Comme dans le DIN 32975, on part ici du principe qu'un contraste approximatif de C = 70% (formule 3) ou C = 60 points (formule 1 conformément à l'ISO 21542) suffit pour suivre le raisonnement du rapport CIE 196 (9. Signalisation).

Contraste minimum pour la signalisation selon différentes sources (pour les formules de contraste – voir le Tableau 1)					
ISO 21542 (2011)	C = 60 points	**Texte**	**Texte**	**Texte**	**Texte**
BS 8300 (2009)	C = 70 points				
DIN 32975 (2010)	C = 70%	Noir	NCS B 60 30	NCS R50B 50 40	NCS Y80R 10 85
AS 1428-1 (2009)	C = 30	Blanc	NCS B 05 20	NCS R50B 10 5	NCS Y40R 05 10
SN 521 500	C = 60%	Quatre combinaisons texte/fond avec un ΔLRV ≥ 60. Bien que le rapport CIE 196 se base sur un contraste noir/blanc, on suppose ici, comme dans le DIN 32975, que les autres combinaisons sont équivalentes pour la détermination de la taille des caractères.			

TABLEAU 6 : CONTRASTE POUR LA SIGNALISATION

La signalisation de sécurité ne fait pas partie du champ d'application de ce document et de la feuille de calcul des contrastes. Les exigences relatives à la signalisation de sécurité sont fixées d'une part dans l'AR du 17/07/1997 concernant la signalisation de sécurité et de santé au travail et d'autre part dans la série de normes ISO 3864-1 à 4[6]–[9] et la norme NBN EN ISO 7010. Ces documents déterminent les couleurs à utiliser (vert, rouge, bleu, jaune, noir et blanc), à savoir des couleurs offrant un contraste suffisant.

6.1.3. POINTS DE REPÈRE

En 1960, Kevin A. Lynch évoquait déjà, dans son ouvrage de référence intitulé « The Image of the City », l'importance des points de repère comme aide à l'orientation dans l'environnement bâti. Les éléments pouvant servir de points de repère sont très diversifiés. Toutefois, on doit toujours pouvoir y faire référence de façon univoque et ces éléments doivent contraster avec leur environnement. En l'occurrence, le contraste doit être interprété au sens le plus large du terme. Il peut donc s'agir de formes, de dimensions, de styles, de couleurs... On peut distinguer les « distant landmarks » (points de repère lointains) qui fonctionnent un peu comme une boussole (par exemple, la tour d'une église) et les « local landmarks » (point de repère locaux) qui ont une fonction plus locale et pour lesquels on peut également jouer sur le contraste des couleurs/luminances. Les points de repère locaux sont beaucoup plus utilisés que les points de repère distants dans le cas d'une représentation mentale d'un environnement bâti : ils constituent une aide pratique comme points de reconnaissance.

FIGURE 23 : EXEMPLES DE POINTS DE REPÈRE PAR LE BIAIS DE FORMES, DE DIMENSIONS ET DE CONTRASTES. IL S'AGIT DE POINTS DE RECONNAISSANCE CONTRIBUANT À LA REPRÉSENTATION MENTALE DE L'ENVIRONNEMENT BÂTI

6.1.4. AUTRES

Les exemples énumérés ci-dessus montrent comment utiliser les contrastes pour faciliter l'orientation générale et la circulation dans l'environnement bâti. Cette description est assez large : les exemples décrits plus loin peuvent donc aussi contribuer à la réalisation de cet objectif. Le contraste entre une porte et le mur peut être considéré d'un point de vue purement fonctionnel – le fait de retrouver et de reconnaître une porte – mais peut aussi être utilisé en soutien de l'orientation et de la circulation dans un bâtiment – toutes les portes du 4e étage sont vertes, toutes les portes du 3e sont rouges,...

6.2. FONCTIONNALITÉ

Les contrastes fonctionnels ont un objectif « un pour un » assez univoque : quel est le niveau de visibilité de différents objets usuels dans l'environnement bâti et accroît-on de cette manière le confort d'utilisation, en particulier pour les personnes malvoyantes ? Les contrastes ayant un impact spécifique sur la sécurité d'utilisation de l'environnement bâti (parois vitrées, différences de niveau, obstacles...) sont abordés au paragraphe 6.3. Il y a bien entendu un chevauchement avec les applications fonctionnelles abordées ici.

6.2.1. MENUISERIE

Une application très courante consiste à faire contraster les portes ou la menuiserie avec leur environnement. De cette manière, ces éléments peuvent servir de points de repère, de sorte qu'ils sont non seulement plus visibles, mais sont aussi reconnus plus rapidement dans un environnement complexe. À l'inverse, des portes qui ne sont pas destinées aux utilisateurs (par exemple les accès vers des locaux techniques, des couloirs de service, etc.) peuvent être de la même couleur que le mur sur lequel elles sont appliquées.

L'application optimale du contraste sur les portes intérieures détermine en partie la visibilité de ces dernières pour une personne malvoyante. Les descriptions ci-dessous le montrent :

ISO 21542 – art. 18.1.7 Visual contrast of doors and door furniture to the wall

« Doors forming part of an accessible path of travel shall have a difference in light reflectance value to doorframe and the surrounding wall of not less than 30 points, as described in Clause 35. The minimum width of the area of visual contrast shall be 50 mm. If this is not possible to achieve, a marking of at least 50 mm width (e.g. around the frame of the door), with a different visual contrast from the wall (with a minimum difference in LRV of not less than 30 points) shall surround all the perimeter of the door (see Figures 27 and 29). »

« There should be a visual contrast between the door leaf and the handle of at least 15 points. »

Guide d'aide à la conception d'un bâtiment accessible – Partie IV : équipements – Porte et châssis

« Porte contrastée par rapport à son environnement immédiat (feuille de porte contrastée par rapport au chambranle de porte, par rapport au mur et par rapport à la quincaillerie) selon les normes de la fiche « signalétique », de manière à ce que les personnes déficientes visuelles les repèrent facilement. »

« Le contraste est la différence d'intensité de couleur entre des zones présentées simultanément dans le champ visuel. Pour obtenir un contraste d'au moins 70% (valeur recommandée), la couleur la plus pâle doit avoir un indice de réflexion de la lumière égal ou supérieur à 70% de celui de la couleur la plus foncée. »

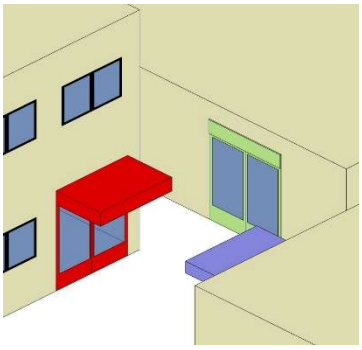


FIGURE 24 : ACCÈS COMME POINTS DE REPÈRE À L'AIDE D'UN CONTRASTE DE COULEURS

FIGURE 25 : PAS DE DOUTE POSSIBLE SUR L'EMPLACEMENT DE L'ENTRÉE

FIGURE 26 : LES PORTES ACCESSIBLES CONTRASTENT, LES AUTRES SONT DE LA MÊME COULEUR QUE LE MUR

FIGURE 27 : CONTRASTE ENTRE UNE QUINCAILLERIE DE PORTE ERGONOMIQUE ET UN PANNEAU DE PORTE

6.2.2. SANITAIRES

Comme dans le cas de la menuiserie, on peut aussi accroître la facilité d'utilisation des sanitaires en prévoyant un contraste suffisant entre les appareils et leur environnement, en complétant par un éclairage suffisant et uniforme. De nouveau, le mode d'application du contraste aura un impact sur la visibilité, comme le décrivent les sources suivantes :

ISO 21542 – art. 26.3 Wheelchair use accessible toilet rooms & 26.12 Urinals

« Fixtures and fittings in sanitary facilities should visually contrast with the items and surface on which they are positioned. The minimum illumination measured at 800 mm above floor level shall be 200 lx in the area of the washbasin. The floor surface shall be slip resistant, anti-glare and firm. »

« Urinals should contrast visually with the wall to which they are attached. »

Les figures ci-dessous présentent quelques exemples à suivre.

FIGURE 28 : EXEMPLES DE CONTRASTES DANS LE LOCAL SANITAIRE

6.2.3. BOUTONS ET INTERRUPTEURS

Les boutons et les interrupteurs existent dans une grande variété de tailles et d'exécutions. Outre l'aspect ergonomique général permettant de saisir et d'actionner facilement des boutons et des interrupteurs, on demande également d'améliorer leur visibilité en prévoyant un contraste suffisant. Les boutons d'alarme en cas d'incendie constituent un bon exemple : ils sont souvent de couleur rouge, de sorte qu'ils contrastent généralement bien avec les finitions intérieures fréquemment appliquées.

On peut aussi améliorer la visibilité d'autres boutons et interrupteurs en appliquant des contrastes. Pour les personnes malvoyantes, il existe également des accessoires permettant d'améliorer la visibilité moyennant de petites adaptations, comme illustré à la Figure 29.

FIGURE 32 : BOUTONS D'ALARME CONTRASTANT AVEC LE MUR

FIGURE 30 : PETITES ADAPTATIONS AMÉLIORANT LA VISIBILITÉ D'INTERRUPTEURS

FIGURE 31 : CONSOLE AVEC BOUTONS-POUSSOIRS VISIBLES POUR ASCENSEURS

FIGURE 29 : TECHNOLOGIE D'ASSISTANCE SIMPLE AMÉLIORANT LA VISIBILITÉ DE LA PLAQUE DE CUISSON

6.2.4. MOBILIER

Le mobilier est beaucoup plus sujet au changement et à des modifications tout au long de la durée de vie du bâtiment. Cependant, il est également possible de mieux distinguer les meubles de leur environnement en prévoyant un contraste suffisant. On peut opérer une distinction entre le mobilier de rue (poteaux, bancs, boîtes aux lettres, poubelles,…) et le mobilier intérieur (tables, armoires, chaises,…). Sur le plan de la sécurité, des exigences sont surtout fixées en matière de visibilité du mobilier extérieur. Toutefois, la visibilité de l'environnement intérieur peut aussi être améliorée par un contraste suffisant. De plus, tout comme la menuiserie, les meubles peuvent aussi être utilisés comme points de repère, comme représenté à la Figure 34.

FIGURE 33: MOBILIER EN CONTRASTE AVEC L'ARRIÈRE-PLAN

FIGURE 34 : MOBILIER EN CONTRASTE AVEC L'ARRIÈRE-PLAN : LA COULEUR JAUNE SERT DE POINT DE REPÈRE, DANS LA MESURE OÙ CHAQUE ÉTAGE A SA PROPRE COULEUR

6.2.5. ASCENSEURS

La NBN EN 81-70 (2003)[10] soulignait déjà, dans différents points, l'importance du contraste. Cependant, contrairement aux documents ultérieurs, elle ne le quantifie pas : on y parle de « contraste suffisant » si l'on peut distinguer les différents éléments sur une photo en noir et blanc. Pour la quantification du contraste, cette méthode est subjective, mais la description de situations dans lesquelles il y a lieu de prévoir un contraste n'est pas moins pertinente pour autant :

- Table 2 – control devices – requirements: identification of active part of buttons → identifiable visually (by contrast) and by touch (relief) from face plate or surrounds
- Table 2 – control devices – Identification of face plate → colour contrast to its surrounds
- Art. 5.4.3.4 – For lifts with destination control systems → each lift shall individually be marked. The marking shall be placed directly above the landing door. The designation marking shall have a height of at least 40 mm and be contrasted to its surround.
- Annex E.5 – Landing:
  - The colour and tone *of the doors should contrast with the surrounding wall* finish to assist location of doors.
  - The *lift call button should be colour and tone contrasted* with the surrounding finishes. This can be achieved using a contrasting panel, or a contrasting border around the button panel.
  - A distinguishable floor surface, approximately 1500 mm by 1500 mm outside the doors will aid location. This could comprise a change of colour or floor finish.
- Annex E.6 – Car:
  - Internal walls should have a non-reflective, matt finish in a colour and tone contrasting with the floor, which should also have a matt finish.
- Annex F – Keypads:
  - The size of the floor numbers shall be a minimum of 15 mm, maximum 40 mm and contrasted to the background

L'ISO 21542 – art. 15 Lifts (elevators) contient des clauses similaires :

- Art. 15.3 Lift car entrance – door opening: the colour and tone of the lift entrances should contrast with the surrounding wall finishes
- Art. 15.4.4 Floor and wall surfaces of the car: internal walls shall have a non-reflective, matte finish in a colour and tone contrasting with the floor… … A lift floor with a high LRV reassures blind and partially sighted people that they are not stepping into an open lift shaft… …The floor of the car should have a similar surface characteristic to the landing floor. The control buttons shall comply with ISO 4190-5 with tactile and contrasting design to the surrounding wall in order to locate them easily.

FIGURE 35 : PORTE D'ASCENSEUR CONTRASTANT AVEC LE MUR

FIGURE 36 : PLANCHER D'ASCENSEUR DE LA MÊME COULEUR QUE LE PALIER DE L'ASCENSEUR ET EN CONTRASTE AVEC LES MURS

La liste non exhaustive ci-dessus de situations dans lesquelles un contraste fonctionnel peut être utilisé pour améliorer le confort d'utilisation pour un grand groupe d'utilisateurs, mais en particulier pour les personnes malvoyantes, est complétée dans le chapitre suivant avec des situations dans lesquelles, outre l'aspect fonctionnel, la question de la sécurité joue également un rôle. Dans de telles situations, on pourrait dire qu'il est encore plus important de prévoir un contraste suffisant et adapté.

6.3. SÉCURITÉ

Comme pour le contraste fonctionnel, on expose ici un certain nombre de situations dans lesquelles les contrastes contribuent à la sécurité de l'élément de construction. Toutefois, cela ne signifie pas que ces contrastes ne peuvent pas aussi remplir un rôle fonctionnel ou contribuer à l'orientation générale et à la circulation dans un bâtiment (points de repère).

6.3.1. ESCALIERS ET DIFFÉRENCES DE NIVEAU

Les déplacements dans des escaliers sont relativement souvent la cause d'accidents. Le Dossier du CSTC 2005/02.02 « Sécurité et accessibilité des bâtiments » indique que 7 % des accidents survenant dans un environnement domestique se produisent dans les escaliers (Tableau 7). De plus, les conséquences d'une chute dans un escalier ou au droit d'une différence de niveau sont souvent considérables : fractures, contusions et même décès dans certains cas (Tableau 8).

Zones à risque dans et autour de l'habitation		Pourcentage	
Maison	Living	44 %	16 %
	Maison (sans précision)		13 %
	Escalier		**7 %**
	Cuisine		5 %
	Salle de bains		3 %
Route		15 %	
Jardin		6 %	
Garage		2 %	
Autour de la maison		2 %	
Voie d'accès		1 %	
Autres endroits		30 %	

TABLEAU 7 : ZONES À RISQUE DANS ET AUTOUR DE L'HABITATION

Nombre d'accidents mortels dans des escaliers par âge (1991-1995) – chiffres NIS								
Année	Âge							
	< 1	1 - 4	5 - 14	15 - 24	25 - 44	45 - 64	65+	Total
1991	0	1	0	1	17	46	95	160
1992	0	0	2	1	18	29	95	145
1993	1	0	1	2	12	43	108	167
1994	0	1	0	0	16	47	118	182
1995	0	0	1	0	16	53	140	210
Total	1	2	4	4	79	218	556	864
85 % de ces accidents se produisent à la maison								
Tableau issu du rapport de l'OIVO intitulé « Ongevallen met bouwelementen – studie op basis van EHLASS-gegevens België 1998 » (PY 2001)								

TABLEAU 8 : ACCIDENTS MORTELS DANS DES ESCALIERS

Les chiffres du Tableau 8 datent de 1995 et sont malheureusement les chiffres les plus récents pour la Belgique[11]. Ils sont toutefois confirmés par des statistiques à l'étranger et montrent que l'escalier est un endroit dangereux où se produisent des chutes aux conséquences graves. Ces chutes peuvent avoir de multiples causes et sont souvent dues à une distraction ou une inattention. Mais l'exécution proprement dite de l'escalier joue également un rôle. Dans le cadre de cette exécution, différents facteurs ont un impact sur le risque de chute : à cet égard, les dimensions des hauteurs de marche et des girons et les irrégularités dans les dimensions de l'escalier sont très importantes, mais la présence d'une rampe, la forme de l'escalier, la résistance au glissement des marches, etc. ou encore la visibilité de l'escalier jouent également un rôle. On sait aussi que la plupart des chutes se produisent quand on descend les escaliers [12] (80 %) et surtout au sommet (les quelques premières marches) et en bas de l'escalier[13]. De nombreuses informations concernant l'environnement utilisé sont captées visuellement, souvent de manière inconsciente. Même pour un escalier auquel on est habitué, cette information visuelle est indispensable.

Tant l'éclairage que la présence de contrastes jouent un rôle dans la visibilité d'un escalier. Le Dossier du CSTC 2004/04.06 « Accessibilité des escaliers : commentaire du § 2.4.2 de la NIT 198 » mentionne ceci : « L'utilisateur doit lui aussi pouvoir juger de l'endroit le plus approprié pour poser son pied. Le nez des marches peut à cet effet être doté d'une bande à relief d'une largeur suffisante dont la teinte

contraste avec celle des marches. Au Royaume-Uni, on conseille des bandes d'une largeur de 5,5 cm tant sur la hauteur des marches que sur le giron. »

Bien que de telles bandes contrastantes soient moins fréquentes dans un environnement domestique, il est tout de même recommandé, sur la base des statistiques ci-dessus, d'accorder une plus grande attention à la sécurité des escaliers dans un environnement domestique[14].

ISO 21542 – 13 Stairs – 13.5 Visual and tactile warnings

« There shall be visual contrast between landings and the top and bottom step of a flight of stairs. Preferably, a visual warning line with a single strip of 40 mm to 50 mm without a break shall be provided on the front edge of the going of each step with a minimum difference in LRV of 60 points and may return down the riser for a maximum of 10 mm. The visual indicator on the going may be set back a maximum of 15 mm from the front of the nosing. As an alternative solution, a visual warning line with a width between 50 mm and 100 mm shall be provided on the going of the first and the last step of the flight.'

DIN 18040-1 – 4.3.6.4 Orientierungshilfen an Treppen und Einzelstufen & DIN 32975 – 4.7 Kennzeichnung von Niveauwechseln

« Für sehbehinderte Mensen müssen die Elemente der Treppe leicht erkennbar sein. Das wird z.B. erreicht mit Stufenmarkierungen aus durchgehenden Streifen, die folgende Eigenschaften aufweisen:

- Auf Trittstufen beginnen sie an den Vorderkanten und sind 4 cm bis 5 cm breit
- Auf Setzstufen beginnen sie an der Oberkante und sind mindestens 1 cm, vorzugsweise 2 cm, breit
- Sie heben sich visuel kontrastierend sowohl gegenüber Tritt- und Setzstufe, als auch gegenüber den jeweils anschließenden Podesten ab

Bei bis zu drei Einzelstufen und Treppen, die frei im Raum beginnen oder enden, muss jede Stufe mit einer Markierung versehen werden. In Trappenhäusern müssen die erste und letzte Stufe – vorzugsweise alle Stufen – mit einer Markierung versehen werden.

Handboek voor toegankelijkheid (versie 17/03/2016 – www.toegankelijkgebouw.be)

Ce manuel contient des recommandations pour une bonne accessibilité, en complément du décret flamand relatif à l'accessibilité (pas d'obligation)

« Marquage contrastant sur chaque première et dernière marche de l'escalier ainsi que sur la première et la dernière marche du palier intermédiaire »

« Un bon contraste avec l'environnement (murs et plafonds) est également souhaitable. L'escalier peut par exemple être réalisé dans le même matériau ou dans la même couleur que la voie de circulation, afin de poursuivre cette voie sur le plan visuel. L'effet contrastant et les marquages contrastants à la surface des marches ainsi que la pose de baquette contrastantes permettent de mieux évaluer la profondeur des marches. Dans les endroits où la lumière est tamisée ou nécessitant une obscurité, il convient toujours d'appliquer des bandes d'avertissement contrastantes. Un éclairage ou des bandes fluorescentes sur les marches, comme dans les salles de cinéma ou les musées, augmentent la sécurité de tous. Il est important que le marquage se poursuive de manière ininterrompue sur toute la largeur de la marche. On prévoira toujours des marquages au droit de la première et de la dernière marche et sur les paliers. Cela permet de mieux évaluer le tracé de l'escalier, le passage à un palier ou l'arrivée dans un couloir ou une pièce. »

On peut conclure de l'aperçu ci-dessus qu'un certain nombre d'éléments sont récurrents dans le marquage de nez de marches :

Dimensions du marquage :

En règle générale, on demande de prévoir un marquage sur toute la largeur de l'escalier, d'environ 4 à 5 cm de profondeur sur le giron et 1 à 2 cm du côté avant du nez de marche (Figure 39). Les marquages alternatifs, comme représenté à la Figure 38, sont considérés comme moins favorables[15]. L'utilisation de marquages contrastants lumineux comme illustré à la Figure 41 peut offrir une visibilité suffisante avec des bandes plus petites, mais augmente le risque d'éblouissement ou d'une moins bonne perception de la profondeur[14].

FIGURE 38 : MARQUAGE CONTRASTANT SUBOPTIMAL DOUBLÉ D'UN RISQUE ACCRU DE CHUTES

FIGURE 37 : BON MARQUAGE CONTRASTANT EN HAUT ET EN BAS DE L'ESCALIER, LES AUTRES MARQUAGES SONT MOINS VISIBLES

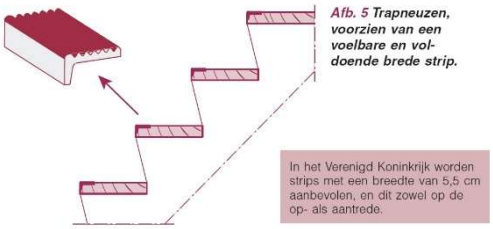


FIGURE 40 : DOSSIER DU CSTC 2004/04.06 – ACCESSIBILITÉ DES ESCALIERS

FIGURE 39 : LES MARQUAGES LUMINEUX DONNENT DES CONTRASTES PLUS ÉLÉVÉS, MAIS IMPLIQUENT ÉGALEMENT UN RISQUE D'ÉBLOUISSEMENT ET D'UNE MOINS BONNE PERCEPTION

Position du marquage :

En principe, la position du marquage doit permettre de déterminer avec précision la position du côté avant de la marche. Les marquages contrastants placés un ou deux centimètres en retrait par rapport à l'avant de la marche sont donc moins conseillés. De plus, la position du marquage influence la pose du pied et donc, indirectement, le risque de chute, en particulier pour les personnes malvoyantes[16].

FIGURE 41 : LE MARQUAGE DU NEZ DE MARCHE EST PLACÉ EN RETRAIT PAR RAPPORT À L'AVANT DE LA MARCHE, DE SORTE QUE CETTE POSITION DEVIENT MOINS ÉVIDENTE

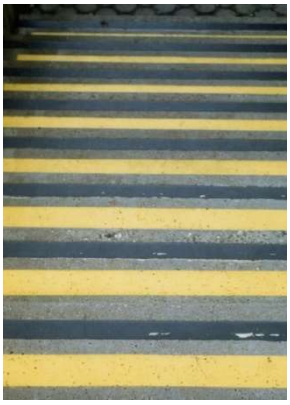


FIGURE 42 : MARQUAGE CONFUS DE L'ESCALIER

Dans certains cas, la position du marquage peut même tellement prêter à confusion et être peu claire que l'on augmente le risque de chute plus que de le réduire. La Figure 37 est à nouveau un bon exemple. À la Figure 41, la position précise du côté avant de la marche est moins bien visible, tandis que la Figure 42 est un exemple de ce qu'il ne faut absolument pas faire !

Certaines normes (BS 8300, DIN 18040-1) demandent également de poursuivre le marquage contrastant à l'avant du nez de marche, sur 1 à 2 cm (Figure 39), afin d'améliorer aussi la visibilité lorsque l'on s'approche de l'escalier par le bas. D'autres sources encore recommandent de réaliser le nez de marche de manière contrastante sur toute la hauteur[15].

Nombre de marquages :

L'aperçu ci-dessus décrit deux situations : un marquage sur chaque marche de l'escalier ou un marquage uniquement sur la première et la dernière marche, ainsi qu'au droit des paliers intermédiaires. Il est important de bien marquer aussi les différences de niveau individuelles ou les escaliers plus courts. L'avantage d'un marquage sur chaque marche réside dans le caractère bien reconnaissable de l'escalier lorsqu'on s'en approche (la distance entre les marquages s'agrandit). La dernière marche et le contraste avec

FIGURE 43 : DEUX SITUATIONS DONNANT LIEU À UNE « END-OF-FLIGHT ILLUSION » : LA PHOTO DE GAUCHE COMPORTE UNE MARCHE DE MOINS QU'ATTENDU, CELLE DE DROITE UNE DE PLUS

Le palier intermédiaire ou le sol constituent aussi des points d'attention. Surtout dans les bâtiments plus anciens, l'« end-of-flight illusion »[13], ou la mauvaise visibilité des marches inférieures/de la fin précise de l'escalier, constitue un point d'attention spécifique, comme illustré à la Figure 43.

Différences de niveau :

FIGURE 45 : ON NE PEUT VOIR LA DIFFÉRENCE DE NIVEAU QUE SUR L'IMAGE DE DROITE, GRÂCE AU DÉCALAGE

FIGURE 44 : DIFFÉRENCE DE NIVEAU À UN ENDROIT INATTENDU

Les différences de niveau sont en principe à éviter (inaccessibles). Si de telles différences sont quand même présentes, leur visibilité est importante (Figure 45), en particulier aux endroits où l'on ne s'attend pas à une différence de niveau (Figure 44).

6.3.2. PAROIS VITRÉES :

La visibilité de parois en verre est un autre élément soumis à des exigences tant sur le plan de l'accessibilité que de la sécurité d'utilisation. Le mode d'application du marquage, la hauteur et la méthode d'évaluation du contraste varient à nouveau en fonction du document consulté :

ISO 21542 – art. 18.1.5 Glazed doors and glazed areas

« Glazed (glass) walls and fully glazed doors shall be clearly marked with visual indicators. Large glazed areas close to circulation spaces could be mistaken for openings. Glazed walls, doors and other areas of full height glazing are very disorientating for blind or partially sighted people. The reflections from these surfaces can be particularly confusing. »

« Uninterrupted visual indicators of at least 75 mm height with a difference in light reflectance values of minimum 30 points to the background shall be placed at a height of 900 mm to 1000 mm and 1300 mm to 1400 mm above floor level. An additional visual indicator placed at a height of 100 mm to 300 mm is recommended. Visual indicators consisting of two separate colours with a minimum difference in LRV of 60 points are recommended to enable lighting conditions and backgrounds to be taken into account. »

« Glass that is silvered or highly reflective should be avoided and any free-standing edges of glazed screens should have a strip contrasting visually with the surroundings against which they are seen. »

« Note: the visually impaired can have a depth of field limitation, which results in them looking down at an angle of 45° to 50°. This also allows them to choose a safe path of travel. When they are within 1000 mm to 1500 mm from a fully glazed door or sidelight, they are able to detect the visual barrier at a height of 900 mm to 1000 mm, provided the visual contrast criteria have been applied to the background. The background in all cases is the circulation space on the opposite side of the door. »

NBN S 23-002 – art. 4.4.2.2.5 Protection contre les collisions – Visibilité du produit verrier

Dans les lieux accessibles au public, les spécifications données ci-dessous sont à respecter lorsque :

- les vitrages des portes et cloisons sont transparents entre 0,60 m et 1,50 m de haut à partir du sol fini intérieur ;
- l'élément verrier a plus de 0,55 m de large ;
- les 2 côtés de la paroi sont des zones de circulation.

La visibilité doit être réalisée pour les portes par les dispositions suivantes soit :

- (A) Par une poignée d'une surface au moins égale à 100 cm² à une hauteur d'environ 1,50 m du sol fini
- (B) Par un motif visible d'au moins 100 cm² à une hauteur d'environ 1,50 m du sol fini

Pour les autres vitrages, la visualisation doit être constituée soit

- (C) Par un bandeau d'une surface au moins égale à 400 cm² par mètre de dimension horizontale de vitrage et situé à environ 1 m du sol fini, ou par un autre dispositif de même valeur,

Soit

- (D) Par un motif horizontal, ininterrompu et visible d'une surface d'au moins 100 cm² et d'une longueur de 1,50 m à environ 1,50 m du sol fini.

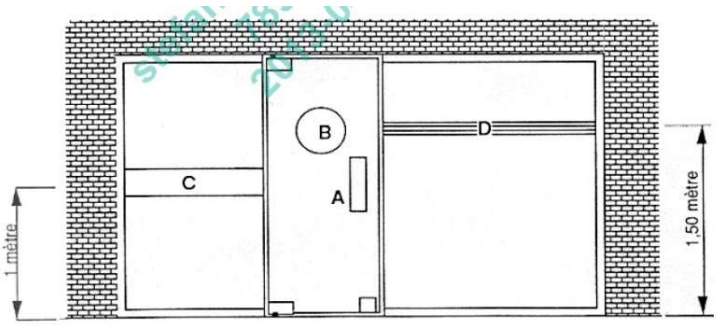


FIGURE 47 : EXEMPLE DE MARQUAGE CONTRASTANT LUMINEUX

Guide d'aide à la conception d'un bâtiment accessible – partie IV Equipements – Portes et châssis/portes

« Porte vitrée : la porte doit être sécurisée visuellement par minimum 3 bandes de couleur contrastées de 7 cm de large selon les normes de la fiche 'signalétique' (pour qu'elle soit détectable par tout un chacun) :

- La première placée à 10 cm (hauteur du regard des chiens d'assistance et des personnes regardant vers le sol)
- Une autre placée entre 85 cm et 100 cm (hauteur du regard d'une personne en fauteuil roulant ou d'un enfant)
- Et l'autre entre 140 cm et 160 cm (hauteurs du regard des personnes adultes debout)

Il ressort de l'aperçu ci-dessus que les normes relatives à l'accessibilité fixent tout de même des exigences supplémentaires sur le plan de la visibilité des portes et parois vitrées, tant au niveau du contraste par rapport à l'arrière-plan qu'en ce qui concerne les différentes hauteurs et dimensions à respecter de préférence pour l'application du marquage contrastant.

6.3.3. OBSTACLES

Il existe différents types d'obstacles dans l'environnement bâti : potelets, boîtes aux lettres, poubelles... Pour une personne malvoyante ou aveugle, ils peuvent entraîner un risque réel de blessures. Dans certains cas, un contraste seul ne suffira donc pas : il convient également de s'assurer que l'obstacle soit détectable en adaptant sa forme.

ISO 21542 – art. 7.3 Path & 7.14 Solitary obstacles in a path

« Obstacles, such as objects or signs mounted on walls, bollards, columns or free-standing supports along the walking path should be avoided. Unavoidable free standing posts or columns within access routes shall be clearly marked with visual indicators. Visual indicators at least 75 mm in height with a minimum visual contrast of 30 points difference to the background shall be placed at a height between 900 mm – 1000 mm and 1500 mm – 1600 mm above floor level. »

« Objects with a height lower than 1000 mm can create a hazard for blind or partially sighted people. Permanent equipment that cannot be located outside the boundaries of a path shall be:

- Designed to be easily seen with a minimum difference in LRVs of 30 points to the background
- Shielded to protect against impact
- Accompanied by a feature that warns of the presence of a potential hazard and is detectable for a person using a white cane or stick

The headroom along a path shall be maintained at a height of not less than 2100 mm above the surface of the path.

Any objects projecting more than 100 mm between 300 mm and 2100 mm above ground level into an access route shall be clearly visible and detectable with a cane. When a projecting obstacle exists, a protective guard shall be provided at ground level, under the projecting object such as a curb or fixed element at a height of 100 mm – 300 mm as cane detection (Figure 48-droite). Cane detection shall not be set back more than 100 mm from the face of the projecting object. Wing walls, side partitions, alcoves or recesses are solutions for projecting elements where free space under the object is needed. Winged protection shall extend continuously between 300 mm and 1000 mm above the floor and shall contrast visually with the background (Figure 48-gauche). »

Dans certaines situations, il y a lieu d'éviter absolument les obstacles et de prévoir une protection suffisante :

ISO 21542 – 13. Stairs – 13.4 Head clearance

« Clear accessible height under stairs shall be a minimum of 2100 mm or greater. If the clear height is less than 2100 mm, a guard or other element shall be provided to shield against impact. Head clearance on the stair shall be minimum 2100 mm (Figure 49).

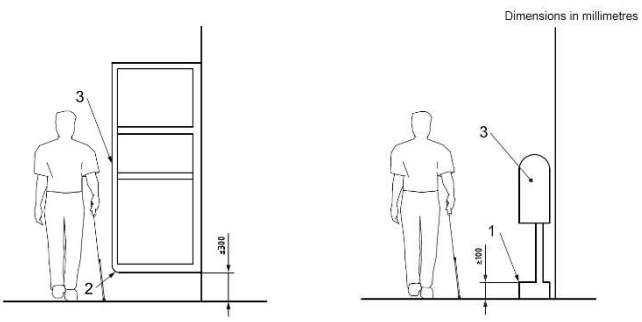


FIGURE 48 : OBSTACLES ISOLÉS

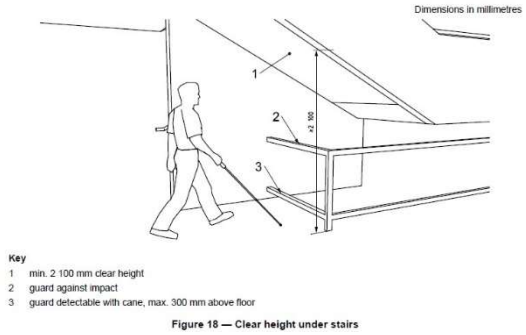


FIGURE 49 : GARANTIR LA HAUTEUR LIBRE SOUS UN LIMON

Legende:
(1) Base plinth detectable with cane if a projecting object is more than 100 mm above floor level
(2) Winged projection between 300 mm and 1.000 mm above floor level, contrasting visually with the background and detectable with a cane
(3) Difference in light reflectance value to background – minimum 30 points

Les figures ci-dessous présentent un certain nombre d'obstacles fréquents dans la pratique.

FIGURE 50 : QUELQUES BONS EXEMPLES : (1) L'ESPACE SOUS L'ESCALIER EST RÉALISÉ DE FAÇON ORIGINALE (2) POTELETS CONTRASTANT AVEC L'ARRIÈRE-PLAN (3) DÉVIDOIRS D'INCENDIE PLACÉS DANS UN RENFONCEMENT ET NE CONSTITUANT DONC PAS UN OBSTACLE

FIGURE 51 : QUELQUES MAUVAIS EXEMPLES : (1) L'ESPACE SOUS L'ESCALIER N'EST PAS PROTÉGÉ (2) LA PAROI VITRÉE DE LA CABINE TÉLÉPHONIQUE EST DIFFICILEMENT REPÉRABLE, MÊME POUR UNE PERSONNE NE SOUFFRANT PAS DE PROBLÈMES DE VUE (3) LE DÉVIDOIR D'INCENDIE CONSTITUE UN OBSTACLE

6.3.4. LIGNES DE GUIDAGE POUR PERSONNES AVEUGLES

Un dernier exemple dans lequel les contrastes sont importants aussi bien pour l'accessibilité que pour la sécurité d'utilisation concerne les lignes de guidage pour personnes aveugles et, en particulier, les bandes d'éveil à la vigilance ou dalles d'information utilisées pour avertir les personnes aveugles ou malvoyantes d'un danger. Pour les personnes malvoyantes, il est recommandé, en plus de l'élément tactile, de rendre également ces dalles plus visibles en les faisant contraster avec leur environnement.

ISO 21542 – Annex A Tactile Walking Surface Indicators (TWSI) – art. A.3.2 Visual contrast

« TWSIs shall be readily detectable and discriminable from the surrounding or adjacent paving surfaces using low vision. Visual contrast is assisted by good illumination. The effective area of the TWSIs should have a high visual contrast with the immediate surrounding pedestrian surface in both wet and dry conditions. The difference in light reflectance or CIE Y-value between TWSIs and their immediate surrounding surface shall be greater than 30 points for integrated units and greater than 40 points for discrete units, with a minimum reflectance value of the lighter surface of 50 points. Where TWSIs are used for hazards, the minimum difference in light reflection value should be 50 points and the reflectance value of the lighter surface minimum 60 points.

When the required luminance contrast between two surfaces, for example between TWSIs and surrounding surface, cannot be achieved, the addition of a compliant contrasting continuous band of minimum 100 mm in width adjoining to the TWSIs shall be used. As persons with vision loss often have a colour deficiency, colour difference is only used to supplement visual contrast. »

ISO 23599 – Assistive products for blind and vision-impaired persons – TWSIs – art. 4.3.2 Luminance contrast

« The luminance contrast value between TWSIs and surrounding or adjacent surfaces shall be greater than 30% using the Michelson Contrast formula. When TWSIs are discrete units, luminance contrast should be 50% or greater. Where TWSIs are used for hazards, the luminance contrast value should be 50% or greater. The reflectance value (CIE Y value) of the lighter surface shall be a minimum of 40 points. When the required luminance contrast between TWSIs and the surrounding or adjacent surface cannot be achieved, a continuous adjoining band of compliant contrast shall be used. The contrasting band shall have a minimum width of 100 mm. »

FIGURE 52 : EXEMPLE DES AVERTISSEURS DE VIGILANCE CONTRASTANT AVEC LE QUAI (GARE DE SAINT-NICOLAS)

FIGURE 53 : EXEMPLE DE BANDE CONTRASTANTE DE 10 CM DE LARGEUR PLACÉE À CÔTÉ DES AVERTISSEURS DE VIGILANCE (GARE DE GAND-SAINT-PIERRE)

7. MATÉRIAUX

7.1. QUELS MATÉRIAUX

Comme déjà évoqué, la perception de la couleur est influencée par l'observateur lui-même, par une source lumineuse et par l'objet proprement dit. Ce dernier présente toutefois, tout comme la source lumineuse et l'observateur, de nombreuses caractéristiques pouvant avoir un impact sur la perception des contrastes. Il présente une certaine couleur et une structure déterminée en surface, il peut être mat ou brillant, il peut être fluorescent, phosphorescent, spéculaire ou lumineux et il présente également une certaine forme (plat, rond, cubique...). De plus, ces propriétés peuvent varier avec le temps :

- la couleur peut changer en conséquence de précipitations, d'une oxydation, d'un rayonnement UV, d'une pollution...
- la structure en surface peut être modifiée par l'usure
- les propriétés phosphorescentes ou fluorescentes peuvent diminuer au fil du temps
- ...

La feuille de calcul des contrastes a pour but de déterminer ***au préalable*** si le contraste entre deux surfaces est suffisant. Elle ne permet donc pas de prévoir les changements qui se produiront avec le temps. Cela signifie également que les mesures sur le chantier (8. Méthodes de mesure) ne pourront jamais garantir le même contraste que celui obtenu avec la présente feuille de calcul.

La feuille de calcul des contrastes a été établie dans un premier temps pour des surfaces opaques, lambertiennes et réfléchissantes. Le paragraphe 6.3.2. Parois vitrées : ne prend pas non plus la surface vitrée en considération et évalue le contraste entre le marquage et le fond opaque.

Un certain nombre de surfaces ne peuvent pas être évaluées à l'aide de la feuille de calcul :

Type de surface	Figure	Commentaire
Surfaces lumineuses		Il est également possible de réaliser des contrastes avec des surfaces lumineuses, mais il convient d'être attentif à l'éventuel effet d'éblouissement provoqué par l'éclairage ambiant. Les surfaces lumineuses ne peuvent pas être évaluées à l'aide de la feuille de calcul
Surfaces réfléchissantes		L'effet miroir est souvent dérangeant pour une personne malvoyante (désorientation) Les surfaces spéculaires ne sont pas reprises dans la feuille de calcul

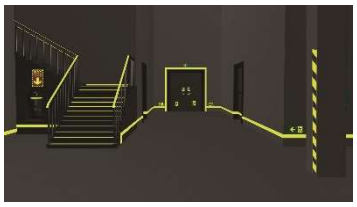
Surfaces phosphorescentes ou fluorescentes		Les surfaces phosphorescentes et fluorescentes ne sont pas prises en considération dans la feuille de calcul des contrastes
Matériaux photochromes/thermochromes		Les surfaces qui changent de couleur sous l'effet de la température ou de la lumière ne sont pas reprises dans cette feuille de calcul
Surfaces translucides		La feuille de calcul des contrastes a été établie en premier lieu pour les surfaces opaques et réfléchissantes. La protection solaire représentée sur la photo ci-contre ne répond pas à ces conditions.

TABLEAU 9 : APERÇU DE QUELQUES SURFACES QUE L'ON NE PEUT PAS ÉVALUER À L'AIDE DE LA FEUILLE DE CALCUL DES CONTRASTES

Le contraste de surfaces spéculaires peut en principe être mesuré à l'aide des méthodes de mesures décrites au chapitre « 8. Méthodes de mesure ». Cependant, lorsque l'on utilise des méthodes de mesure déterminant uniquement la couleur (comme le propose le BS 8493), on peut encore obtenir de grandes différences d'aspect en raison d'une différence de texture (CSTC-Contact n° 44 - Mesures de couleur sur matériaux de parachèvement), comme représenté à la Figure 55. De plus, une mesure de la couleur de telles surfaces ne peut pas empêcher une diminution de la perception des contrastes en raison de l'aspect brillant qui, à son tour, résulte de la position de la source lumineuse et de la forme[17] de l'élément de construction. La signalisation à la Figure 54 est peu visible, non pas parce que le contraste entre les couleurs verte et blanche est insuffisant, mais en raison de la lumière incidente (ombrage) et de l'aspect brillant de la surface.

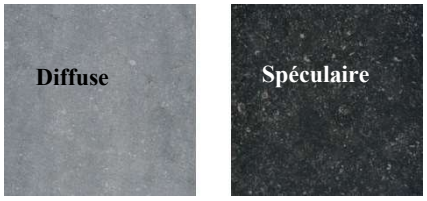


FIGURE 54 : MÊME RÉSULTAT EN CAS DE MESURE DE LA COULEUR, MAIS ASPECT DIFFÉRENT – GÉOMÉTRIE DE MESURE : D65, 10°, D/8°, SCI

FIGURE 55 : LA VISIBILITÉ DE LA SIGNALISATION EST RÉDUITE PAR L'ASPECT BRILLANT ET L'OMBRAGE

Enfin, le matériau et les conditions dans lesquelles il est placé auront également un impact sur la mesure dans laquelle le contraste sera maintenu au fil du temps.

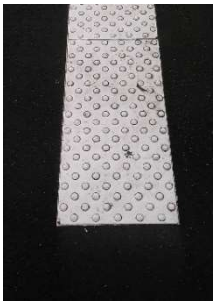
- La pollution et l'usure sont inévitables dans certaines circonstances. On ne pourra garantir un contraste durable qu'en utilisant des matériaux résistants à l'usure et en procédant à un entretien régulier (Figure 58).
- Les matériaux exposés à la pluie et au vent deviendront inévitablement humides. Il est possible de vérifier si le contraste à garantir est réalisé dans des conditions aussi bien sèches qu'humides (Figure 57).
- Les matériaux utilisés peuvent se décolorer pour différentes raisons : oxydation des métaux, grisonnement du bois, exposition aux rayons UV,... Le cas échéant, il convient d'en tenir compte pour le contraste à obtenir (Figure 56).

La feuille de calcul des contrastes a pour but de déterminer au préalable si certaines *couleurs* entraîneront un contraste suffisant et n'offre aucune garantie d'un contraste suffisant sur le chantier, ni du maintien de ce contraste au fil du temps.

FIGURE 56 : DÉCOLORATION DE MATÉRIAUX NATURELS DUE À UN GRISONNEMENT OU UNE OXYDATION

FIGURE 58 : EXEMPLE D'USURE D'UN NEZ DE MARCHE

FIGURE 57 : LE CONTRASTE ENTRE LA LIGNE DE GUIDAGE POUR PERSONNES AVEUGLES ET L'ASPHALTE S'AMÉLIORE DANS DES CONDITIONS HUMIDES



7.2. MATÉRIAUX DISPONIBLES

La feuille de calcul des contrastes peut être utilisée pour choisir des couleurs offrant un contraste suffisant. L'utilisateur de la feuille de calcul doit vérifier si une couleur est disponible ou non pour un produit déterminé. Un exemple est illustré à la Figure 59, où des nez de marche préfabriqués ne sont disponibles que dans certaines couleurs de façon standard.

Par ailleurs, certaines normes sont assez strictes en ce qui concerne la définition de critères pour les contrastes. Par exemple, l'ISO 21542 demande par exemple une différence de 60 points LRV pour les nez de marche, ce qui signifie que des applications courantes comme le béton gris avec des nez de

FIGURE 59 : NEZ DE MARCHE DANS DES COULEURS DISPONIBLES DE FAÇON STANDARD

FIGURE 60 : UNE DIFFÉRENCE DE 60 POINTS LRV NÉCESSITE UN BÉTON TRÈS PÂLE

FIGURE 61 : ESCALIER EN BÉTON TRADITIONNEL AVEC NEZ DE MARCHE NOIRS

marche noirs (Figure 61) peuvent difficilement être exécutées si l'on veut respecter ce critère. Une évaluation critique des critères les plus stricts est dès lors souhaitable.

8. MÉTHODES DE MESURE

Dans les grandes lignes, il existe quatre méthodes de mesure pouvant être utilisées pour mesurer les différentes grandeurs énumérées ci-dessus (luminances, valeurs LRV, valeurs Y). Certaines méthodes utilisent des instruments de mesure assez complexes comme un colorimètre ou un luminancemètre mais ne sont pas pour autant plus précises que la première méthode décrite ci-dessous, à savoir l'utilisation de nuanciers.

8.1. MÉTHODE 1 : NUANCIERS

Comme évoqué au chapitre « 4. L'observateur », l'œil humain est très sensible à la perception des différences de couleur. En utilisant un nuancier détaillé dont les valeurs LRV sont connues, on peut déterminer la valeur LRV d'une surface déterminée (Figure 62). On peut ensuite, en fonction du critère, choisir une couleur contrastante garantissant une valeur de contraste suffisante par rapport à la surface de référence. Cette méthode convient particulièrement lorsque l'on souhaite adapter un environnement existant. Les calculs peuvent être effectués manuellement ou on peut utiliser la feuille de calcul pour choisir la deuxième couleur en fonction de la première couleur, de la formule de contraste et du critère.

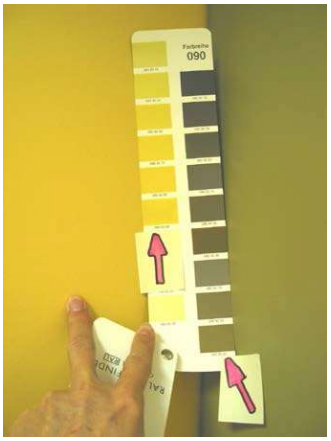


FIGURE 62 : DÉTERMINATION DU CONTRASTE À L'AIDE DE NUANCIERS

FIGURE 63 : EXEMPLE DE SPECTROPHOTOMÈTRE

L'utilisation de nuanciers permet de vérifier chaque formule de contraste. Dans les formules de contraste où l'on mentionne des luminances (L_1, L_2), il y a lieu de remplacer celles-ci par les valeurs LRV des surfaces considérées (LRV_1, LRV_2), telles qu'on les retrouve sur les nuanciers.

8.2. MÉTHODE 2 : SPECTROPHOTOMÈTRE OU CHROMASPECTROMÈTRE :

Une deuxième méthode de mesure consiste à utiliser un spectrophotomètre (Figure 63). Ces appareils de mesure permettent de mesurer la valeur LRV ou la valeur Y/Y_{10} avec suffisamment de précision (BS 8493). Comme indiqué dans la terminologie, la valeur du tristimulus Y et la valeur Y_{10} sont définies de manière univoque. Toutefois, lorsque l'on souhaite mesurer ces valeurs à l'aide d'un spectrophotomètre, il convient de définir un certain nombre de paramètres pouvant influencer le résultat de la mesure.

8.2.1. ILLUMINANT :

Un premier paramètre est l'illuminant. Les spectrophotomètres sont des appareils toujours équipés d'une source lumineuse intégrée, de sorte que le résultat de la mesure n'est pas influencé par l'éclairage ambiant et que l'on obtient donc un résultat « objectivement » comparable. Ces illuminants présentent une distribution spectrale déterminée qui influencera le résultat de la mesure. Toutes les sources auxquelles il est fait référence (Tableau 1) utilisent l'illuminant D65 pour l'exécution des mesures (s'il est défini). La distribution spectrale de cet illuminant est donnée à la Figure 64. Celles d'autres illuminants sont données à la Figure 65.

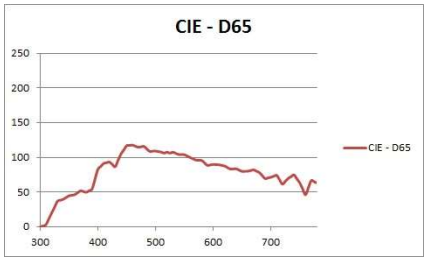


FIGURE 64 : DISTRIBUTION SPECTRALE DE L'ILLUMINANT D65 (CIE 15.3 – COLORIMÉTRIE)

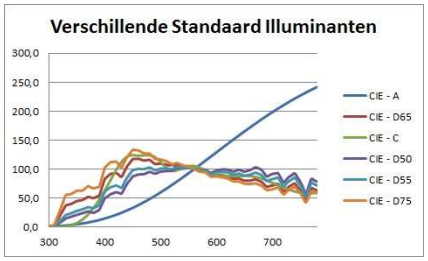
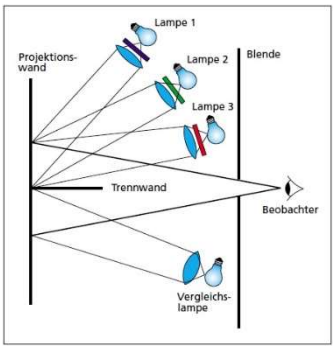


FIGURE 65: DISTRIBUTION SPECTRALE D'UN CERTAIN NOMBRE D'ILLUMINANTS (CIE 15.3 – COLORIMÉTRIE)



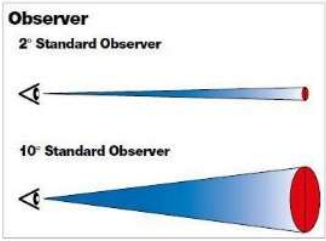


FIGURE 66 : OBSERVATEUR STANDARD ET ANGLE D'OBSERVATION DE 2° OU 10°

8.2.2. L'OBSERVATEUR STANDARD :

Dans la terminologie, pour la valeur du tristimulus Y, une distinction a été opérée entre Y, défini en 1931, en considérant un angle d'observation de 2°, et Y_{10}, défini en 1964, avec prise en compte d'un angle d'observation de 10° (Figure 66). On a procédé à cette adaptation car l'angle d'observation a un certain impact sur l'observation (voir aussi la Figure 9 dans laquelle la ligne en pointillés représente l'angle d'observation de 10° et les lignes continues l'angle d'observation de 2°). Bien que l'impact sur une valeur LRV mesurée soit limité[18] (de l'ordre de 1 à 4 points LRV), il est tout de même préférable de toujours effectuer les mesures avec un angle d'observation de 10°.

8.2.3. GÉOMÉTRIE DE MESURE :

Le dernier paramètre, mais peut-être le plus important, est la géométrie de mesure avec laquelle la surface est mesurée. Le BS 8493 définit la valeur LRV (Light Reflectance Value ou coefficient de réflexion) pour un observateur standard avec un angle d'observation de 10°, un illuminant D65 et une géométrie de mesure déterminée de l'appareil.

« The measured LRVs are affected by the geometric relationships between the measuring equipment geometry and the specimen, therefore a specific geometry is required. The instrument shall be designed such that a correctly positioned specimen is irradiated uniformly from all directions within the hemisphere bounded by its plane. The instrument aperture

shall be delimited by the area over which the receiver senses flux rather than the area illuminated. Radiation reflected at the sampling aperture shall be evaluated uniformly at all directions within 5° of the axis of the collection beam.

The axis of the reflected beam shall be 8° off the normal of the centre of the specimen plane in which the specimen is placed during measurements. The reduction in sphere efficiency due to specimen absorption shall be corrected to produce a linear output. The d/8° shape of the instrument makes it applicable for high-gloss surfaces as well as matt surfaces. »

Comme démontré dans le paragraphe « 7. Matériaux - Figure 54 », cette dernière affirmation selon laquelle la géométrie de mesure peut être utilisée aussi bien pour des surfaces mates que brillantes n'est pas correcte (Figure 54). Sur cette photo, la surface brillante est beaucoup plus foncée que la surface mate, alors que la mesure donne le même résultat.

Cette norme stipule également que le composant spéculaire est également mesuré (« Specular Component Included »). Cela correspond donc au dispositif de mesure représenté à la Figure 68. Comme indiqué dans le chapitre « 7. Matériaux », ce dispositif de mesure permet seulement de mesurer une couleur, et non un matériau. Il est également fait référence à ce dispositif de mesure dans l'ISO 23599 pour la détermination d'une valeur LRV. Il y est indiqué qu'en Allemagne, on utilise une autre méthode de mesure. Afin de permettre une comparaison optimale entre différents systèmes de couleurs (RAL, NCS, Pantone, Brillux, Munsell,…), il est préférable d'évoluer vers une procédure de mesure uniforme. Le tableau ci-dessous présente quelques-unes des différences reprises d'une publication de Dietmar Böhringer[19] et des mesures effectuées en fonction de la feuille de calcul des contrastes. L'importance d'accords corrects concernant les mesures devient surtout évidente dans le cas de surfaces présentant une faible valeur LRV.

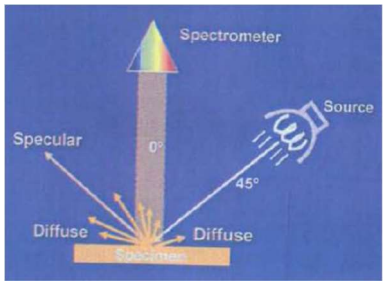


FIGURE 70:
45° (ECLAIRER)/ 0° (MESURER)

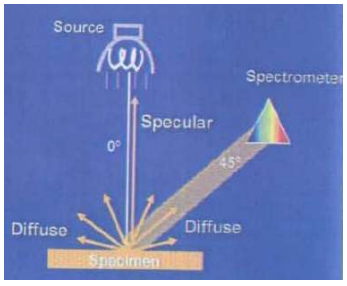


FIGURE 69 :
0° (ECLAIRER)/ 45° (MESURER)

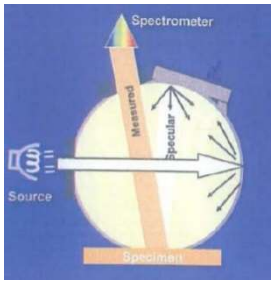


FIGURE 68 :
D/8° - SCI

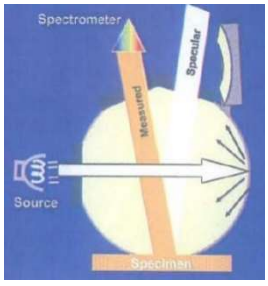


FIGURE 67 :
D/8° - SCE

	Dietmar Böhringer(*)				Feuille de calcul des contrastes (**)		(***)
	Y^*_{ancien}	$Y^*_{nouveau}$	ρ (Messwinkel 45°)	ρ (Messwinkel 0°)	Y_{10} (D65, d/8°, SCI)	Y_{10} (D65, d/8°, SCE)	$Y^*_{nouveau} - Y_{10}$ (D65, d/8°, SCI)
RAL 1023	52.4	**55.0**	57.4	56.2	**55.53**	52.02	**-0.53**
RAL 2009	21.2	**23.7**	27.0	27.0	**24.10**	21.17	**-0.40**
RAL 3020	12.2	**14.3**	18.0	18.0	**14.19**	11.20	**0.11**
RAL 4006	10.9	**12.7**	13.9	13.0	**12.71**	8.81	**-0.01**
RAL 5017	9.8	**11.5**	10.8	9.8	**11.82**	8.14	**-0.32**
RAL 6024	17.8	**20.0**	20.0	19.0	**19.43**	15.76	**0.57**
RAL 7042	30.2	**31.1**	31.0	30.0	**31.62**	28.09	**-0.52**
RAL 7043	9.7	**11.4**	12.0	11.0	**11.67**	8.04	**-0.27**
RAL 9016	86.9	**88.2**	85.1	85.2	**85.84**	81.78	**2.36**
RAL 9017	3.8	**5.2**	6.0	5.0	**4.57**	0.53	**0.63**

(*) Dietmar Böhringer ne mentionne pas de procédures de mesure précises et renvoie, à cet égard, au DIN 5036-1/3

(**) Pour la feuille de calcul des contrastes, un certain nombre d'échantillons de couleur RAL ont été mesurés à l'aide d'un appareil de mesure comme décrit dans le BS 8493 et représenté à la Figure 68

(***) La différence entre les mesures effectuées en fonction de la feuille de calcul des contrastes et les mesures les plus récentes réalisées par RAL à la TU Dresden pour un certain nombre de couleurs. De manière générale, les écarts sont très limités et ne dépassent pas 1 point LRV, sauf pour la couleur RAL 9016 présentant une valeur Y très élevée.

TABLEAU 10 : COMPARAISON D'UN CERTAIN NOMBRE DE RÉSULTATS DE MESURE AVEC DIFFÉRENTES GÉOMÉTRIES DE MESURE

8.2.4. TÊTE DE MESURE :

La tête de mesure détermine la surface qui peut être mesurée à l'aide d'un appareil. Le CSTC dispose de trois appareils de mesure différents, présentant chacun une géométrie de mesure différente et une tête de mesure différente. Cependant, l'appareil présentant la plus grande tête de mesure (5 cm) est un chromamètre qui évalue la lumière au moyen de 3 filtres à large bande, ce qui est moins précis que des mesures effectuées avec un spectrophotomètre et ne correspond pas à la procédure de mesure décrite dans le BS 8493.

Sur la base de la feuille de calcul des contrastes, un certain nombre de couleurs RAL ont été mesurées au moyen du photospectromètre Konica Minolta CM-2600 D, présentant une tête de mesure de 8 mm de diamètre. Il est nécessaire d'avoir un diamètre de tête de mesure suffisant pour réaliser des mesures fiables sur des surfaces qui, de près, ont des nuances de couleur différentes, mais présentent une apparence uniforme de loin (Figure 71). Il convient en tout état de cause de choisir un point de mesure de façon judicieuse.

FIGURE 71 : EXEMPLES DE SURFACES NON UNIFORMES DONT ON PEUT TOUT DE MÊME MESURER LA VALEUR Y, MOYENNANT UNE TÊTE DE MESURE SUFFISAMMENT GRANDE ET UN CHOIX JUDICIEUX DES POINTS DE MESURE.

Appareil	Observateur standard	Géométrie de mesure	Illuminants	Ø tête de mesure
Photospectromètre Hunterlab MiniScan EZ	2° ou 10°	45°/0° éclairage (voir la Figure 70)	A, C, D50, D55, D65, D75, F2, F7 & F11	25.4 mm (31.8 mm éclairé)
Colorimètre Konica Minolta CR-410	2°	éclairage diffus « wide area »/0°	C & D65	50 mm
Photospectromètre Konica Minolta CM-2600 D	2° ou **10°**	**d/8°, SCI** ou SCE (voir la Figure 67 & la Figure 68)	A, C, D50, **D65**, F2, F6, F8, F10, F11 & F12	3 mm ou **8 mm**

TABLEAU 11 : APERÇU DES APPAREILS DE MESURE DONT DISPOSE LE CSTC

8.2.5. LABO OU CHANTIER ?

La procédure de mesure décrite dans le BS 8493[2] a été spécifiquement élaborée pour des mesures dans des conditions de laboratoire (sélection d'éprouvettes, nettoyage des éprouvettes, état sec/humide, nombre d'éprouvettes, opacité de la surface,...). Toutefois, la procédure de mesure décrite dans cette norme peut aussi être appliquée sur chantier, à condition de respecter les mêmes conditions de mesure. En revanche, ce ne sera pas comparable à l'évaluation du contraste sur le chantier : en effet, l'éclairage et l'ombrage peuvent influencer ce contraste. Pour les procédures de mesure suivantes, à l'aide d'appareils qui ne sont pas en contact avec la surface, il convient donc de décrire les circonstances de manière univoque.

8.3. MÉTHODE 3: LUMINANCEMÈTRE

Une troisième méthode pour mesurer les contrastes consiste à utiliser un luminancemètre (Figure 72). Contrairement au spectrophotomètre, cet appareil n'est pas en contact avec la surface à mesurer. Il ne contient pas non plus de source lumineuse ou d'illuminant intégré : la mesure est simplement effectuée sous l'éclairage ambiant. Cette méthode est surtout pertinente pour des mesures effectuées sur chantier (quel est le niveau de contraste après la pose ?). La luminance est une grandeur vectorielle (voir la « Terminologie ») et dépend donc de la direction. Dans le cas de surfaces opaques et lambertiennes parfaites (Figure 4), la luminance devra être constante sous n'importe quel angle. Un exemple d'une procédure de mesure est donné dans une fiche de Certu – « Le contraste visuel pour les personnes malvoyantes, appliqué aux bandes d'éveil de vigilance ». On y décrit où placer l'appareil de mesure (Figure : 1,50 m de hauteur, 1,50 m de distance, sous un angle de 45°) et combien de zones de mesure il faut prévoir. La Figure présente le nombre de points de mesure par zone de mesure. Le contraste est ensuite calculé sur la base d'une luminance moyenne pour la zone plus claire et d'une luminance moyenne pour la zone plus foncée. La mesure est effectuée de préférence sous un ciel couvert : en cas d'ensoleillement direct, il convient d'éviter de prendre les mesures à l'ombre. Les mesures effectuées à l'aide d'un luminancemètre seront généralement un peu moins précises que celles réalisées avec un spectrophotomètre[19].

Tout comme le spectrophotomètre, le luminancemètre est un appareil spécifique qui n'est pas souvent disponible. Comme indiqué au point « 5.2 Différentes formules de contraste », on ne peut pas vérifier chaque formule de contraste sur la base de luminances (les formules 1 et 5 n'ont pas donné de résultat sensé). On peut y remédier en utilisant un blanc de référence dont le coefficient de réflexion/la valeur

[2] Le BS 8493 a pour but de déterminer au préalable la valeur LRV de certains produits de construction. Les procédures de mesure qui y sont décrites ont donc été élaborées pour des mesures effectuées dans des conditions de laboratoire.

LRV est connu(e) (LRV_s). Il suffit de placer ce blanc de référence dans le même point que la surface dont on souhaite déterminer la valeur LRV (LRV_1) et de mesurer la luminance à L_s.

On obtient : $\frac{L_s}{L_1} = \frac{LRV_s}{LRV_1}$ ou $LRV_1 = LRV_s \frac{L_1}{L_s}$

On suit la même procédure pour déterminer la valeur LRV de la deuxième surface contrastante. On peut ensuite utiliser les valeurs LRV obtenues pour calculer le contraste conformément à la formule 1 ou 5. Cette procédure est décrite à l'annexe B.7.2.2. de l'ISO 21542 « Determination of LRV », mais elle est complexe et sensible aux erreurs.

FIGUUR 734 : LUMINANCEMÈTRE

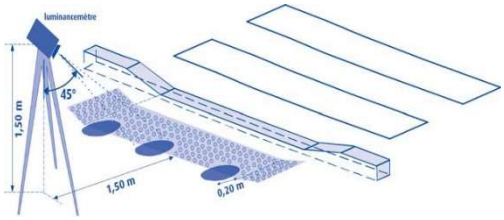


FIGURE 73 : DISPOSITIF DE MESURE ET NOMBRE DE ZONES DE MESURE

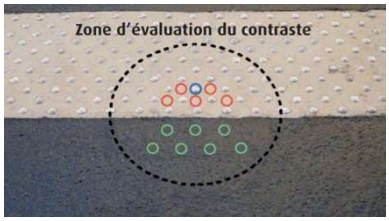
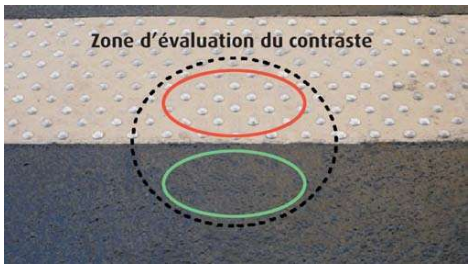


FIGURE 72 : NOMBRE DE POINTS DE MESURE PAR ZONE DE MESURE

8.4. MÉTHODE 4 : APPAREIL PHOTO

Un appareil photo permet d'obtenir facilement une image du contraste à considérer et de l'évaluer ensuite plus tard en analysant les pixels. Tant l'appareil photo que l'environnement doivent répondre à un certain nombre de conditions. Cette question sera abordée plus en détail dans un article suivant.

FIGURE 75 : MESURE DU CONTRASTE À L'AIDE D'UN APPAREIL PHOTO



9. SIGNALISATION

On a déjà indiqué au paragraphe 6.1.2 qu'une bonne signalisation dépend d'un très grand nombre de facteurs. Pour être de bonne qualité, une signalisation doit être logique et adaptée au type de bâtiment, fournir des informations appropriées,...

Outre de paramètres sensibles au contexte, la visibilité de la signalisation dépend également de facteurs d'influence généraux :

- L'observateur : problèmes de vue, impact du vieillissement sur la perception...
- Le texte : quantité d'information, caractères, lisibilité, alignement, distance de lecture...
- Quantité de lumière incidente et contraste (voir le point 6.1.2)

9.1. NORMES EXISTANTES :

Bien qu'une bonne signalisation constitue un aspect important de l'accessibilité d'un bâtiment, il n'existe pas de norme européenne générale déterminant à quels critères une signalisation accessible doit répondre. Il existe différentes approches comparables aux formules de contraste. Le tableau ci-dessous présente un aperçu de quelques directives :

Document	Description
ISO 21542 (art. 40.5)	La taille des caractères dépend de la distance de lecture. Il est recommandé de prévoir une taille de caractères entre 20 et 30 cm pour chaque mètre de distance de lecture. La taille des caractères ne devrait jamais être inférieure à 15 mm.
Handboek Toeganklijkheid (www.toegankelijkgebouw.be – 16/06/2015)	Il faut veiller à prévoir la bonne taille de caractères. Celle-ci dépend de la distance de lecture. La hauteur des lettres mesure au moins 1/100e de la distance de lecture (1 %). Pour les informations importantes, la hauteur des lettres doit représenter au moins 1/25e de la distance de lecture (4%). Sur les écrans, les lettres ne peuvent pas mesurer moins de 3 mm. Pour la signalisation routière, la taille minimale des lettres s'élève à 50 mm.
Ontwerpgids voor toegankelijke gebouwen (partie IV : Inrichtingselementen/signalisatie)	Tableau récapitulatif des tailles de caractères : pour une distance de lecture jusqu'à 50 cm, on demande des caractères de 8 à 10 mm (2 %), pour une distance de lecture jusqu'à 100 cm, des caractères de 20 mm (2 %), pour une distance de lecture jusqu'à 300 cm, des caractères de 40 mm (1,5 %) et pour une distance de lecture plus grande, une taille de caractères égale à la distance de lecture [cm]/100 (1 %)

TABLEAU 12 : APERÇU DU DIMENSIONNEMENT DE LA SIGNALISATION

On peut tirer un certain nombre de conclusions de ce tableau :

- La taille des caractères est fonction de la distance de lecture et varie selon les différentes sources (de 1 % à 3%)
- Une distinction est opérée entre différents domaines d'application pour imposer une valeur minimale à la signalisation.
- L'utilisateur final (avec ou sans problèmes de vue) qui utilisera ces informations n'est pas mentionné. Il s'agit de règles empiriques basées sur l'expérience.

9.2. Recherche :

Une étude réalisée à l'UZGent[20] à la demande de l'ANEC (The European Consumer Voice in Standardisation) est arrivée à des conclusions similaires : on observe une grande variété au niveau de la taille minimale des caractères et de la façon dont les contrastes sont calculés. Cette étude s'est penchée sur la taille minimale de la signalisation pour les personnes malvoyantes. Une personne était considérée comme malvoyante conformément à la définition de l'organisation mondiale de la santé (OMS) : acuité visuelle de maximum 6/18 (3/10 ou 20/70) et minimum 3/60 (1/20 ou 20/400) ou champ de vision réduit de maximum 20° (après correction maximale au moyen de lunettes ou de lentilles). La taille du texte et le contraste[3] ont été étudiés, ce qui donne une taille de caractères/hauteur de pictogramme (sans distinction) d'au moins 5 %. L'impact du contraste s'est avéré limité si le texte était suffisamment grand, comme représenté dans le Tableau 13. Cette étude a le mérite d'établir un lien direct entre les possibilités visuelles d'un groupe d'utilisateurs finaux malvoyants et les dimensions minimales qui y sont associées pour la signalisation (dans des conditions de laboratoire). Les résultats donnent toutefois une signalisation considérablement plus grande que les valeurs du Tableau 12. On peut se poser des questions quant à la faisabilité de telles dimensions. Elles peuvent être respectées dans des conditions exceptionnelles (par exemple pour l'indication d'un étage, voir la Figure 26), mais on optera généralement pour des technologies alternatives (10. Multisensorialité).

Contrast (Weber) / Size (distance/100)	14 %	21 %	33 %	60 %	76 %
1 %	12	15	19	33	35
3 %	60	76	79	77	77
5 %	91	91	93	94	97
7 %	94	95	95	96	98
9 %	97	94	97	99	97
Une reconnaissance de moins de 90 % est indiquée en rouge, une reconnaissance de 90-95 % en bleu et une reconnaissance > 95 % en vert					

TABLEAU 13: [20]– **TABLE 1.3: SUCCESS RATES FOR DIFFERENT SIZE/CONTRAST COMBINATIONS IN A RECOGNITION TASK**

9.3. Rapport CIE 196 & DIN 32975 :

Le rapport CIE 196[21] contient également des directives concernant la visibilité d'un texte. Cette méthode est la plus détaillée qui existe à l'heure où l'on rédige ces lignes. Elle tient compte de l'acuité visuelle (indication d'une « Visual Acuity »), de la distance entre l'observateur et le texte (distance d'observation) et de la luminance de fond (niveau d'éclairage de la signalisation). La méthode se base sur le contraste maximal d'un texte noir sur fond blanc. Le DIN 32975 et la feuille de calcul ont un champ d'application un peu plus large (voir le Tableau 6). Dans la mesure où le DIN 32975 fait également référence à cette méthode, cela semble une raison suffisante de la reprendre également dans la feuille de calcul des contrastes. En voici une brève description ci-dessous. La méthode est basée sur une étude réalisée auprès de personnes âgées. En effet, indépendamment d'éventuels problèmes de vue (plus fréquents chez les personnes âgées), la perception visuelle change de toute façon à mesure que

[3] Pour une description précise de la population de l'étude, du dispositif d'essai et du déroulement de l'essai : voir le rapport de recherche initial

l'on vieillit : presbytie, acuité visuelle réduite, rétrécissement de la pupille, décoloration/opacification du cristallin, diminution du champ de vision...

Afin de déterminer la lisibilité du texte (legibility), des tests ont été réalisés avec un texte au contraste maximum (noir sur blanc), pour différentes luminances et distances de lecture. La vue a été corrigée à l'aide de lunettes ou de lentilles, pour une distance de lecture de 5 mètres. Ce point de départ est pertinent, dans la mesure où il influence la taille des caractères du texte proche de l'observateur (< 1,00 mètre) : celle-ci sera plus grande en conséquence de la presbytie. L'utilisation de lunettes bifocales ou de lunettes de lecture pourrait avoir un effet positif sur cette taille, mais de telles lunettes augmenteraient également le risque de chute[22]. Le raisonnement qui précède et les informations contextuelles sont pertinents car ils influencent le résultat obtenu et que l'on obtiendrait peut-être des résultats différents avec d'autres hypothèses de départ. Le DIN 32975 utilise la méthode décrite ci-dessous par exemple pour déterminer la taille de caractères lisible pour des personnes malvoyantes : acuité visuelle de 1/10 à 3/10, ce qui est repris avec une certaine réserve dans la version 1.1 de la feuille de calcul. En effet, les personnes malvoyantes sont non seulement confrontées à une acuité visuelle réduite, mais éventuellement aussi à des problèmes supplémentaires comme une diminution du champ de vision ou de la perception des contrastes. Un calcul réalisé conformément à cette méthode laisse supposer qu'il s'agit encore d'une sous-estimation de ce qui est nécessaire pour les personnes malvoyantes, assurément lorsque l'on compare avec les résultats de la recherche effectuée par l'UZGent[20] : celle-ci a eu lieu dans des conditions de laboratoire et ses résultats ne sont en principe pas comparables avec ceux obtenus ci-dessous.

Méthode selon le CIE 196 :

La taille minimale d'une lettre lisible P (en points) s'exprime par la comparaison suivante :

$P = a \times S + b$ [1]

S est un facteur de grandeur

a et b sont des paramètres dépendant du caractère, comme représenté dans le Tableau 14.

Caractère	a	b
Sans empattement	6.4	3.0
Avec empattement	8.2	2.6

Figure 2 – Example of fonts with serif and without serif (sans-serif)

TABLEAU 14: PARAMÈTRES A & B

Le facteur de grandeur S = D/V [2]

D = distance d'observation

V = acuité visuelle en fonction de la situation à évaluer, celle-ci étant influencée par la distance d'observation, l'âge de l'observateur et la luminance.(*)

(*) Comme évoqué, le contraste texte/fond est maximal (noir/blanc) et la quantité de lumière incidente varie. L'acuité visuelle V_0 a été déterminée en fonction de l'âge de l'observateur (groupes d'âge) et de la distance d'observation pour une luminance de 100 cd/m²[21]. Cette valeur V_0 se retrouve dans les tableaux de l'annexe D du rapport CIE 196. Pour déterminer l'acuité visuelle dans le cas d'une luminance différente (≠ 100 cd/m²), un facteur de correction k a été ajouté (également repris dans un tableau à l'annexe D du rapport CIE 196) pour différentes luminances[21]. On obtient alors l'équation suivante : $V = V_0 \times k$.

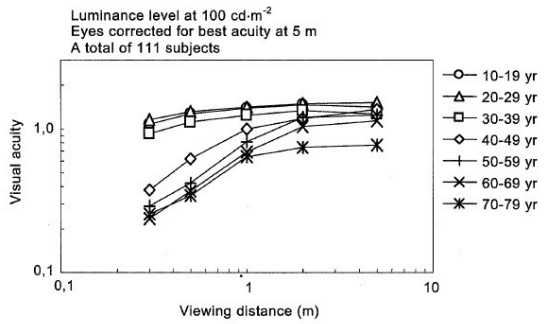


FIGURE 76 : L'ACUITÉ VISUELLE DIMINUE LORSQUE L'ON SE TROUVE PRÈS DE LA SURFACE, EN PARTICULIER CHEZ LES PERSONNES ÂGÉES

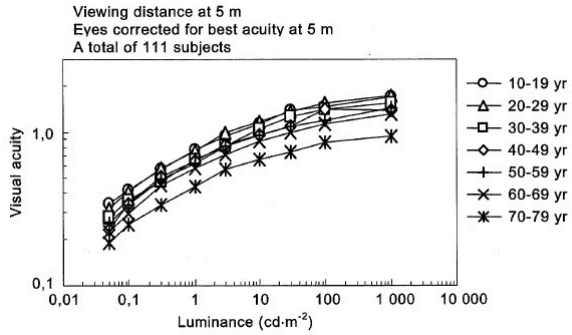


FIGURE 77 : L'ACUITÉ VISUELLE AUGMENTE LORSQUE LA LUMINANCE AUGMENTE ET L'EFFET EST SIMILAIRE DANS TOUS LES GROUPES D'ÂGE

Enfin, la taille minimale d'une lettre lisible (legibility)[4] est une valeur-seuil qui indique à partir de quand un texte devient lisible. Ces valeurs sont insuffisantes pour être appliquées dans une signalisation ou dans des panneaux d'information (readability). C'est pourquoi le rapport CIE 196 définit également un facteur d'échelle convertissant la taille de caractère minimale lisible en texte facilement lisible. Ce facteur d'échelle *doit être choisi par le concepteur* et en fonction de la situation. Il est évident qu'un facteur d'échelle inférieur à 1 a peu de sens, mais un facteur de 2,2 n'est pas non plus nécessaire dans toutes les situations.

- Très bonne lisibilité → facteur d'échelle > 2.2
- Bonne lisibilité → facteur d'échelle de 1.7 à 2.2
- Lisibilité modérée → facteur d'échelle de 1.2 à 1.7
- Faible lisibilité → facteur d'échelle de 0.9 à 1.2
- Très faible lisibilité → facteur d'échelle < 0.9

9.4. QUELQUES EXEMPLES DE CALCUL :

Il existe différentes formes et différents types de signalisation. La plus connue, à savoir la signalisation de sécurité, est exclue du domaine d'application du présent document et de la feuille de calcul. Il existe

[4] En français, seul le terme « lisibilité » existe : la distinction entre les termes anglais legibility (reconnaissance d'un caractère déterminé : l, m, n,…) et « readability » (lisibilité d'un texte) n'est pas opérée

par ailleurs la signalisation informative qui fournit des explications sur un sujet déterminé (exemple : légende d'une peinture dans un musée), les indications de direction (signalisation indiquant comment aller d'un point A à un point B) et la signalisation d'identification (par exemple le numéro d'une chambre d'hôpital). Voici un calcul détaillé pour ces deux derniers types.

FIGURE 74: SIGNALISATION - INDICATION DE DIRECTION

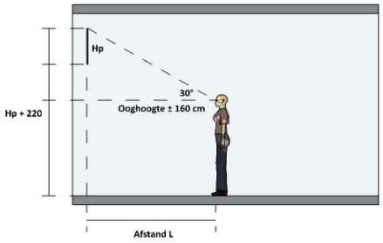


FIGURE 79 : SIGNALISATION – INDICATION DE DIRECTION : DÉTERMINATION DE LA DISTANCE D'OBSERVATION

FIGURE 80: SIGNALISATION - IDENTIFICATION

9.4.1. INDICATION DE DIRECTION

La signalisation se trouve au moins 220 cm au-dessus du niveau du sol afin de garantir un passage aisé. Afin de pouvoir observer le panneau de façon confortable, l'angle d'observation est de 30° maximum et la hauteur de l'œil se situe à 160 cm. On pourrait considérer une hauteur d'œil inférieure pour les personnes de plus petite taille ou les personnes se déplaçant en chaise roulante, mais il a été décidé de ne pas le faire dans ce cas-ci. Supposons un panneau de signalisation de 45 cm de haut (H_p = 45 cm – par exemple, comme représenté à la Figure 74). On obtient donc H_p + 220 cm = 265 cm.

La distance L :

- tan 30° = (265 cm – 160 cm)/L
- L = 182 cm

La distance D (distance jusqu'au milieu du panneau) :

- $D = \sqrt{L^2 + (H_p/2 + (220 - 160))^2} = \sqrt{182^2 + 82.5^2}$ = 2.00 m

Dimensionnement du texte pour des personnes âgées (80 ans) :

- Les lettres sont sans empattement → a = 6.4 et b = 3.0
- Le V_0 pour une personne de 80 ans et une distance de 2.00 mètres est égal à 0.743
- Supposons que la luminance du fond (en principe blanc, mais en l'occurrence donc aluminium mat) est d'environ 20 cd/m², en mesurant à partir du point d'observation
- $V = k \times V_0 = 0.83 \times 0.743 = 0.617$
- $S = D/V = 2.00/0.617 = 3.24$
- $P = a \times S + b = 6.4 \times 3.24 + 3.0 = 24$ points
- $M = 0.3514 \times P = 0.3514 \times 24 = 8.35$ mm (*)

- Pour une très bonne lisibilité, on multiplie par un facteur d'échelle 2.2. La taille des caractères devient donc 18.37 mm. En arrondissant, on choisira des tailles de caractère de 2 cm, ce qui correspond à 1 % de la distance d'observation.

Dimensionnement du texte pour des personnes malvoyantes (VA = 0.1) :

- Idem que pour le raisonnement précédent, à ceci près que l'on ne va pas déterminer V_0 en fonction de l'âge ou de la distance, mais simplement l'assimiler à 0.1.
- $V = k \times V_0$ = 0.83 x 0.1 = 0.083
- S = D/V = 2.00/0.083 = 24.09
- $P = a \times S + b = 6.4 \times 24.09 + 3.0$ = 157 points
- $M = 0.3514 \times P = 0.3514 \times 157$ = 55 mm
- Pour une très bonne lisibilité, on multiplie de nouveau par un facteur d'échelle 2.2. Cela donne une taille de caractères de 121 mm, ce qui correspond à 6 % de la distance d'observation, soit un peu plus des 5 % demandés dans le Tableau 13. La comparaison des deux valeurs doit toutefois être effectuée avec la réserve de mise, dans la mesure où la valeur obtenue ici doit en principe être une valeur applicable dans la pratique, alors que les valeurs du Tableau 13 ont été déterminées dans des conditions de laboratoire.

9.4.2. IDENTIFICATION

Un exemple de panneau d'identification est donné à la Figure . Ce type de panneau indique clairement que l'on se trouve à hauteur du local d'échographie pour les maladies cardiovasculaires. En principe, on peut s'approcher beaucoup plus de ce genre de panneau d'identification que d'une indication de direction mais, sur la base d'une utilisation confortable, nous supposons en l'occurrence une distance D = 1.00 mètre. De tels panneaux d'indication sont également positionnés plus bas que les indications de direction, de sorte qu'ils reçoivent aussi plus de lumière dans bon nombre de cas : nous supposons donc 30 cd/m² au lieu des 20 cd/m² de l'exemple précédent. On obtient donc :

Signalisation utilisée uniquement par des médecins et des infirmiers (65 ans) :

- Les lettres sont de nouveau sans empattement → a = 6.4 et b = 3.0
- Le V_0 pour une personne de 65 ans et une distance de 1,0 mètre est égal à 0.6925 (après interpolation linéaire des tableaux de l'annexe D, rapport CIE 196)
- $V = k \times V_0 = 0.873 \times 0.6925$ = 0.604
- S = D/V = 1/0.604 = 1.654
- $P = a \times S + b = 6.4 \times 1.654 + 3.0$ = 14 points
- $M = 0.3514 \times 14 = 4.77\ mm$
- Pour une très bonne lisibilité, multiplier par 1.7 à 2.2, soit une taille de caractères de 9 à 10 mm (1 % de la distance de lecture)

9.5. PRÉCISION IMPORTANTE :

La feuille de calcul des contrastes permet d'effectuer des calculs détaillés pour le dimensionnement de la signalisation. Toutefois, un certain nombre de paramètres doivent être choisis par l'utilisateur final

lui-même : quelle est la distance d'observation ? De quels problèmes de vue vais-je tenir compte ? Quel(le) est l'éclairement/la luminance au droit de la signalisation ? Quel caractère choisit-on ? Une distinction est opérée entre les lettres avec et sans empattement, mais la lisibilité du texte peut aussi être influencée par toutes sortes de caractéristiques typographiques (par exemple – DIN 1450: Lettering – legibility). Ce sont des choix qu'il convient toujours d'effectuer au début d'un projet. La feuille de calcul n'a certainement pas pour objectif de dimensionner chaque panneau séparément en fonction de la distance d'observation et de l'éclairage. La consistance interne de l'ensemble du système d'orientation et de circulation est encore beaucoup plus importante que le dimensionnement correct du texte. À cet égard, les informations visuelles peuvent être complétées par des informations auditives ou tactiles. La feuille de calcul peut constituer un outil pour étayer ces choix. Par exemple, j'ai un problème de visibilité des informations à l'endroit X et il convient certainement de prévoir des informations auditives ou tactiles (voir le point 10. Multisensorialité.)

10. MULTISENSORIALITÉ

Outre avec des informations visuelles et des contrastes, on peut également améliorer l'accessibilité de l'environnement bâti en utilisant d'autres sens (toucher/ouïe). Les solutions actuelles sont autant que possible de l'ordre de la « conception universelle », ce qui signifie qu'elles sont intégrées dans l'environnement quotidien sans détoner. La figure ci-dessous, issue du BP P96-104, montre comment utiliser différentes technologies de construction et de communication pour améliorer l'accessibilité. Dans certains cas, les contrastes ne sont pas souhaitables ou on ne souhaite pas dimensionner pour une personne présentant une acuité visuelle de 0.1 parce que la taille serait beaucoup trop grande. À ce moment, on peut recourir à une technologie complémentaire. À cet égard, des objets actuels du quotidien tels que les smartphones offriront, à terme, des possibilités pour rendre un environnement à la fois facile d'utilisation et agréable. Plusieurs des solutions représentées dans la figure ci-dessous peuvent ainsi être mieux intégrées dans l'environnement bâti, ce qui les rend moins stigmatisantes. De cette manière, l'accessibilité devient une qualité discrète qui est malgré tout très présente, ce qui est en partie étayé par les résultats de ce rapport.

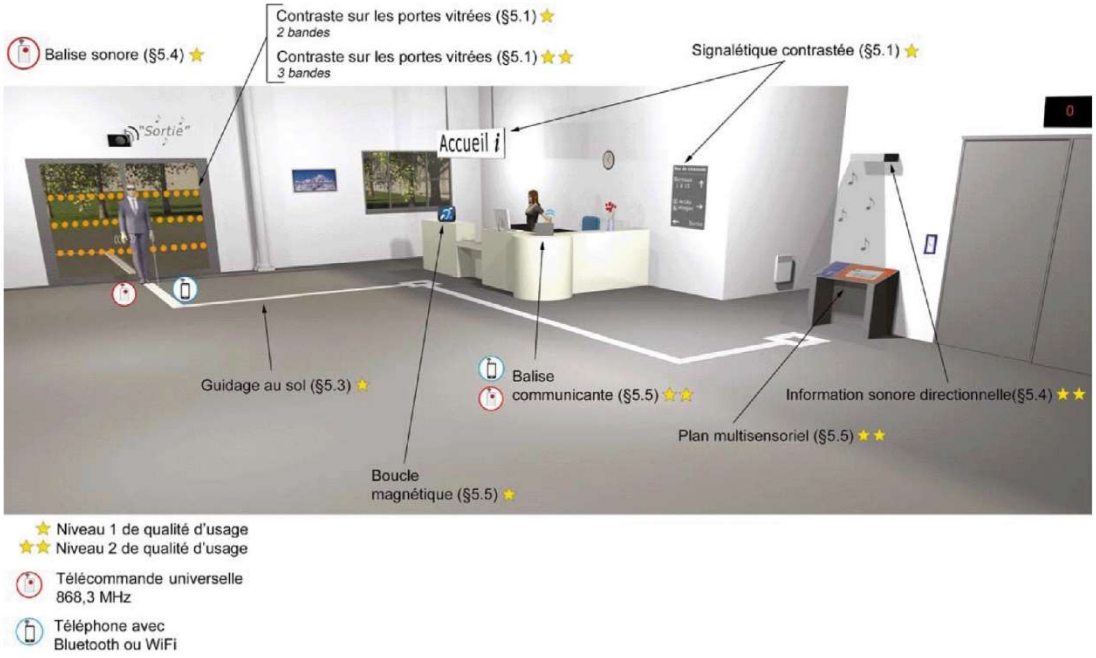


FIGURE 81 : SOURCE ; BP P96-104 – FIGURE 8 : ACCUEIL D'UN ÉTABLISSEMENT RECEVANT DU PUBLIC

11. RÉFÉRENCES

[1] L. Van De Perre, Peter Hanselaer, K. Smet, and W. Ryckaert, “Contrast metrics evaluation,” in *Contrast metrics evaluation*, 2016, pp. 70–78.

[2] J. Herssens, “Designing Architecture for More: A Framework of Haptic Design Parameters with the Experience of People Born Blind,” 2011.

[3] Tom Vavik, *Inclusive Buildings, Products and Services: challenges in universal design*. 2009.

[4] R. W. G. Hunt and Pointer M.R., *Measuring colour*. 2011.

[5] ISO, *NBN EN ISO 9241-303 - Ergonomie van de mens-systeeminteractie - deel 303: eisen voor elektronische beeldschermen*. 2012, p. 58.

[6] International Standardisation Organisation (ISO), *ISO 3864-1: graphical symbols - safety colours and safety signs - part1: design principles for safety signs and safety markings*, vol. 2011. 2011, pp. 1–24.

[7] International Standardisation Organisation (ISO), *ISO 3864-2: Grphical symbols - safety colours and safety signs - part 2: design principles for product safety labels*, vol. 2004. 2004, pp. 1–30.

[8] *ISO 3864-3: Graphical symbols - safety colours and safety signs - part 3: design principles for graphical symbols for use in safety signs*, vol. 2012. 2012, pp. 1–38.

[9] International Standardisation Organisation (ISO), *ISO 3864-4: Graphical symbols - safety colours and safety signs - part 4: colorimetric and photometric properties of safety sign materials*, vol. 2011. 2011, pp. 1–30.

[10] Belgisch Instituut voor Normalisatie, *NBN EN 81-70: Veiligheidsregels voor het vervaardigen en het aanbrengen van liften - deel 70: Bijzondere toepassingen voor personenliften en goederenliften - toegankelijkheid van liften voor personen inclusief personen met een handicap*. 2003, pp. 1–31.

[11] OIVO, *Ongevallen met bouwelementen - Studie op basis van EHLASS-gegevens België 1998*. 2001.

[12] B. J. Cohen, C. A. Larue, and H. H. Cohen, “Stairway Falls - an ergonomics analysis of 80 cases,” no. January, pp. 27–32, 2009.

[13] D. Johnson, D. A. Johnson, and S. D. Ne, “Stair safety : bottom of flight illusion,” vol. 41, pp. 3358–3362, 2012.

[14] K. Janssens, J. Vanrie, K. Quartier, and S. Danschutter, “Light : towards an inclusive perspective,” 2016, p. 11.

[15] D. Böhringer and A. Stemshorn, “Barrierefreie Treppen,” 2013.

[16] R. J. Foster, J. Hotchkiss, J. G. Buckley, and D. B. Elliott, “Safety on stairs : Influence of a tread edge highlighter and its position,” *EXG*, vol. 55, pp. 152–158, 2014.

[17] P. Vangorp and P. Dutr, “Shape-Dependent Gloss Correction,” 2006.

[18] British Standard Institution (BSI), *BS 8493 - Light Reflectance Value (LRV) of a surface – Method of test*. 2010, p. 22.

[19] D. Böhringer, *Barrierefreie Gestaltung von Kontrasten und Beschriftungen*. Fraunhofer IRB, 2012.

[20] P. M. Lenoir *et al.*, “New standard for the visual accessibility of signs and signage for people with low vision (ANEC-DFA-2008-G-044-Annex 6rev),” 2010.

[21] CIE, “CIE 196 - Guide to increasing accessibility in light and lighting - vision data and design considerations for better visibility and lighting for older people and people with disabilities,” 2011.

[22] S. R. Lord, S. T. Smith, and J. C. Menant, “Vision and falls in older people: Risk factors and intervention strategies,” *Clin. Geriatr. Med.*, vol. 26, no. 4, pp. 569–581, 2010.

12. SOURCES FIGURES ET TABLEAUX

12.1. FIGURES

Figure 1- droite & figure 44: Gary D. Sloan 2011, Presentation – Panel D perception and cognition, *International Conference on stairway usability and safety* (ICSUS – 06/2011), Toronto

Figure 2 – gauche: Arnaud Deneyer 2003, *‘Le confort visuel et la normatlisation’*, CSTC-Magazine – Automne 2003. p.33-43

Figure 2 – droite: Wouter Ryckaert & Peter Hanselaer 2013. *Technische fiches verlichting ‘Belangrijke lichtgrootheden’*. Tecnolec, 36p.

Figure 5 – 11: R.W.G. Hunt & M.R. Pointer 2011. *Measuring Colour – fourth edition.* John Wiley & Sons Ltd., 320p.

Figure 12-13: ISO 24505 (2016) – Ergonomics, accessible design, method for creating colour combinations taking account of age-related changes in human colour vision

Figure 14: ISO 9241-303 (2011) – Ergonomics of human-system interaction – part 303: requirements for electronic visual displays

Figure 15, 76 & 77: CIE 196 (2011) – figure 10: Contrast sensitivity function by different authors for different age groups

Figure 18: Brigth K., Cook G. & Harris J. 2004, *Colour, contrast & perception, design guidance for internal built environments*, The University of Reading, 32p.

Figure 21 & 51 – gauche: Junge K. 2011, presentative ‘*Barrierefreiheit durch Kontraste – DIN 32975 – normative anforderungen und Hinweise zur praktischen Umsetzung*’, DBSV

Figure 22, 50 – gauche, 51 au milieu: Böhringer D. 2011. *Barrierefreie Gestaltung von Kontrasten und Beschriftungen*, Fraunhofer IRB Verlag, 136p.

Figure 23 – gauche & figure 25: Verheem M. 2015. Presentation *'Customer experience in de zorg architectuur', ID-Lab*, Kenniscentrum 60-plus

Figure 23 – droite: Vermolen H. 2015. Presentation '*Customer experience in de zorg architectuur', AZ-Groeninge Kortrijk*, Kenniscentrum 60-plus

Figure 30: Lyons M. 2007. Presentation *'Desiging for safe egress'*, NDA Ireland

Figures 37, 40, 41, 43 gauche, 51 au milieu, 62 – Böhringer D. & Stemshorn A. 2013, '*Barrierefreie Treppen'*

Figure 46: NBN S 23-002 – Vitrerie (figure 9), 2007

Figures 48 & 49: ISO 21542 (2011) – Building construction – accessibility and usability of the built environment

Figure 51 – rechts: toegankelijkheidsbureau Westkans – www.westkans.be

Figures 73, 74 & 75: Chain C. 2010, '*Le contraste visual pour les personnes malvoyantes, appliqué aux bandes d'éveil de vigilance (norme NF P98-351)*', Certu

Figure 81: BP P96-104 (2014), '*Accessibilité aux personnes handicapées – Signalétique de repérage et d'orientation dans les établissements recevant du public'*, Batipédia

12.2. TABLEAUX

Taleaux 3 & 4 – photos escalier: Böhringer D. 2011. *Barrierefreie Gestaltung von Kontrasten und Beschriftungen*, Fraunhofer IRB Verlag, 136p.

Tableaux 7 & 8: Dossier-CSTC 2005/02.02 '*Sécurité et accessibilité des bâtiments*' & OIVO-rapport '*Ongevallen met bouwelementen – studie op basis van EHLASS-gegevens België 1998*' (2001) – EHLASS = European Home and Leisure Accident Surveillance System

Tableau 13: P.M. Lenoir et al. 2010, '*New standard for the visual accessibility of signs and signage for people with low vision*' (ANEC-DFA-2008-G-044-Annex 6rev)

Tableau 14: CIE 196 (2011) '*CIE Guide to increasing accessibility in light and lighting*' – figure 2: Example of fonts with serif and without serif (sans-serif)