

Rapport CIE 100-1992 (Division 4, TC 4-09)
Fundamental of the visual task of night driving

L'objectif du rapport CIE 100 est de décrire les tâches visuelles dans la conduite de nuit, et de montrer comment on peut en déduire des améliorations de l'environnement visuel de la route.

1. Perception visuelle et contrôle des déplacements

Il faut considérer la perception visuelle comme un élément d'un système plus complexe : perception, cognition, processus psychomoteur. Les principaux déterminants de ce système sont l'apprentissage, la mémoire, l'attention, et le processus de décision.

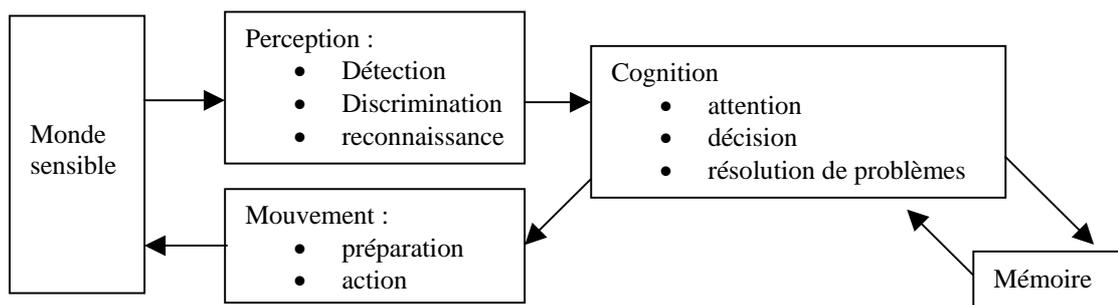
Vision et contrôle des déplacements

La vision est la principale source de contrôle des déplacements. Le contrôle visuel de la conduite est un processus très complexe, que pourtant des millions de personnes accomplissent quotidiennement de manière satisfaisante, sans avoir l'impression d'accomplir un exploit.

La vision s'est développée en même temps que la locomotion. Elle est convenablement adaptée à la marche, à la course, mais pas à la voiture. En particulier, les réactions motrices en voiture doivent se déclencher loin de l'événement, du fait de la vitesse élevée. C'est une des raisons qui font que la vision est la perception critique au volant : cet usage de la vision n'est pas « naturel ».

Performance visuelle

La vision au volant n'est qu'un exemple d'un modèle général de performance. Chaque boucle, dans un tel modèle, est une expérience, qui contribue à l'apprentissage.



Ce que l'on perçoit au cours d'un déplacement, c'est une scène globale, enrichie au fur et à mesure par des coups d'œil. Chaque saccade oculaire ajoute de l'information visuelle à la représentation que l'on a de l'espace dans lequel on se déplace. Cette représentation est liée à une forme de mémoire. L'apprentissage est un moyen de « cabler » le pré-traitement des événements fréquents, et donc de libérer de l'attention qui devient disponible pour rechercher autre chose.

2. Vision nocturne

Le système visuel

Le système visuel humain permet de voir 12 ordres de grandeur de luminances. Le domaine scotopique se situe en dessous de 1 cd/m², le photopique, au dessus de 3 cd/m², et le mésopique entre les deux. La conduite de nuit est essentiellement mésopique. Comme il n'y a pas de bâtonnets dans la fovéa, on ne peut pas fixer un détail dans le noir. C'est ce qui se passe au volant au delà du lobe des phares, sur une route non éclairée.

Entre la détection d'un objet et sa compréhension¹, il y a un processus cognitif. Le seuil de détection est plus bas que le seuil de compréhension (ou identification). La conspécuité² est la capacité propre d'un objet, dans un contexte, à attirer l'attention. En général, plus un objet est proche de l'axe du regard, plus

¹ Ce niveau de compréhension est intermédiaire entre la visibilité et la lisibilité routière.

² Barbarisme formé sur l'anglais *conspicuity*.

on le détecte facilement. De même, plus un objet est là ou on l'attend, plus on le détecte facilement. Mais la nuit, les objets de faible luminance sont plus facilement détectés en vision périphérique (il y a plus de bâtonnets).

Eblouissement

L'éblouissement d'incapacité (*disability glare*) peut se calculer, sous la forme d'une luminance de voile équivalente. L'éblouissement d'inconfort (*discomfort glare*) est au moins aussi important, mais plus difficile à appréhender. Ce sont surtout les phares des véhicules venant en face qui en sont la cause.

Visibilité

Il y a plusieurs manières de définir un modèle de visibilité : on peut s'intéresser à la détection, à la compréhension, à la lecture d'un mot, à la décision de manœuvre. Les modèles usuels comme celui d'Adrian s'intéressent à la détection, mais font l'impasse sur l'attention et sur les attentes du conducteur. Des expérimentations³ peuvent permettre de tester la pertinence d'un indice de visibilité, en corrélant cet indice avec le comportement de conduite. Les principaux modèles de visibilité sont :

- CIE.
- Adrian.
- Bhise (distance de visibilité tenant compte des feux de véhicule).
- Olson & Bernstein (visibilité de la signalisation).

Spécificité de la conduite nocturne

Quand on conduit de nuit en rase campagne, la rétine est divisée en 3 régions : une qui correspond à l'intérieur du lobe des phares, une qui correspond à l'extérieur, et une qui correspond à la frontière, c'est à dire qui est alternativement en fonctionnement photopique et scotopique. C'est dans cette dernière que les performances visuelles sont les plus mauvaises, car les bâtonnets mettent du temps à récupérer leur sensibilité, et les cônes sont peu sensibles.

On peut admettre, en général, que la luminance des panneaux est due à l'éclairage (feux + luminaires), et que la luminance du fond est celle du paysage. Pour le marquage, la luminance de fond est celle de la chaussée. L'hypothèse communément admise dans les calculs de VL d'un fond uniformément sombre est très discutable, surtout en ville.

3. Tâche visuelle en situation de conduite

Tâches visuelles

On distingue des tâches visuelles directes (attention, détection, reconnaissance), et des tâches indirectes (décision, guidage visuel, réponses motrices). Le conducteur doit porter son attention sur trois types de tâches, dans l'ordre : le positionnement (par rapport à la route), la situation (par rapport aux autres véhicules et aux événements divers), et la navigation (par rapport au but de son trajet). La hiérarchie entre ces tâches est manifeste dans le brouillard, où on a parfois l'attention concentrée sur la détection de la ligne de rive, ce qui fait qu'on ne peut pas se mobiliser pour trouver son chemin.

Attention

L'attention, c'est la manière dont on filtre l'information visuelle. Plus on filtre, plus on est attentif à ce qui n'est pas filtré. En situation de conduite, paradoxalement, le but est de concentrer son attention sur les événements inattendus.

Remarquer quelque chose d'inattendu, c'est le fondement de l'attention au volant. Il faut en plus le remarquer à temps, pour avoir le temps d'adapter son comportement. Le passage entre détection et reconnaissance peut être progressif : on détecte un panneau, puis après s'être approché on distingue le pictogramme.

³ Comme celles qui ont été réalisées sur la piste d'éclairage du LRPC de Rouen.

Vision périphérique

Une des principales différences entre le jour et la nuit, c'est la quasi-disparition, de nuit, des indices de mouvement en vision périphérique, qui jouent un rôle important (mais mal compris) dans le guidage visuel de la trajectoire du véhicule.

Fatigue visuelle

Il y a toute une littérature sur la fatigue visuelle nocturne, qui porte sur les opérations cognitives, sur les mouvements oculaires, sur la pupille, sur le temps de perception. On observe que les conducteurs inexpérimentés s'adaptent à la fatigue en restreignant leur champ visuel.

Éléments visuels

Le rapport propose de ne plus considérer, pour évaluer la détection et la reconnaissance, des objets standard (anneau de Landolt, sphère), mais des objets réellement attendus sur la route, qu'ils appellent « éléments visuels ». Il définit les principales classes d'éléments visuels :

- Les bords de voie et de route.
- Les intersections, les points d'entrée et de sortie.
- Les virages.
- Les obstacles permanents (piles de pont, chaussée défoncée).
- Les obstacles temporaires (travaux, voiture arrêtée).
- La météo.
- La situation dans le trafic motorisé.
- La situation dans le trafic non motorisé.
- La signalisation.
- Le paysage.

Selon le trajet, les différents éléments visuels posent des problèmes différents, dans leur fréquence, leur nature, et leur simultanéité. Trois situations sont distinguées : la ville, la campagne et l'autoroute. L'analyse des différents cas de figure conduit aux conclusions suivantes :

- Sur les voies importantes, l'éblouissement est le problème visuel principal.
- Sur route, la compréhension du tracé routier est le problème visuel principal. La pluie aggrave nettement la situation.
- Seul l'éclairage public peut rendre les piétons visibles.
- On ne peut pas se contenter d'objets neutres comme cibles pour évaluer la détection des obstacles.

4. Sécurité routière

Eclairage public

L'éclairage sert à anticiper les événements. C'est donc quand les automobilistes roulent vite qu'il faut éclairer loin (avec des phares ou avec de l'éclairage public). La décision d'éclairer un élément ou d'améliorer sa visibilité dépend de 3 choses : le coût, le risque objectif si l'élément n'est pas vu ou pas reconnu à temps, et la rareté de l'élément. Malheureusement, aucune étude d'accidentologie n'est assez fine pour pondérer ces trois facteurs... et d'ailleurs une telle étude coûterait trop cher !

Insécurité liée à la tâche visuelle

Une étude identifie une série de causes d'accidents liées à des tâches visuelles :

- Concentration sur la tâche de navigation
- Distraction par un véhicule ou un piéton
- Mauvaise perception de la vitesse
- Mauvaise anticipation d'une manœuvre adverse
- Mauvaise compréhension de la géométrie de la route

Cinq études sont recensées sur les indices visuels en situation de conduite :

- interviews de conducteurs, qui font le même trajet (3 études d'une dizaine de personnes)
- interviews d'automobilistes chez eux (1200 personnes)
- présentation de diapositives

Les problèmes de visibilité exprimés par les conducteurs, sur route, sont l'éblouissement et le tracé. L'éclairage public semble efficace pour dissiper la confusion entre des lumières fixes du paysage et les feux des autres véhicules. Une étude, sur autoroute, indique que l'éclairage public n'améliore pas la visibilité des obstacles ni du trafic.

Risques spécifiques

Un signal visuel non compris n'est pas seulement inutile, il est dangereux, car il attire l'attention, ce qui rend plus difficile d'autres détections.

On a constaté que les effets stroboscopiques (tunnels, platanes, mauvais éclairage) étaient dangereux en terme d'accidentologie. D'autre part, le contraste d'un marquage rétro-réfléchissant est moins bon avec l'éclairage public.

Concernant la lisibilité des panneaux, une étude a montré que les pictogrammes sont compris à une distance deux fois plus grande que les panneaux écrits. La sensibilité au contraste est un meilleur indicateur de la capacité à identifier un panneau que l'acuité.

5. Recommandations

Permis nocturne

On pourrait justifier, par des tests visuels spécifiques, la création d'un permis de conduire spécifique pour rouler de nuit.

Visibilité

Sur autoroute, les 2/3 des accidents de piétons ont lieu la nuit. Il y a certainement un problème direct de visibilité qui vient s'ajouter à l'incongruité de l'événement. On observe aussi que la séparation matérielle entre les deux sens de trafic est une protection efficace contre l'éblouissement. Il est suggéré d'utiliser l'éclairage avec un rôle de signalisation lorsqu'on peut contrebalancer une mauvaise compréhension de la situation, et d'élever les niveaux lumineux en périurbain, pour limiter l'éblouissement.

La nuit, l'éclairage de l'intérieur du véhicule doit être aussi faible que possible, pour ne pas ajouter une luminance de voile, qui diminuerait la visibilité des « éléments visuels ».

Eclairage

Sur route, le rapport recommande d'éclairer la chaussée plutôt que les éléments visuels, en particulier dans les zones commerciales (lorsqu'il y a un important éclairage privé). En ville, ils recommandent d'éclairer pour voir le trafic, les piétons et la géométrie du trajet. Pour ce dernier point, la rétro-réflexion est aussi recommandée.

Dimensionnement

Le marquage au sol doit être visible à deux secondes de distance pour bien garder le cap. Selon les études, le point de fixation visuel correspond à une distance de 3 à 5 secondes.

Le temps de réaction est de 2 à 3 secondes. On peut utiliser une référence de 2,5s pour du dimensionnement d'infrastructures.

Un modèle de calcul permet d'estimer le temps nécessaire pour changer de voie (4 à 7 secondes). Cela peut servir à faire le diagnostic d'un point noir sur un itinéraire, en confrontant ce temps à la situation concrète rencontrée.