

LA SAILLANCE VISUELLE DES OBJETS ROUTIERS, UN INDICATEUR DE LA VISIBILITÉ ROUTIÈRE

Roland BREMOND¹, Jean-Philippe TAREL¹, Hicham CHOUKOUR¹, Marion DEUGNIER²

1 Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

2 Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité

Résumé

Le diagnostic de la qualité de service de la route passe par la définition d'indicateurs liés à l'infrastructure routière, et notamment des indicateurs de la perception que l'utilisateur de la route peut avoir des éléments de l'infrastructure. Cette notion de visibilité routière, à son tour, peut être rapportée à plusieurs types de paramètres, qui peuvent être physiques (contraste, couleur), physiologiques (adaptation visuelle), ou psychologiques (saillance visuelle). Ce dernier aspect se rapporte à la capacité que possède un objet d'attirer l'attention. Cet article présente une recherche préliminaire visant à définir un algorithme de calcul de la saillance visuelle des objets routiers. Nous présentons d'une part un modèle de référence de la littérature pour le calcul de la saillance, modèle fondé sur une modélisation simplifiée du fonctionnement du système visuel. Nous présentons ensuite deux expérimentations qui permettent de clarifier la notion de saillance visuelle dans un contexte routier. Enfin, nous confrontons les résultats de ces expérimentations au modèle de calcul cité et nous tirons des premières conclusions quand aux limites de ce modèle.

1 Objectif

Pour améliorer la qualité de service de la signalisation routière, une des voies passe par l'amélioration de sa saillance visuelle. Ceci implique d'une part de pouvoir mesurer ce paramètre de manière objective, et d'autre part à rassembler des données expérimentales concernant la place de la signalisation dans la prise d'information des usagers de la route. Pour cela, la Division ESE du LCPC travaille à la définition d'un système automatisé de mesure de la saillance visuelle des objets routiers, notamment de la signalisation. Pour cela, la démarche proposée consiste à définir un algorithme de calcul de la saillance visuelle des différents objets présents à partir d'images ou de vidéos routières. Cet algorithme doit être validé par des données expérimentales concernant la saillance visuelle effective de ces mêmes objets routiers pour des automobilistes. Cet article présente une recherche préliminaire visant à définir un algorithme de calcul de la saillance visuelle des objets routiers. Nous présentons un modèle de référence pour le calcul de la saillance, qui est fondé sur une modélisation simplifiée du fonctionnement du système visuel. Nous présentons ensuite deux expérimentations qui permettent de clarifier la notion de saillance visuelle dans un contexte routier. Enfin, nous confrontons les résultats de ces expérimentations au modèle de calcul cité, et nous concluons quand aux limites de ce modèle.

2 Modèles de vision humaine

La visibilité routière est essentiellement définie par des indices de performances (comme le niveau de visibilité) qui sont fondés sur des tâches de détection de cible [Adrian1989,

CIE1981]. Ces modèles sont construits à partir de données expérimentales portant sur de très grands nombres d'observateurs, mais avec une faible pertinence vis-à-vis de la tâche de conduite. D'autres études s'intéressent à la tâche visuelle en situation de conduite, ou à la saillance visuelle (conspicuity) de la signalisation routière [CIE2000]. On distingue classiquement la saillance attentionnelle de la saillance de recherche. La première correspond à la capacité *a priori* d'un stimulus à attirer l'attention, tandis que la seconde correspond à la facilité de trouver un stimulus particulier lorsqu'on le cherche. Ces deux définitions de la saillance correspondent à deux cas extrêmes de la notion de saillance visuelle. Pour évaluer la qualité de service de la signalisation à valeur normative (obligations, interdictions, feux tricolores, etc.), nous nous focalisons ici sur la saillance attentionnelle qui a le mérite de pouvoir être plus simplement modélisée car elle ne fait pas intervenir de connaissances sur l'objet recherché.

La saillance visuelle est un élément du processus de traitement de l'information par le Système Visuel Humain (SVH) qui devrait être pris en compte dans la tâche de conduite [Hills 1980]. Malheureusement, de nombreuses définitions ont été proposées [Engel1971, Cole1980, Hugues1988]. Le comportement oculo-moteur [Cole1990], de même que la complexité des scènes [Jenkins1982], la photométrie et la colorimétrie des objets [Hugues1986] ou les caractéristiques individuelles [Cole1984] ont été étudiés. Les sciences de la vision et les neurosciences cognitives se sont principalement intéressées à la saillance visuelle par le biais d'images de synthèses sans sémantique présentées à des observateurs comme stimuli visuels [Northdurft1995]. La saillance attentionnelle comme la saillance de recherche ont été l'objet de recherches.

3 Modélisation par traitement d'images

Les modèles de l'attention visuelle [Niebur1998, Itti1998, Treisman1980] ont conduit au concept de carte de saillance, sur la base d'un processus ascendant de traitement de l'information (c'est-à-dire en ne prenant en compte que le flux d'information allant de la rétine au cortex visuel). L'hypothèse centrale est qu'on peut rendre compte de la saillance attentionnelle à partir d'une unique carte rétinotopique qui prend en compte tous les éléments de la saillance visuelle. Ce modèle n'est pas complètement fondé sur des connaissances physiologiques, mais certains travaux suggèrent que des corrélats physiologiques sont possibles.

Nous avons implémenté un modèle purement ascendant de calcul de la saillance visuelle par traitement d'image [Itti1998]. Comme il est purement ascendant, il ne permet pas de modéliser les boucles perception-action à la base des mécanismes de l'attention visuelle. Il traite donc de la saillance attentionnelle. Le modèle proposé reproduit schématiquement le traitement de l'information visuelle dans la rétine et dans les premières couches du cortex visuel. Ce modèle peut être schématiquement décrit par cinq idées :

1. Calcul de quatre cartes de saillance partielles : contrastes en luminance, contrastes rouge-vert, contrastes bleu-jaune, variation d'angle du gradient.
2. Ces cartes sont calculées à différentes échelles spatiales.
3. Elles sont combinées linéairement, avec une pondération différente pour chaque carte. La pondération est plus importante lorsque seuls quelques pics isolés sont présents. La combinaison obtenue définit la carte de saillance.
4. Les zones de forte saillance sont définies comme des disques de taille fixe autour des maximums locaux de la carte de saillance.
5. La stratégie « *Winner take all* » est utilisée pour ordonner les zones saillantes dans l'image.

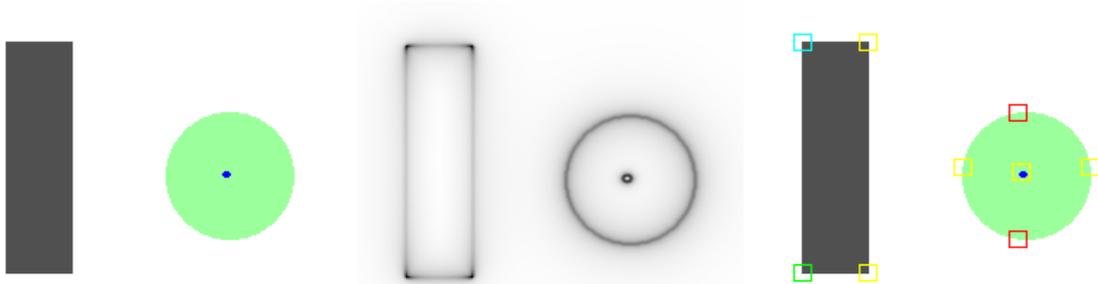


Figure 1 : A gauche, l'image originale où les points les plus saillants sont la zone centrale du cercle et les coins du rectangle. Au milieu, la carte de saillance associée selon [Itti1998] : plus un point est sombre, plus il est saillant. A droite, les points les plus saillants sont entourés par un carré.

Ce modèle a été validé expérimentalement en recherche visuelle libre [Overhani2004]. Il y a néanmoins des paramètres, comme le nombre d'échelles différentes à considérer, pour lesquels le choix d'une valeur est délicat. Nous avons implémenté ce modèle et pour illustrer les différentes étapes de l'algorithme, nous prenons comme exemple l'image de la Fig. 1. Les zones saillantes sont définies comme des disques de rayon fixe dont le centre est positionné à un maximum local de la carte de saillance. La valeur de la saillance au centre permet d'ordonner les différentes zones. Il a été proposé d'utiliser cet ordre pour mimer le comportement en saccades de l'œil, mais cela reste sujet à caution.

4 Données de référence

Notre démarche, en vue d'utiliser un modèle de calcul de la saillance visuelle dans un contexte routier, consiste à confronter ce modèle à ce que regardent effectivement des observateurs sur les mêmes images. Si le modèle est bon, on doit trouver les mêmes objets. Cette phase d'évaluation du modèle suppose d'une part la constitution d'une base de données d'images routières, d'autre part de constituer un ensemble de données de référence sur la saillance visuelle réelle des objets routiers. On utilise pour cela les paradigmes classiques de la psychologie expérimentale : présentation de stimuli visuels à des observateurs humains, enregistrement d'indices de comportement et traitement statistique de leurs réponses. La Fig. 2 présente deux images traitées.

4.1 Dispositif matériel

Les deux expérimentations présentées ici ont été réalisées dans une salle dédiée (salle Clovis au LCPC), photométriquement contrôlée, équipée d'un écran, d'un projecteur calibré, d'un ordinateur qui exécute le protocole expérimental et d'une manette qui permet d'enregistrer les réponses des sujets. Le logiciel *Presentation* permet de réaliser des expériences psychovisuelles suivant un scénario programmé (un scénario est une suite d'actions stimulus visuel - réponse exécutées séquentiellement). Ce logiciel gère l'affichage des images et enregistre les réponses ainsi que le temps de réponse.

4.2 Expérimentation sur la saillance des feux tricolores

La première expérience a pour but de mesurer expérimentalement la saillance visuelle des feux tricolores, de manière à comparer cette mesure opérationnelle aux estimations issues d'un modèle de calcul. Cette expérimentation [Tarel2006] a été réalisée sur 13 sujets âgés de 25 à 55 ans et titulaires du permis de conduire. L'expérience consiste à faire passer une série de 39 images en routières, dans un ordre aléatoire, avec trois durées d'affichage différentes : 100, 200 puis 400 ms. A chaque présentation d'une image, le sujet doit répondre à la question : « à 40

km/h, dois-je ralentir ?». La question posée à été conçue pour suggérer une situation de conduite au sujet. Les images routières visualisées se répartissent en trois groupes :

- 13 images où il n'est pas nécessaire de ralentir car la voie est dégagée et le feu est au vert ;
- 13 images où il est nécessaire de ralentir à cause de la présence d'un feu rouge ;
- 13 images pour lesquelles les réponses ne sont pas exploitables car on ne peut pas associer les réponses obtenues à la perception du feu tricolore. Ces images sont utilisées pour éviter que le sujet ne se focalise sur la détection des feux.

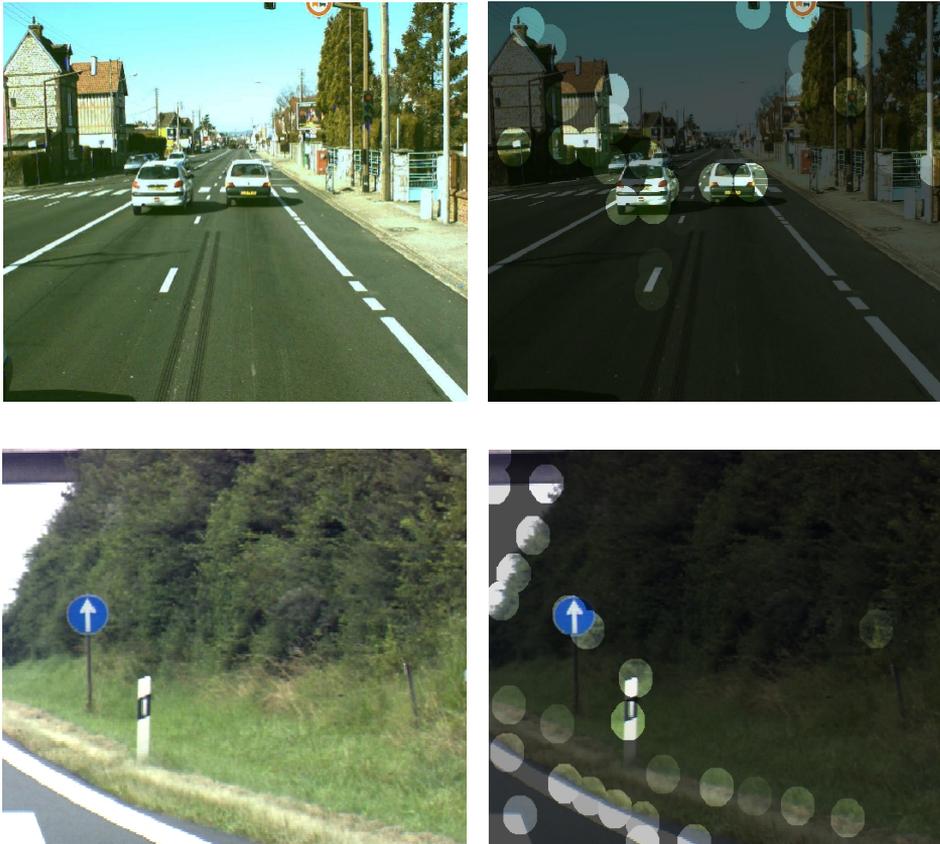


Figure 2 : Photographies et zones saillantes associées : plus la zone est saillante, plus elle est claire.

Le choix des images à afficher est délicat, ce qui est apparu lors de deux expérimentations préliminaires. Lors de la première, la présence de véhicules au premier plan rendait l'exploitation des résultats difficile sur certaines images. De plus, la durée de présentation des images était trop longue (donc la tâche trop facile). Dans la deuxième expérimentation, l'échantillonnage des différents niveaux de saillance des feux rouge et vert (au sens de [Itti1998]) n'était pas suffisamment uniforme. Cela rendait l'exploitation des résultats difficile. Nous avons donc été amenés à modifier artificiellement l'intensité du rouge et du vert des feux de signalisation dans plusieurs images.

L'exploitation des résultats consiste à observer, sur les 26 images des groupes positif et négatif, une éventuelle corrélation entre le taux de mauvaises réponses et la saillance du feu. Une telle corrélation n'a pas été observée, ce qui indique que le modèle proposé dans [Itti1998] ne s'applique pas à la modélisation de la saillance des objets observés par un conducteur en situation de conduite dans un environnement complexe. La question reste posée de savoir s'il est possible de faire évoluer ce modèle pour tenir compte de la tâche de conduite.

4.3 Expérimentation sur l'importance relative des objets routiers

Cette première expérimentation spécifique sur la saillance visuelle des feux de signalisation a été complétée par une expérimentation plus globale, visant à évaluer la répartition des objets routiers effectivement perçus, en fonction d'une typologie simple (signalisation, véhicules, route, éléments de décor, etc.). L'idée de cette expérimentation est de quantifier la prise d'information sur la signalisation routière [Brémond2006].

Nous avons considéré pour cela une situation urbaine de jour. L'utilisateur de la route est confronté à un ensemble d'objets routiers, que l'on peut décrire en termes de concurrence visuelle : en un temps limité, l'automobiliste doit intégrer les informations pertinentes pour sa tâche de conduite, parmi un ensemble de sollicitations visuelles plus ou moins anarchiques (y compris la publicité, les illuminations commerciales, etc.). Le protocole expérimental, relativement simple, permet tout de même de mettre l'observateur dans une situation suffisamment proche de la situation de conduite pour qu'on puisse discriminer ses réponses selon qu'on lui dit qu'il est en situation de conducteur, de passager ou de piéton. L'expérimentation a permis de quantifier la saillance visuelle de la signalisation dans une tâche de conduite urbaine diurne (saillance attentionnelle). Les éléments de signalisations sont dimensionnés pour être vus, mais ils sont vus en même temps que d'autres objets de moindre intérêt (distracteurs visuels). 40 sujets ont participé à cette expérience. On a projeté à chacun 20 images de scène routière urbaine pendant 100, 300, 600 ms. et enfin 10 s. (cette dernière présentation avait pour but de constituer une référence sur ce que les observateurs voyaient dans la scène sans véritable limite de temps). La consigne générale était qu'ils étaient en situation de conduite et la consigne spécifique était qu'ils devaient décrire «ce qu'ils avaient vu» sur l'image. Le choix de temps d'observation courts correspond à l'objectif de s'intéresser à la saillance attentionnelle.

L'analyse statistique des réponses montre que la catégorie sémantique « signalisation routière » est la seule à être d'autant plus citée que le temps d'observation est plus important. Une explication de ce résultat peut être que ces éléments sont considérés comme significatifs par les sujets, et que de ce fait ils sont activement recherchés dans la scène (ce qui suppose que ces objets n'étant pas naturellement saillants, les sujets les recherchent activement). Une autre hypothèse peut être que cette catégorie d'objet n'est pas d'importance prioritaire (par rapport au trafic, par exemple), et qu'elle n'est donc recherchée qu'en deuxième intention.

5 Conclusion

L'expérimentation sur la saillance des feux tricolores montre que la saillance attentionnelle au sens de [Itti1998] est trop réductrice par rapport à la notion de saillance en situation de conduite, même pour la signalisation de police. Comment expliquer ce résultat ? Tout d'abord, il faut noter que la perception de l'environnement de la route par un conducteur résulte d'un apprentissage tout au long de sa vie. Ceci peut expliquer les différences que nous avons constatées entre les stratégies visuelles des conducteurs expérimentés et non expérimentés dans les deux expérimentations précédemment décrites [Tarel2006, Brémond2006]. Par exemple, le conducteur sait que la signalisation réglementaire présente de nombreux contrastes rouge-blanc. Ces connaissances apprises doivent être intégrées dans le modèle pour espérer modéliser la saillance visuelle effective pour les conducteurs.

Dans [Itti2001], il a été proposé d'intégrer le contexte de la perception de l'image sous la forme d'une pondération sur les différentes cartes apprises en fonction de l'objet. Il est en effet naturel de privilégier, par exemple, la carte de contraste rouge-vert lorsque l'on cherche à détecter des panneaux de stop sur un fond boisé. Mais cette approche semble trop réductrice face à la complexité et la variabilité des objets qui sont potentiellement intéressants pour le conducteur comme les véhicules, la signalisation, la route, etc.

En résumé, dans le contexte de la conduite la notion de saillance mise en jeu est une notion intermédiaire entre la saillance attentionnelle et la saillance de recherche que l'on peut nommer saillance attentionnelle sous contrainte d'une tâche spécifique (la conduite automobile). On s'est essentiellement placé, dans cet article, dans le contexte de la saillance attentionnelle, qui est pertinent pour les panneaux de police. Pour aborder les panneaux directionnels, il serait nécessaire d'utiliser des critères qui se rapprochent de la saillance de recherche. Si l'extension du modèle de la saillance attentionnelle pour prendre en compte des connaissances *a priori* reste un sujet ouvert, il semble donc également intéressant d'approcher le problème selon un autre angle qui consiste à définir la saillance d'un objet comme une évaluation de la facilité à détecter cet objet dans une image (saillance de recherche). Cela conduirait à développer des détecteur d'objets routiers permettant une évaluation de la qualité et de la facilité de détection.

Références

- Adrian W., (1989). Visibility of targets: model for calculation. *Lighting Research Technology*, 21 (4), 181-188.
- Brémond R. & Deugnier M., (2006). Saliency of road signs in urban areas. To appear in *proceedings of the 11th Conference Vision in Vehicles*, Dublin, Ireland.
- Cole B.L. & Hughes P.K., (1984). A field trial of attention and search conspicuity. *Human Factors*, 26 (3), 299-313.
- Cole B.L. & Hughes P.K., (1990). Drivers don't search: they just notice. In D., Brogan (Ed.), *Visual Search*. Taylor & Francis, 407-417.
- Cole B.L. & Jenkins S.E., (1980). The effect of variability of background elements on the conspicuity of objects. *Vision Research*, 24 (3), 261-270.
- CIE 19.2 (1981)*. An analytic model for describing the influence of lighting parameters upon visual performance, 2nd ed. *Commission Internationale de l'Eclairage*.
- CIE 137 (2000). The conspicuity of traffic signs in complex backgrounds. *Commission Internationale de l'Eclairage*.
- Engel F.L., (1971). Visual conspicuity, directed attention and retinal locus. *Vision Research*, 11 (6), 563-576.
- Hills B.L., (1980). Vision, visibility and perception in driving. *Perception*, 9, 183-216.
- Hughes P.K. & Cole B.L., (1986). What attracts attention when driving? *Ergonomics*, 29, 377-391.
- Hughes P.K. & Cole B.L., (1988). The effect of attentional demand on eye movement behaviour when driving. In Gale, A.G. & al. (Eds.), *Vision in vehicles II*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.
- Itti L., Koch C. & Niebur E., (1998). A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Intelligence*, 20 (11), 1254-1259.
- Itti L. & Koch C., (2001). Feature combination strategies for saliency-based visual attention systems. *Journal of Electronic Imaging*, 10(1) :161.169, Jan 2001.
- Jenkins S.E. & Cole B.L., (1982). The effect of density of background elements on the conspicuity of objects. *Vision Research*, 22 (10), 1241-1252.
- Niebur E. & Koch C., (1998). Computational architecture for attention. R., Parasuraman (Ed.), *The Attentive Brain*. MA : MIT Press, 163-186.
- Nothdurft H.C., (1995). Generalized feature contrast in preattentive vision. *Perception*, 24, S22.
- Ouerhani N., Wartburg H., Hügli R. & Müri R., (2004). Empirical validation of saliency-based model of visual attention. *Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis*, 3(1), 13-24.
- Treisman A. & Gelade G. (1980). A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12 (1), 97-136.
- Tarel J.-P. & Choukour H. (2006). Expérimentation pour tester un modèle de calcul de la saillance attentionnelle. *Rapport interne LCPC*.