

UNE APPROCHE FONCTIONNELLE EN VISION PROTHETIQUE : ETUDE PRELIMINAIRE DANS LE CONTEXTE DE LA MOBILITE

Guillaume Tatur, Isabelle Marc, Dominique Lafon, Gérard Dupeyron, Fabrice Bardin, Michel Dumas

▶ **To cite this version:**

Guillaume Tatur, Isabelle Marc, Dominique Lafon, Gérard Dupeyron, Fabrice Bardin, et al.. UNE APPROCHE FONCTIONNELLE EN VISION PROTHETIQUE : ETUDE PRELIMINAIRE DANS LE CONTEXTE DE LA MOBILITE. 2ème Conférence ASSISTH 2011, Accessibilité et Systèmes de Suppléance aux personnes en Situation de Handicap, Jan 2011, Paris, France. hal-02496837

HAL Id: hal-02496837
https://hal.science/hal-02496837

Submitted on 3 Mar 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNE APPROCHE FONCTIONNELLE EN VISION PROTHETIQUE : ETUDE PRELIMINAIRE DANS LE CONTEXTE DE LA MOBILITE

Guillaume Tatur[1,2,5], Isabelle Marc[1,2,5], Dominique Lafon[1,5] ,Gérard Dupeyron[4,5],

Fabrice Bardin[3,2,5] et Michel Dumas[2,5],

[1] LGI2P, Ecole des Mines d'Alès, Site Eerie Parc Scientifique et Technique Georges Besse, 69 rue Georges Besse, 30035 NIMES cedex 1,FRANCE
[2] Institut d'Electronique du Sud, MONTPELLIER , FRANCE
[3] Université de Nîmes. Site des Carmes. Place Gabriel Péri. 30000 Nîmes
[4] Institut ARAMAV, NIMES, France
[5]Equipe STINIM
{guillaume.tatur, isabelle.marc, dlafon}@mines-ales.fr
gerard.dupeyron@chu-nimes.fr, fabrice.bardin@unimes.fr, michel.dumas@univ-montp2.fr

Résumé. Ces travaux s'inscrivent dans le cadre plus général de la réalisation d'une prothèse visuelle destinée aux personnes atteintes de cécité tardive due par exemple à une maladie dégénérative de la rétine comme la rétinite pigmentaire. Les études consacrées au contenu informationnel de la vision prothétique proposent en général une diminution de la résolution des images issues d'une camera. En contraste à cela, nous proposons une approche fonctionnelle originale de la vision prothétique spécifique aux besoins en mobilité, conçue en collaboration avec des rééducateurs spécialisés. Nous proposons de montrer le fort intérêt que représente l'utilisation d'informations 3D de la scène observée. Pour évaluer nos propositions, un dispositif de simulation de vision prothétique a été développé et les résultats des premiers tests effectués apportent des preuves de la pertinence des représentations de l'environnement fournies.

Mots-clefs: prothèse visuelle; mobilité; interface homme-machine; simulation de vision prothétique; approche fonctionnelle ; informations 3D.

1. Introduction

La vision prothétique est actuellement l'un des champs de recherche les plus prometteurs dans le domaine des maladies dégénératives de la rétine comme la rétinite pigmentaire où aucune solution curative n'est pour l'instant opérationnelle. Malgré cette dégénérescence, toutes les parties du système visuel ne sont pas atteintes. Le concept de prothèse visuelle a été développé dans le but de stimuler de manière artificielle certaines parties des voies optiques encore fonctionnelles. La forme la plus étudiée de prothèse visuelle consiste en un ensemble d'électrodes, qui sont implantées pour stimuler électriquement les cellules à leurs contacts. Les

premiers essais d'implantation de prothèses visuelles sont encourageants. Plusieurs études font état du fait que la stimulation directe des cellules nerveuses des couches internes de la rétine, du nerf optique ou des régions corticales dédiées entraîne, chez des patients ayant complètement perdu toute perception visuelle depuis plusieurs années (ou plusieurs dizaines d'années), l'apparition de points lumineux dans leur champ visuel, appelés «phosphènes». Les prothèses ne permettent de générer simultanément qu'un nombre limité de phosphènes. Lorsque la quantité d'information fournie est très faible, peut-on espérer cependant fournir des éléments de vision réellement utiles ?
L'étude que nous menons en collaboration avec des spécialistes de la rééducation fonctionnelle basse vision (orthoptistes, locomotriciens) nous amène à compléter les approches actuelles en proposant la recherche d'une vision fonctionnelle : la prothèse devra fournir aux patients une représentation pertinente de l'environnement basée sur la perception de phosphènes, cette représentation dépendant de l'action en cours et du contexte. Plutôt qu'une vision d'acuité (supposée permettre une reconnaissance des formes, la lecture…), nous cherchons à définir les informations et leurs modes de présentation pour permettre au sujet de retrouver une autonomie dans les tâches courantes de déplacement en milieux connus ou non. Dans ce contexte de mobilité, nous voulons montrer que proposer une représentation basée sur l'information de distance est un choix pertinent. Pour cela, nous avons développé un dispositif de simulation de vision prothétique. Un ensemble de tests préliminaires a permis de valider ce dispositif et d'apporter les premières preuves de l'efficacité des représentations proposées.

2. La vision prothétique

Les phosphenes sont des phénomènes entoptiques caractérisés par la perception de points ou de régions plus ou moins lumineuses et colorées. D'après les différents essais cliniques réalisés, les phosphènes générés ont certaines propriétés qu'il semble possible de paramétrer selon les caractéristiques de la stimulation (voir notamment [1]) : la taille et la luminosité varient avec l'intensité de la stimulation et la position dans le champ visuel dépend du lieu anatomique de la stimulation.
Jusqu'à présent, la vision prothétique a été principalement abordée du point du vue de l'acuité, l'image rétinienne étant remplacée par l'image en niveaux de gris d'une caméra, dont la résolution va être réduite pour correspondre aux capacités de la prothèse (une matrice de 60 électrodes dans le cas de la prothèse épi-rétinienne ARGUS II [2], actuellement en test à l'Institut de la Vision[1] à Paris). La méthode employée pour réaliser cette réduction est majoritairement une opération de moyennage. Chaque phosphène possède un champ récepteur décrivant une portion de l'image capturée par la caméra. Les valeurs de pixels contenues sous ce champ vont être moyennées pour obtenir une valeur unique dont l'intensité du phosphène devra

[1] UPMC (Paris 6)

rendre compte [3,4]. Il est à noter que l'étendue de ce champ récepteur est identique quelle que soit sa position dans l'image. Cela indique que les informations dans les champs visuels périphérique et central sont décrites avec une précision équivalente.
La possibilité de tester différentes approches en vision prothétique sur des personnes implantées reste rare, c'est pourquoi à l'instar d'un certain nombre de travaux (dont [5, 6, 7]) nous utilisons la simulation de vision par phosphènes comme moyen de validation des traitements.
L' « image », en basse résolution, est fortement ambigüe (par exemple : est-ce une ombre ou un objet lointain ? un trou dans le sol ou encore un objet de couleur sombre ?...). Il est donc assez complexe d'extraire des données stables (pouvant être mises en correspondance au cours des vues successives) et utiles au déplacement (présence et position des obstacles, géométrie de la scène…) en exploitant la simple interprétation des variations lumineuses. De plus, l'apparence du monde extérieur (la réflectivité de certaines régions de la scène due aux matériaux et à la disposition des surfaces, l'orientation de l'éclairage artificiel ou naturel…) va fortement dépendre du point de vue, rendant assez complexe les étapes de traitement.
Ainsi la structure lumineuse de la scène, capturée par la caméra, doit-elle être la seule information disponible ? L'étude des méthodes de rééducation fonctionnelle et l'examen des aides techniques à la mobilité nous ont amenés à définir différentes propositions, tant au niveau de la nature de l'information à exploiter, que des méthodes d'analyse de cette information.

3. La vision fonctionnelle dans le cadre de la mobilité

La représentation de l'environnement se fait au travers d'une représentation rétinotopique comportant un certain nombre de phosphènes. Chaque phosphène est représentatif d'une région de l'image de la scène. Il convient de définir le mode d'échantillonnage de cette dernière. Nous pouvons distinguer deux principes de décomposition : la décomposition uniforme et la décomposition non uniforme. À ce jour, seule la décomposition uniforme a été utilisée dans la littérature.

3.1 Décompositions uniformes

Une décomposition uniforme (Figure 1) revient à partitionner l'image initiale en n blocs de pixels de même dimension, n étant le nombre de phosphènes.



Figure 1 : Décomposition uniforme de l'image de la scène (en haut) en 9x9 régions (en bas).

Ainsi, dans le cas d'une décomposition uniforme, si nous voulons décrire plus précisément la scène, tout en conservant le même nombre de phosphènes, il est nécessaire de zoomer, et donc de restreindre le champ visuel : seule une partie de l'image sera examinée.

3.2 Décomposition non uniforme

Nous pouvons définir une autre approche visant à décrire la scène dans son ensemble, en se basant sur une simple constatation de la physiologie de la rétine. En effet, une des caractéristiques du système visuel humain est que le champ visuel est examiné avec une acuité qui est non homogène. Ainsi, au contraire d'une camera numérique, pour laquelle l'image qui se forme après le système optique est régulièrement échantillonnée par une matrice de photosites, l'œil humain possède un pic d'acuité au centre du champ visuel lui permettant d'observer avec précision l'objet de son attention, ainsi qu'une vision plus grossière au fur et à mesure que l'on s'éloigne de ce centre. Malgré la faible densité de photorécepteurs, il conserve une perception périphérique lui conférant la conscience de mouvements ou la présence d'objets larges et contrastés.
Il serait alors intéressant d'étudier l'apport d'une décomposition de l'image s'inspirant de cette répartition. Pour cela nous allons déformer un maillage uniforme dont chaque nœud est le centre d'une région associée à un phosphène. Cette

déformation va donc créer localement une densité de phosphènes plus élevée, tout en gardant la possibilité de percevoir l'activité périphérique.

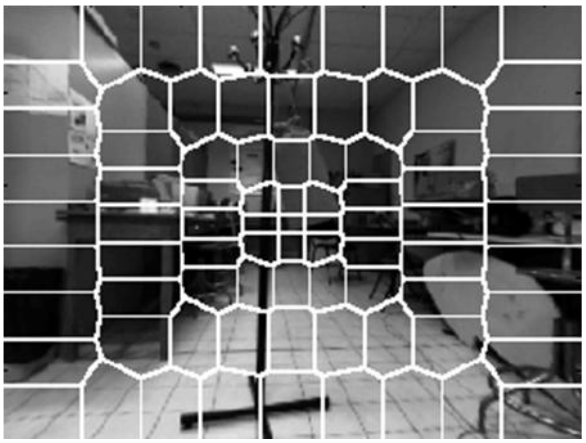


Figure 2: Décomposition non uniforme de l'image de la scène en 9x9 régions.

3.3 L'information de distance pour remplacer l'information de luminosité

Nous proposons l'utilisation de la distance pour représenter la scène (Figure 3).

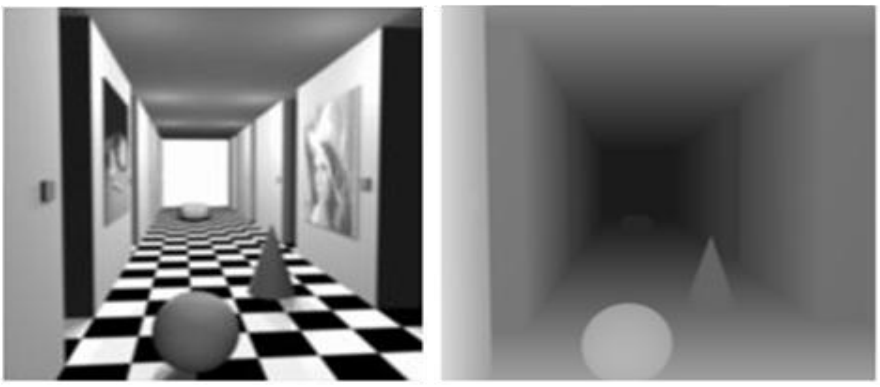


Figure 3 : A gauche une image synthétique en niveaux de gris, à droite la même image dont la luminosité (en niveau de gris) est remplacée par la distance (en réalité la disparité) convertie en intensité lumineuse.

En vision naturelle, nous percevons les distances par le biais de plusieurs méthodes dont principalement la stéréopsie du fait de notre vision binoculaire. En vision monoculaire, de nombreux indices [8], nous permettent de connaitre la profondeur relative de la scène ainsi que d'estimer notre place et celles des autres entités qui

composent notre environnement : accommodation, parallaxe de mouvement, occlusion, perspective linéaire, hauteur relative, flux optique, etc….. Cela est rendu possible en exploitant un ensemble d'inférences et hypothèses, acquises par apprentissage, sur la structure du monde qui nous entoure. Cette démarche est typiquement illustrée lors des séances de rééducation fonctionnelle de personnes malvoyantes, utilisant toutes les ressources visuelles possibles pour comprendre la géométrie de l'environnement, la disposition des surfaces et construire une carte mentale de l'espace dans lequel les patients se déplacent.
Comme il est difficile, avec si peu de résolution, de percevoir ces informations à travers la simple analyse de la représentation par phosphènes, il serait sûrement pertinent d'avoir directement connaissance des valeurs de profondeurs (Figure 4).

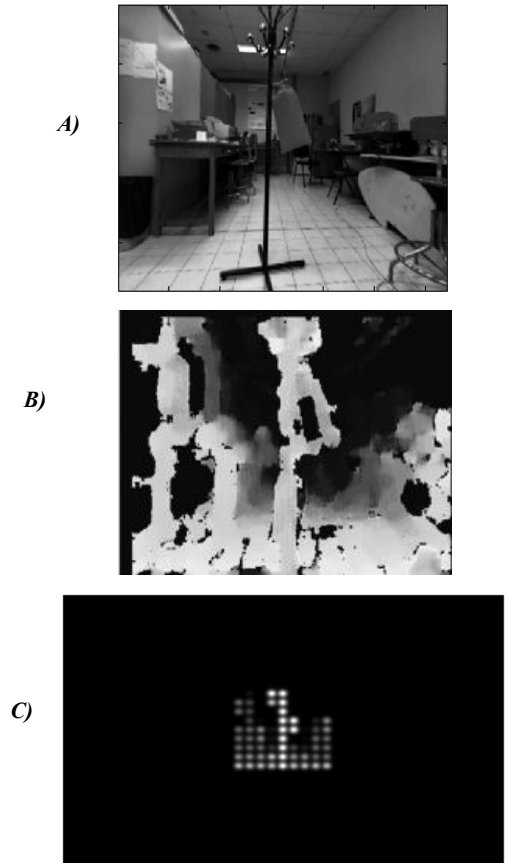


Figure 4 : l'information de profondeur (en *B*) de la scène (*A*) est utilisée pour générer l'image de simulation (C). Dans cette représentation, un ensemble de phosphènes circulaires possédant un profil de luminosité gaussien est disposé selon un arrangement matriciel. Les phosphènes n'occupent qu'une partie du champ visuel simulé, représenté par le fond uniforme.

3.4 Balayage des couches de distance en fonction du temps

Pour améliorer la perception des différentes couches de profondeur (ensemble de points situés à une distance spécifique, mesurée par rapport au sujet) tout en représentant une gamme de distances suffisamment grandes, nous proposons une autre solution que dans la figure 4 pour la représentation de la distance : le balayage temporel des différentes couches de profondeur, la représentation de deux couches de profondeur étant alors séparée dans le temps. Il est possible de voir cela comme une onde, dont la source est la caméra, qui se réfléchirait sur les différents obstacles, les mettant en lumière au fur et à mesure de son avancée. A partir de la simulation de phosphènes issue du traitement de l'image de distance, la fonction de balayage va sélectionner les phosphènes représentant une valeur appartenant à un intervalle de distances spécifiques. Cet intervalle va être le seul représenté et ne va donc provoquer l'activation que d'un sous ensemble des phosphènes disponibles. De plus, au lieu d'être binaire (suivant l'appartenance ou non à cet intervalle) et donc représentée par seulement deux valeurs de luminosité, l'intensité attribuée à un phosphène dans l'image de simulation finale va dépendre de l'écart entre les valeurs qu'il représente et le centre de cet intervalle. Ainsi, plus cette valeur représentée est proche du centre de l'intervalle et plus l'intensité du phosphène est élevée.

Nous pouvons observer que malgré l'adéquation apparente de l'information de profondeur pour la déambulation, il reste important d'avoir accès aux informations de luminosité de la scène car cette dernière peut être utilisée pour percevoir les informations d'ordre visuel comme des signaux d'informations lumineux, des marquages visuels (par exemple des bandes blanches au sol), etc…
Cependant, pour les phosphènes, le seul paramètre modifiable est l'amplitude. Il est alors complexe de présenter simultanément les deux types d'informations sauf si nous exploitons le balayage. Dans cette méthode, la vision de la luminosité est conservée et remplacée momentanément au cours du temps pour représenter les informations de profondeur (**Figure 5**).

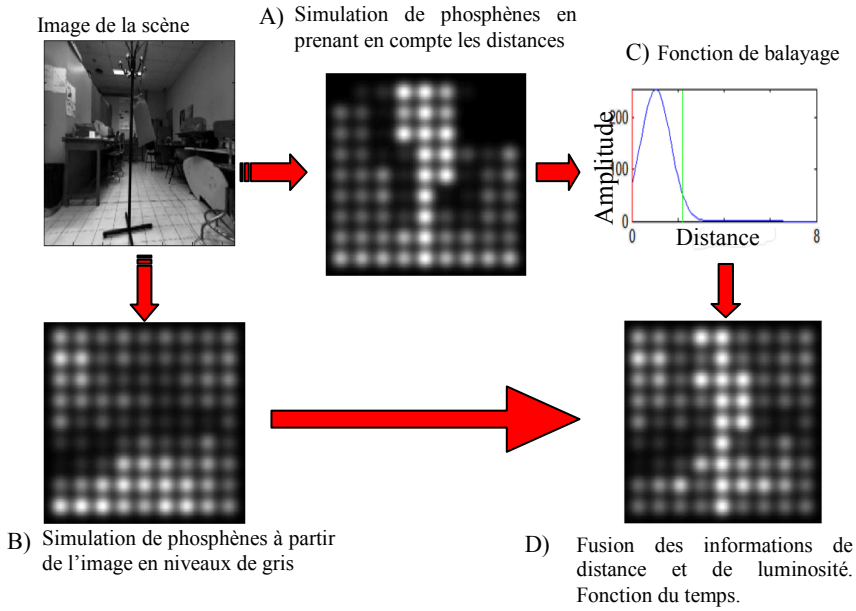


Figure 5 : Fusion des informations de distance (A) et de luminosité (B) par la fonction de balayage (C). Partant de la matrice de phosphènes simulés à partir de l'image en niveaux de gris, l'amplitude de certains phosphènes est remplacée par l'amplitude en sortie de la fonction de balayage. A un instant donné, seul un intervalle spécifique de distances est pris en compte, ce qui correspond en D à la position de l'objet vertical au centre de l'image. Nous remarquons que l'objet au centre de l'image est trop fin pour être détecté dans (B). Le processus de fusion permet de mettre en exergue cet objet dans l'image de simulation finale (D). *Pour en améliorer la visualisation dans ce document, les images de simulation ont été détourées, c'est-à-dire que l'on ne laisse apparaître que la surface occupée par les phosphènes.*

Dès lors que les deux informations sont disponibles, il est possible de conférer une existence spatiale à un objet, même si celui-ci n'a pas été clairement perçu sur l'image de luminance (confondu avec le fond, trop fin pour être détecté…) ou mal interprété (ombre projetée confondue avec un obstacle par exemple) et de lever l'ambigüité sur la configuration spatiale de la scène observée (**Figure 6**).

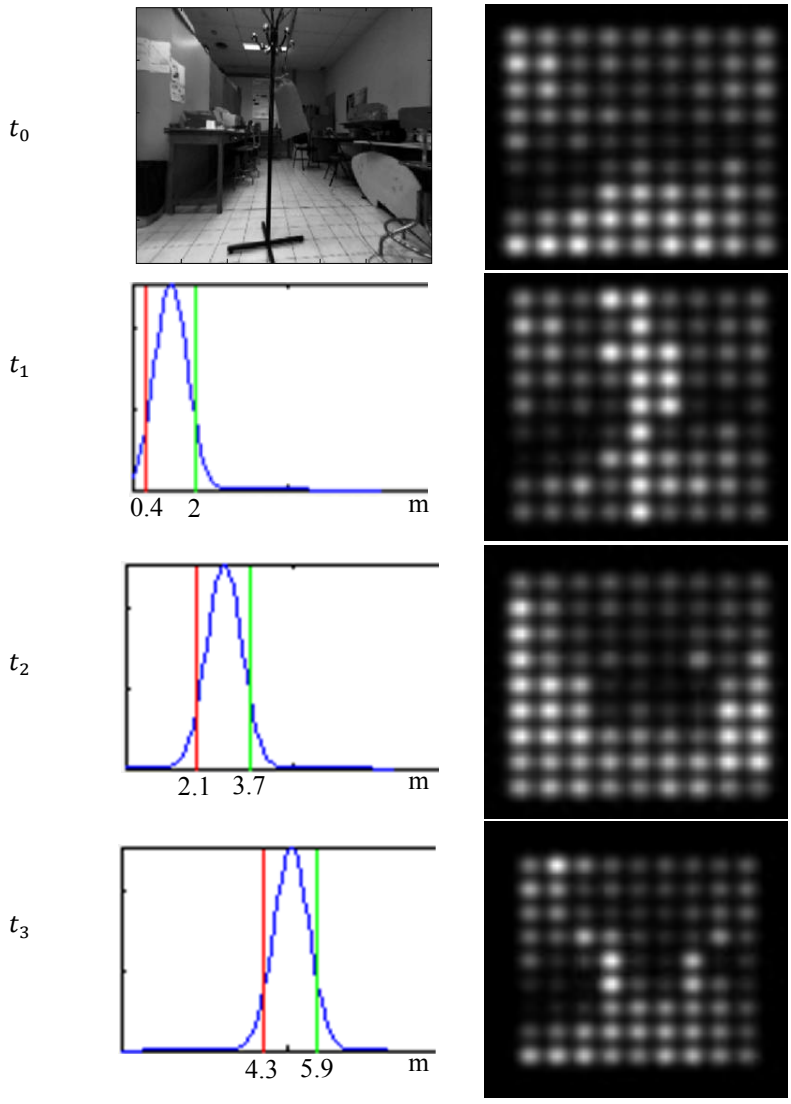


Figure 6 : De haut en bas, à droite, les images de simulation présentent la scène et les objets 3D suivant la position du centre de la gaussienne, de l'instant $\boldsymbol{t_0}$ à $\boldsymbol{t_3}$. A $\boldsymbol{t_0}$, seules les informations de luminosité sont présentes. A $\boldsymbol{t_1}$, l'«onde » simulée se propage et les objets dont la distance est comprise entre approximativement 0,4 et 2 m sont rendus visibles (pic de luminosité pour les points à 1,24 m). Nous pouvons discerner tout d'abord l'objet central (en $\boldsymbol{t_1}$), puis les objets plus éloignés disposés latéralement ($\boldsymbol{t_2}$), et enfin en $\boldsymbol{t_3}$ apparaissent les parties visibles plus éloignées de ces objets latéraux. La position des barres verticales par rapport au centre de la gaussienne représente la valeur du seuil, les distances correspondantes sont indiquées (en mètre) sous l'axe des abscisses.

4. Tests préliminaires

Tester les propositions par la simulation de vision prothétique implique de modéliser l'apparence des phosphènes et de présenter à une personne possédant une vue normale, une image simulant la perception que pourrait avoir une personne implantée au moyen d'un périphérique d'affichage (écran d'ordinateur ou casque équipé d'un affichage vidéo).

4.1 Le dispositif de simulation de vision par phosphènes

Un système portable a été conçu pour permettre la réalisation de tests en mobilité. Il est constitué d'une paire stéréoscopique de caméras STH-MDCS3-C de VIDERE DESIGN, d'un casque de réalité virtuelle de modèle M3 de TRIVISIO et d'un PC portable à écran tactile.
Les paramètres de l'image de simulation de phosphènes ont été déterminés en fonction des résultats des premiers essais cliniques de prothèse visuelle [9, 10] : nous utilisons une grille de 9*9 phosphènes, dont l'intensité lumineuse se répartit sur 10 niveaux de gris. La taille du champ visuel occupé par chaque phosphène est de 0.5°, la distance inter-phosphène est de 0.6°.

4.2 Tests : présentation et résultats

Ce dispositif de simulation est utilisé pour vérifier que les différentes représentations de l'environnement présentées ci-dessus sont perçues correctement et peuvent être exploitées. Il semble nécessaire de mettre en place des exercices de familiarisation. Tout d'abord, nous évaluerons la compréhension de l'étendue du champ visuel fourni. Ensuite, nous testerons l'intégration par le sujet de la relation entre luminosité et distance et cela dans le cas de deux représentations de l'environnement, l'une basée uniquement sur l'information de distance et l'autre exploitant la technique du balayage.
A l'issue de cette phase de familiarisation, des tests permettront d'évaluer le degré d'appropriation de la représentation de la scène par le sujet.

Comprendre l'étendue du champ visuel

Pour rendre compte des dimensions du champ visuel disponible, nous proposons d'utiliser une source sonore liée à un objet mobile. En exploitant notamment la binauralité, l'utilisation d'une source sonore permet au sujet d'estimer la position de l'objet sans avoir recours à la vision ou aux informations tactiles, ces dernières n'étant bien sûr pas utilisables directement pour les objets distants.

Dans la phase de familiarisation, l'objet est fixe et est placé face au sujet. Ce dernier effectue un balayage de la tête en observant les modifications de la représentation à mesure que l'objet apparaît à différentes positions dans le champ visuel. En premier lieu, cela permet d'indiquer au sujet les limites spatiales du champ visuel. Ensuite, suivant le mode de décomposition de l'image utilisée (uniforme ou non), le sujet va pouvoir établir une relation entre la position d'un stimulus dans le champ visuel et une orientation spatiale, estimée grâce à la source sonore.
Dans la phase de test, la source sonore est désactivée et seule la représentation de la scène est disponible. Le sujet reste immobile et doit indiquer la direction dans laquelle il estime se trouver l'objet mobile à chaque position de sa trajectoire (Figure 7).

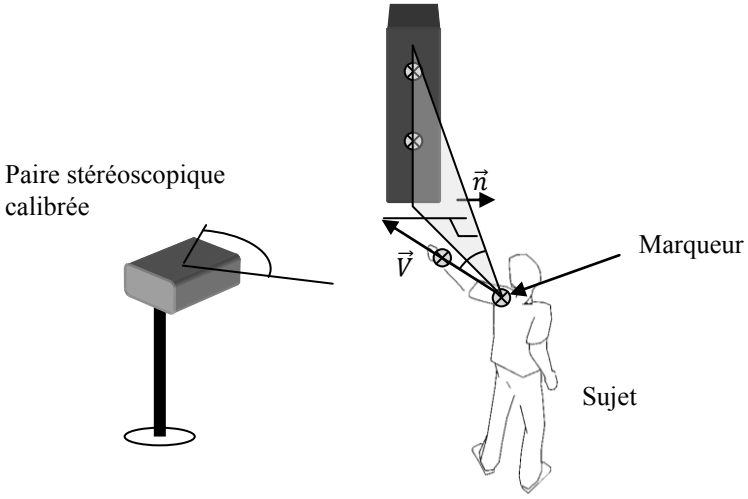


Figure 7 : Illustration de la méthode permettant le calcul de l'erreur angulaire mesurée horizontalement lors d'un exercice de pointage. $\overrightarrow{\boldsymbol{V}}$ est le vecteur 3D passant par l'épaule et le poigné, $\overrightarrow{\boldsymbol{n}}$ est le vecteur directeur du plan supposé vertical par rapport auquel est fait la mesure.

Les tests ont été réalisés par trois sujets volontaires, ayant une vision normale.
Pour la décomposition uniforme, les valeurs d'erreurs angulaires ainsi que l'étendue de la gamme mesurée sont présentés dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Dans le cas d'une décomposition uniforme, valeurs moyennes des erreurs angulaires et présentation de l'étendue de la gamme.

	Familiarisation			Test		
	Moyenne	Minimum	maximum	Moyenne	Minimum	maximum
Sujet 1	4,3	0,9	12,4	8,1	4,2	12,4
Sujet 2	8	4,3	11,4	14,5	0,9	24,8
Sujet 3	8,6	3,2	13,2	9,1	1,3	17,7

Pour la décomposition non uniforme, les valeurs d'erreurs angulaires ainsi que l'étendue de la gamme mesurée sont présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Dans le cas d'une décomposition non uniforme, valeurs moyennes des erreurs angulaires et présentation de l'étendue de la gamme

	Familiarisation			Test		
	Moyenne	Minimum	maximum	Moyenne	Minimum	maximum
Sujet 1	5,6	2,6	11,3	5,7	0,6	11,3
Sujet 2	1,6	0,6	2,4	5	1,7	7,0
Sujet 3	3,6	0,3	7,8	6,4	4,3	10,8

Nous pouvons remarquer que pour les deux types de décomposition, les faibles valeurs d'erreur angulaire des phases de test indiquent que la correspondance entre une direction spatiale et un stimulus visuel a été correctement réalisée. Nous pouvons donc envisager d'utiliser l'une ou l'autre décomposition pour la représentation de la scène.

Exploiter l'information 3D

Dans cette partie, nous évaluons la capacité de la représentation à séparer visuellement les objets par rapport au fond et transmettre leur position par rapport au sujet.
Durant la phase de familiarisation, le sujet est placé face à un obstacle associé à une source sonore. Il est alors guidé par l'expérimentateur, qui le fait s'éloigner puis s'approcher de l'objet.
Une fois cette phase d'apprentissage terminée, le sujet est placé debout au centre de l'espace de test (Figure 8). Deux obstacles sont disposés selon différentes configurations : les deux objets sont à la même distance du sujet ou bien l'un des deux est plus proche. L'objectif est alors pour le sujet d'examiner l'espace de test en pivotant sur lui-même pour rechercher ces obstacles, dont il indiquera la position en tendant le bras vers ceux-ci. Une fois que ces obstacles ont été détectés, le sujet devra préciser lequel est le plus proche ou s'ils sont à la même distance. L'évaluation est basée sur la désignation de chaque obstacle en pointant vers celui-ci avec une erreur maximum de 20 degrés, ce qui est large si nous considérons les résultats précédents.
Chacun de nos trois sujets expérimente une représentation différente : le premier utilisera la représentation basée sur l'information de distance seule, le second réalisera les tests avec la méthode de balayage basée sur les informations 3D seules et le troisième observera la scène par la méthode de balayage combinant la représentation de la luminosité avec les mesures de distances.

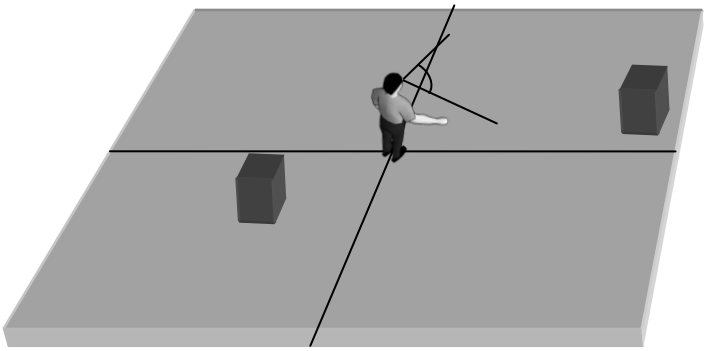


Figure 8 : Illustration de l'espace de test. Deux obstacles (cubes) sont placés autour du sujet. Ce dernier doit alors pointer ces obstacles et indiquer le plus proche.

Les résultats relevés à l'issue de ce test sont résumés dans le Tableau 3:

Tableau 3 : Résultats de l'évaluation de la détection des obstacles et de l'évaluation des distances pour trois configurations de l'espace (trois positions différentes des obstacles). * limite d'erreur angulaire du pointage mesurée horizontalement : $\pm\mathbf{20}°$, ** l'objectif est de détecter l'obstacle le plus proche.

Sujet 1 : information 3D seule		
Configuration	Obstacles	
	Détection*	Evaluation des distances**
1	oui	oui
2	oui	oui
3	oui	oui
Sujet 2 : Balayage avec information 3D seule		
Configuration	obstacles	
	Détection*	Evaluation des distances**
1	Oui	Oui
2	Oui	Non
3	Oui	Non

Sujet 3 : Balayage avec niveaux de gris		
Configuration	Obstacles	
	Détection*	Evaluation des distances**
1	Oui	Oui
2	Oui	Non
3	Oui	Non

Si toutes les techniques de représentation permettent de bien détecter chaque obstacle, c'est celle basée sur la distance seule qui semble la plus efficace ou du moins la plus simple et rapide à appréhender dans un premier temps. Notons également que dans le cas du sujet 3, l'utilisation des informations de luminance n'a pas permis de meilleures performances que dans le cas du sujet 2.
Dans le cas des sujets 2 et 3 ayant expérimenté le balayage, l'exploration a été moins fluide que pour le sujet 1. Cela est dû au fait que le balayage est un processus temporel et qu'il est, en l'état, nécessaire d'attendre que le balayage se réinitialise pour percevoir à nouveau les parties proches de la scène. Il serait alors plus pertinent de laisser le sujet gérer la réinitialisation du processus ou encore lui permettre de piloter l'intervalle de profondeur à mettre en avant.
Les trois configurations sont bien comprises dans le cas de la représentation 3D. Lorsque le balayage intervient, le fait que les obstacles soient à la même distance (configuration 2) ou à des distances voisines (configuration 3) semble gêner la compréhension, contrairement à ce qui se passe dans le cas de la configuration 1 (la distance entre les obstacles est plus grande).

5. Conclusion

Dans ce document nous avons décrit différents types de représentation de l'environnement spécifiques à la mobilité ainsi que les techniques qui permettent de les générer. Nous présentons également l'outil de simulation de vision prothétique que nous avons développé pour évaluer nos propositions. Des expériences préliminaires ont été menées qui permettent de valider le fonctionnent de cet outil de simulation. Elles apportent une première preuve qu'il est possible d'établir une correspondance entre la position du stimulus visuel et une direction de l'espace, quelque soit le type de décomposition utilisé. Elles montrent aussi qu'une représentation basée sur les informations de distance peut être comprise et efficace pour l'estimation des relations spatiales entre le sujet et les éléments de l'environnement. Enfin, nous avons apporté au cours de ce document, des arguments illustrant l'intérêt de la technique du balayage pour rendre compte de la géométrie de la scène.
Ces expériences doivent bien sûr être poursuivies afin d'évaluer la pertinence de nos propositions dans le cadre de l'amélioration de l'autonomie en mobilité. Nous avons vu lors de ces premiers tests que dans le cas du balayage, il serait pertinent de

permettre au sujet de contrôler certains paramètres tels que la vitesse de balayage ou l'instant d'initialisation. Cette démarche est intéressante puisqu'elle tend à rendre le sujet encore plus acteur de sa perception. Il faut également prévoir des tests permettant de raffiner les paramètres de la représentation et la rendre ainsi plus efficace et adaptée à son utilisateur, notamment du point de vue de la décomposition de l'image et de la correspondance entre distance et luminosité du phosphène.

Références

1. Dagnelie G.: Prosthetic Vision: Exploring its Qualities and Limits by Means of Simulations. 4e Symposium scientifique sur l'incapacité visuelle et la réadaptation, Université de Montréal (2001).
2. Humayun MS.: Preliminary results from Argus II feasibility study: a 60 electrode epiretinal prosthesis. Investigative ophthalmology & visual science 50 e-abstract 4744 (2009).
3. Cha, K., Horch, K.W., Normann, R.A.:Mobility Performance With A Pixelized Vision System. Vision research, 32, 1367-1372 (1992).
4. Dagnelie, G., Keane, P., Narla, V., Yang, L., Weiland, J., & Humayun M.: Real And Virtual Mobility Performance In Simulated Prosthetic Vision. Journal of Neural Engineering, 4(1):92-101 (2007).
5. Boyle, J., Maeder, A., Boles, W. :Scene Specific Imaging For Bionic Vision Implants. The 3rd International Symposium in Image and Signal Processing and Analysis. ISPA (2003).
6. Thompson, R.W., David Barnett, G., Humayun, M.S., Dagnelie, G. : Facial Recognition Using Simulated Prosthetic Pixelized Vision. Investigative ophthalmology & visual science 44: 5035-5042 (2003).
7. Parikh, N., Humayun, M.S., Weiland J.D.: Mobility Experiments With Simulated Vision and Peripheral Cues. ARVO 2010, Fort Lauderdale, Florida (2010).
8. Bruce V., Green P. : La perception visuelle : physiologie, psychologie et écologie. Presse Universitaire de Grenoble (1993).
9. Humayun, M. S., Weiland, J. D., Greenberg, G., Williamson, R., Little, J., Mech, B., Cimmarusti, V., Van Boemel, G., Dagnelie, G., De Juan, E.:Visual Perception In A Blind Subject With A Chronic Microelectronic Retinal Prosthesis. Vision Research, 43, Issue 24, 2573-2581 (2003).
10. Chen, S.C., Suaning, G.J., Morley, J.W., Lovell N.H.: Simulating prosthetic vision: I. Visual models of phosphenes. Vision research, 49, 1493-1506 (2009).