

# Perception de la verticale en présence d'indices d'orientation visuels ou sonores : vers une dépendance allocentrée ?

Loïc Chomienne<sup>1</sup>, Cédric Goulon<sup>1</sup>, Gaëtan Parseihian<sup>2</sup>, et Lionel Bringoux<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Aix Marseille Univ, CNRS, ISM, Marseille, France

<sup>2</sup> Aix Marseille Univ, CNRS, PRISM, Marseille, France

**Résumé** – L'étude de la perception de la verticale initiée par Witkin et Asch (1948) a abouti au concept de dépendance à l'égard du champ, distinguant les individus dans leur propension à être influencés par l'inclinaison d'un cadre visuel sur le jugement de la direction gravitaire (i.e., verticale subjective [VS]). Depuis, cette dépendance est souvent considérée comme révélatrice d'une sensibilité préférentielle aux informations visuelles par rapport à d'autres modalités sensorielles (e.g., vestibulaires ou somesthésiques). Ce travail pilote vise à reconsidérer la notion de dépendance à l'égard du champ dans la perception spatiale. Nous faisons l'hypothèse que des informations d'orientation issues d'un même cadre de référence centré sur l'environnement (i.e., référentiel allocentré) puissent conduire à une distinction comparable entre participants, quelle que soit la modalité sensorielle considérée. Face à deux scènes allocentrées (visuelle et sonore), 23 participants ont été testés sur une tâche d'ajustement de la VS. Nos résultats montrent une forte corrélation entre les ajustements dans les deux conditions sensorielles où la scène allocentrée était inclinée. Ceci suggère que les individus peuvent se différencier dans le traitement des informations spatiales issues d'un même cadre de référence, et ce de la même façon quelle que soit la modalité sensorielle permettant de relayer ces informations.

**Mots clés** : perception spatiale, dépendance à l'égard du champ, cadre de référence, orientation, vision, audition

**Abstract - Subjective vertical in presence of visual or auditory cues: Towards an allocentric dependence?** The psychological differentiation approach initiated by Witkin and Asch (1948) on the perception of verticality yielded the concept of field dependence, through which observers could be distinguished from their tendency to be influenced or not by a visual frame tilt when judging the direction of gravity (i.e., subjective vertical [SV]). Since, field dependence has been mostly considered as a marker for a preferential sensibility to visual information with respect to other sensory modalities (e.g., vestibular or somatosensory). This pilot study aims at tackling the issue of field dependence in spatial perception from a novel perspective. We hypothesized that orientation cues issued from a same reference frame centered on near surroundings (i.e. allocentric reference frame) could lead to comparable distinctions between observers, whatever the sensory modality involved in conveying these cues. We tested 23 participants on a SV adjustment task facing two allocentric – visual or auditory – scenes. Our results show a strong correlation between SV settings in both sensory conditions where the allocentric scene was tilted. These findings suggest that individuals could differ regarding the process of spatial information issued from a same reference frame, irrespective from the sensory modality conveying the information.

**Keywords:** spatial perception, field dependence, reference frame, orientation, visual, auditory cues

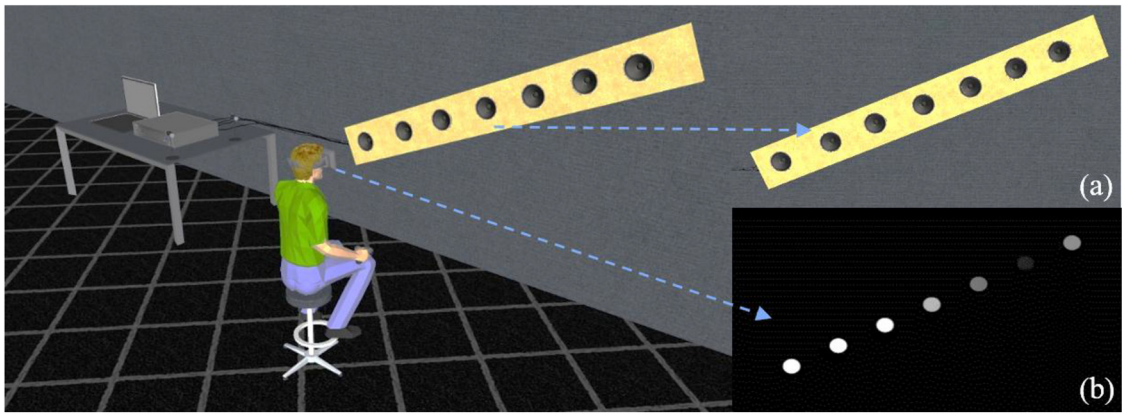
## 1 Introduction

L'être humain reçoit et intègre une multitude d'indices informationnels, internes ou issus de l'environnement, qui au travers des sens, vont permettre de percevoir le monde

et d'interagir avec celui-ci. La nature de ces indices informationnels a des conséquences sur les processus perceptifs sous-jacents, en particulier pour la perception spatiale. Selon cette idée, les travaux pionniers de [Witkin et Asch \(1948\)](#) ont questionné l'influence de l'orientation d'une scène visuelle sur la perception de la verticale. Ils ont démontré que l'inclinaison d'un cadre visuel pouvait

---

\* Auteur correspondant : [lionel.bringoux@univ-amu.fr](mailto:lionel.bringoux@univ-amu.fr)



**Fig. 1.** Illustration d'un participant en configuration expérimentale: (a) rampe de haut-parleurs; (b) scène visuelle dynamique projetée dans le casque de RV.

entraîner une déviation de la verticale perçue (verticale subjective [VS]) dans le sens de l'inclinaison du cadre. Ces premiers travaux ont en outre permis de mettre en évidence deux typologies d'individus: des individus peu influencés par l'inclinaison du cadre dans l'ajustement de la VS, appelés « indépendants à l'égard du champ » (IC) et des individus fortement influencés par l'inclinaison du cadre, appelés « dépendants à l'égard du champ » (DC). Dans le but de distinguer facilement les individus IC ou DC, un test standardisé (Rod-and-Frame Test<sup>1</sup> [RFT]) a été développé afin de déterminer un niveau de dépendance visuelle pour interagir spatialement avec l'environnement (Oltman, 1968). Depuis, de nombreux travaux sur le contrôle postural (e.g., Mesure, Cremieux, & Amblard, 1995; Isableu, Ohlmann, Crémieux, & Amblard, 1997) se sont appuyés sur ce test pour évaluer le degré de dépendance visuelle des participants. Selon ces études, un individu DC va principalement utiliser la vision pour s'équilibrer et percevoir son orientation, en minorant l'importance des autres sens (e.g., proprioception) et inversement, un individu IC sera peu dépendant des informations visuelles pour gérer sa posture.

Cette assimilation assumée entre dépendance à l'égard du champ (i.e., relative aux informations environnementales) et dépendance sensorielle visuelle (e.g., Liepvre *et al.*, 2013; Tasseel-Ponche *et al.*, 2017) est à l'origine du questionnement ayant motivé la présente étude. Nous formulons ici une hypothèse alternative en lien avec la théorie des référentiels spatiaux (Howard, 1982; Paillard, 1971) selon laquelle l'orientation spatiale pourrait être perçue au travers de directions référentes (Bringoux *et al.*, 2009):

- centrées sur le corps (référentiel égocentré);
- définies par la structuration de l'environnement proche (référentiel allocentré);
- ou issues du champ de force terrestre comme la gravité (référentiel géocentré).

Dès lors, il serait possible que les différences observées entre individus dans la perception de la verticale reposent sur une utilisation préférentielle d'un référentiel spatial et non sur une simple dépendance sensorielle.

L'aspect novateur de cette étude pilote réside donc dans l'utilisation d'informations sensorielles distinctes (visuelles vs sonores) pour générer une référence allocentrée inclinée afin d'en mesurer les effets sur la perception de la verticale. Ainsi, nous faisons l'hypothèse d'une corrélation intra-individuelle élevée entre les déviations de la VS obtenues dans les environnements visuels et sonores inclinés. Nous nous attendons à ce que les participants les plus sensibles à l'inclinaison d'une scène visuelle dans le jugement de la verticale soient les plus sensibles à l'inclinaison d'une stimulation sonore.

## 2 Méthode

### 2.1 Participants

Vingt-trois volontaires (moyenne d'âge  $21 \pm 2$  ans) ont participé à l'expérimentation. Ils présentaient une acuité auditive normale attestée par un audiogramme ainsi qu'une acuité visuelle normale ou corrigée. Avant de participer, les participants ont signé une fiche de consentement éclairé et ne disposaient d'aucune information quant aux hypothèses spécifiques de l'expérimentation.

### 2.2 Dispositifs

Les participants étaient exposés à deux types de scènes allocentrées: sonore ou visuelle (Fig. 1). La scène sonore était constituée d'une rampe ( $2 \times 0,3$  m) sur laquelle étaient répartis 7 haut-parleurs de manière équidistante sur toute la longueur (espace entre les haut-parleurs = 0,3 m). Un bruit blanc spatialisé du premier au septième haut-parleur permettait de former une « droite sonore » par panoramique d'amplitude (durée 1 s et répété tout au long de la stimulation). Le son était généré par le logiciel MaxMSP à un niveau confortable pour l'auditeur. Le dispositif de restitution était constitué d'une carte son Roland Octa-Caputre, d'un amplificateur 8 pistes et de haut-parleurs de type Visaton FRS 8M. La scène visuelle

<sup>1</sup> Le test du cadre et de la baguette consiste à mesurer les déviations de l'ajustement de la VS face un cadre inclinable.

était générée grâce au logiciel de création de scènes interactives en trois dimensions (ICE) et projetée au travers d'un casque de réalité virtuelle (RV) (Oculus Rift CV1<sup>®</sup>). La fusion des informations des capteurs internes au casque (magnétomètre, accéléromètre et gyroscope) et des caméras de positionnement (Oculus Rift Sensors<sup>®</sup>; temps de latence entre un mouvement du participant et ses conséquences à l'écran : 3 ms) assurait un suivi en temps réel de la position et de l'orientation de la tête, permettant au participant d'explorer la scène sans modification de celle-ci dans l'espace. La stimulation visuelle consistait à afficher une succession de 7 points affichant différentes nuances de gris de manière successive et répétée du premier au septième selon la même procédure que pour la stimulation sonore, le but étant de former une droite visuelle de même taille apparente.

Dans les deux conditions, le participant était équipé du casque de RV. Pour la condition visuelle, le casque générait à la fois la scène allocentrée et la baguette à ajuster. Pour la condition sonore, seule la baguette restait visible dans le casque, la scène allocentrée étant générée par les haut-parleurs. L'ajustement de la baguette était réalisé via une manette (Oculus Touch<sup>®</sup>) placée dans la main droite. Le joystick de la manette permettait de mettre en rotation la baguette (l'inclinaison du joystick vers la droite ou la gauche entraînait respectivement une rotation dans le sens horaire ou antihoraire de la baguette) et la gâchette de valider l'essai.

### 2.3 Procédure

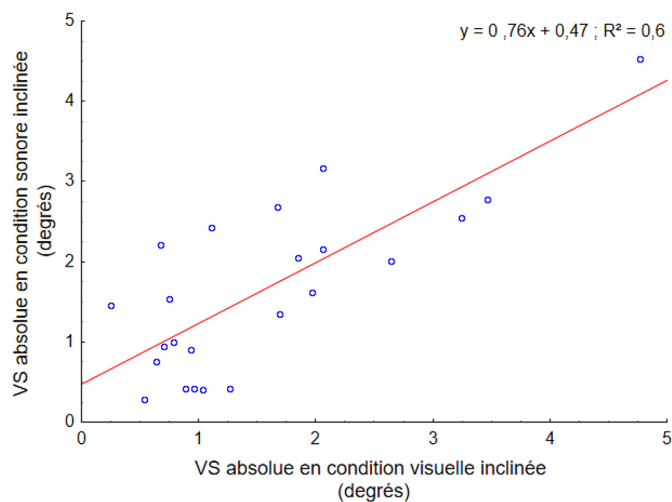
Les participants étaient assis sur un tabouret, le dos droit et les mains reposant sur les cuisses. Ils étaient situés à 1,30 m de la rampe de haut-parleurs, leur tête en face du point de rotation. La scène sonore leur était présentée en même temps que la baguette à ajuster dans le casque de RV. Les haut-parleurs étaient inactifs et la scène visuelle était projetée en même temps que la baguette dans le casque.

Lorsque les participants jugeaient la baguette alignée avec la verticale gravitaire, ils validaient leur ajustement en appuyant avec l'index sur un bouton-poussoir.

La scène visuelle ou sonore était présentée selon trois orientations :  $+28^\circ$ ,  $-28^\circ$  et  $0^\circ$  par rapport à l'horizontale. La baguette était présentée de manière aléatoire dans le sens du cadre (entre  $30$  et  $50^\circ$  par pas de  $5^\circ$ ) à chaque essai. Le plan expérimental comprenait  $2$  conditions  $\times$   $3$  orientations de cadre  $\times$   $16$  répétitions soit  $96$  ajustements au total. Une pause était effectuée entre les deux conditions pour éviter tout effet de fatigue.

### 2.4 Traitement des données

Le logiciel ICE permettait d'enregistrer en continu l'orientation de la baguette « virtuelle » en degrés par rapport à la verticale ( $F_e = 100$  Hz, résolution =  $0,1^\circ$ ). Les valeurs d'ajustement retenues correspondaient à la valeur d'orientation de la baguette virtuelle au moment de la validation par le participant. Les moyennes et écart-types des  $16$  ajustements par orientation de cadre ont été



**Fig. 2.** Régression linéaire entre les déviations absolues moyennes par rapport à la verticale gravitaire (i.e. VS absolue) en conditions visuelle et sonore inclinées.

calculés pour chaque participant. De ces valeurs, une déviation absolue a été calculée en s'appuyant sur la moyenne absolue entre la VS à  $+28^\circ$  et  $-28^\circ$ . L'utilisation de la valeur absolue des déviations permettait de s'affranchir d'éventuelles asymétries dans les ajustements en fonction du sens d'inclinaison.

### 2.5 Statistiques

Une analyse corrélationnelle entre la condition visuelle et sonore sur les valeurs absolues de VS à  $28^\circ$  a été réalisée via le calcul d'un coefficient de corrélation de Pearson. Le but était de mesurer le lien intra-groupe entre les ajustements réalisés en condition visuelle et ceux réalisés en condition sonore. Ce lien a été modélisé au travers d'une droite de régression appliquée sur les valeurs individuelles moyennes.

L'ensemble des tests statistiques a été réalisé sur le logiciel Statistica<sup>®</sup> (version 10) et le seuil de significativité a été fixé à  $p < 0,05$ .

## 3 Résultats

L'analyse corrélationnelle portant sur les jugements de VS en valeur absolue dans la condition visuelle et sonore a mis en évidence une corrélation positive importante et significative ( $r = 0,78$ ;  $t_{(22)} = 5,66$ ;  $p < 0,001$ ). La droite de régression appliquée sur les valeurs moyennes individuelles obtenues en condition sonore inclinée en fonction des valeurs moyennes individuelles obtenues en condition visuelle inclinée laisse en effet apparaître un coefficient de détermination élevé (Fig. 2).

## 4 Discussion

À travers cette étude pilote, nous soulevons l'idée d'une alternative à la notion de dépendance sensorielle dans la perception spatiale.

Le principal résultat de ce travail a permis de mettre en avant une corrélation intra-individuelle entre les ajustements réalisés en conditions visuelle et sonore. La régression linéaire, effectuée sur les valeurs absolues de VS recueillies face à une scène visuelle et sonore inclinée, permet de souligner une relation significative entre les jugements dans ces deux conditions. Les participants plus sensibles à l'inclinaison visuelle le sont également face à une inclinaison sonore. Les déviations induites, même si elles ne sont pas strictement identiques en termes d'amplitude dans la condition sonore ou visuelle, permettent de différencier de la même façon des profils de participants plus ou moins sensibles aux inclinaisons allocentrées.

Cette tendance à percevoir la verticale en fonction de l'orientation de la scène visuelle ne serait donc pas simplement issue d'une dépendance sensorielle (e.g. [Isableu, Ohlmann, Crémieux, & Amblard, 1997](#); [Liepvre et al., 2013](#); [Mesure et al., 1995](#); [Tasseel-Ponche et al., 2017](#)) mais pourrait être liée à notre façon d'interagir avec les différents cadres de références disponibles dans notre environnement, quelles que soient les modalités permettant de véhiculer ces informations. Les différences interindividuelles qui ont été observées dans le jugement de la direction gravitaire pourraient être le fruit d'une affinité préférentielle, soit vis-à-vis du référentiel allocentré pour les individus DC (i.e., sensibles aux éléments structurants provenant de l'environnement proche, [Klatzky, 1998](#)), soit vis-à-vis des référentiels égocentré ou géocentré pour les individus IC (i.e., sensibles aux informations corporelles ou gravitaires, [Agathos et al., 2015](#); [Kaas & Mier, 2006](#); [Kappers, 2003](#)).

Les résultats obtenus au RFT (non présentés ici) n'ont pas permis de sélectionner un panel conséquent de participants à forte dépendance à l'égard du champ. Le score maximum calculé était de 5,88 tandis que classiquement il est commun d'observer des scores supérieurs à 10 ([Scotto Di Cesare, Macaluso, Mestre, & Bringoux, 2015](#)). Notre cohorte de participants ne contenant donc pas de participants fortement DC, l'extrapolation de nos résultats à une population plus large reste tout de même limitée. Cette étude pilote précède la tenue d'une expérimentation plus large avec des effectifs plus importants intégrant des individus situés aux extrêmes du continuum (i.e., fortement DC ou IC). Nous espérons dès lors pouvoir observer des effets plus marqués de l'inclinaison d'une scène allocentrée sur la VS. En outre, nos scènes allocentrées ayant la particularité d'être dynamiques, il serait intéressant d'enrichir nos données de dépendance à l'égard du champ issues du RFT par un test de type « visual roll-motion » ([Lubeck, Bos, & Stins, 2016](#)). Les effets de la mise en rotation d'un nuage de points sur la VS pourraient être croisés avec les données issues du RFT et nous donner une information plus précise sur la sensibilité individuelle de nos participants aux perturbations issues de l'environnement visuel proche.

Ce travail pilote contribue à appréhender la notion de dépendance à l'égard du champ sous un autre jour, révélatrice d'une sensibilité préférentielle vis-à-vis de référentiels spatiaux plutôt que vis-à-vis de modalités sensorielles spécifiques. Ces premiers résultats prometteurs soutiennent une nouvelle approche de la perception spatiale vers un traitement commun des indices allocentrés à l'échelle individuelle.

*Remerciements.* Les auteurs tiennent à remercier Mitsuko Aramaki, Solvi Ystad et Richard Kronland-Martinet du laboratoire PRISM pour les discussions préliminaires qui ont permis d'aboutir à ce projet d'étude.

Le matériel présenté dans cet article a fait l'objet d'une communication affichée préalable au XVII<sup>e</sup> congrès de l'ACAPS, Dijon, 29–31 Oct 2017 : « Influence des informations allocentrées visuelles et sonores sur l'estimation de la verticale ».

## Références

- Agathos, C.P., Bernardin, D., Huchet, D., Scherlen, A.-C., Assaiante, C., & Isableu, B. (2015). Sensorimotor and cognitive factors associated with the age-related increase of visual field dependence: a cross-sectional study. *AGE, 37*(4), 67.
- Bringoux, L., Bourdin, C., Lepecq, J.-C., Sandor, P.M.B., Pergandi, J.-M., & Mestre, D. (2009). Interaction between reference frames during subjective vertical estimates in a tilted immersive virtual environment. *Perception, 38*(7), 1053–1071.
- Howard, I.P. (1982). *Human visual orientation*. Chichester, Sussex: John Wiley.
- Isableu, B., Ohlmann, T., Crémieux, J., & Amblard, B. (1997). Selection of spatial frame of reference and postural control variability. *Experimental Brain Research, 114*(3), 584–589.
- Kaas, A.L., & Mier, H.I. van. (2006). Haptic spatial matching in near peripersonal space. *Experimental Brain Research, 170* (3), 403–413.
- Kappers, A.M.L. (2003). Large systematic deviations in a bimanual parallelity task: further analysis of contributing factors. *Acta Psychologica, 114*(2), 131–145.
- Klatzky, R.L. (1998). Allocentric and egocentric spatial representations: definitions, distinctions, and interconnections. In *Spatial Cognition* (pp. 1–17). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Liepvre, H.L., Tasseel-Ponche, S., Szmatala, E., Andriantsifanetra, C., Bonan, I., Colle, F., & Yelnik, A. (2013). Stroke and visual dependence according to the task. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, 56*(1), 160–161.
- Lubeck, A.J.A., Bos, J.E., & Stins, J.F. (2016). Framing visual roll-motion affects postural sway and the subjective visual vertical. *Attention, Perception, & Psychophysics, 78*(8), 2612–2620.
- Mesure, S., Crémieux, J., & Amblard, B. (1995). Les stratégies et performances posturales sensori-motrices : effet de l'entraînement. *Annales de kinésithérapie, 22*(4), 151–163.
- Oltman, P.K. (1968). A portable rod-and-frame apparatus. *Perceptual and Motor Skills, 26*(2), 503–506.
- Paillard, J. (1971). Les déterminants moteurs de l'organisation de l'espace. *Cahiers de psychologie, 14*(4), 261–316.
- Scotto Di Cesare, C., Macaluso, T., Mestre, D.R., & Bringoux, L. (2015). Slow changing postural cues cancel visual field dependence on self-tilt detection. *Gait & Posture, 41*(1), 198–202.
- Tasseel-Ponche, S., Le Liepvre, H., Colle, F., Andriantsifanetra, C., Vidal, P.-P., Bonan, I.V., & Yelnik, A.-P. (2017). Rod and

frame test and posture under optokinetic stimulation used to explore two complementary aspects of the visual influence in postural control after stroke. *Gait & Posture*, 58, 171–175.

Witkin, H.A., & Asch, S.E. (1948). Studies in space orientation. IV. Further experiments on perception of the upright with displaced visual fields. *Journal of Experimental Psychology*, 38(6), 762–782.