

Analyse des mouvements de vergence par photo-oculographie différentielle

M.A. QUÉRÉ, S. TOUCAS, C. BUQUET, J. CHARLIER

Résumé. L'analyse clinique des dérèglements de la fonction de vergence reste obérée par un lourd handicap. Si tout le monde évalue l'équilibre statique par des tests aussi nombreux que variés, en revanche l'examen de la cinétique est constamment négligé.

Une vergence naturelle de refixation comporte toujours la combinaison d'une composante horizontale de convergence-divergence de 5 à 10 degrés, à une composante verticale d'abaissement-élévation de 15 à 20 degrés. A cause de l'inhomogénéité du champ électrique péri-orbitaire, il est impossible d'en faire une analyse correcte par l'EOG cinétique.

Les auteurs rapportent les résultats obtenus avec la méthode de Charlier et Buquet. Sur tous les tracés, on constate que dans une vergence les mouvements verticaux correspondent toujours à des versions de type saccadique parfaitement congruentes sur les deux yeux, tandis que les mouvements horizontaux sont disjoints, dissociés et incongruents. Sur l'axe vertical, il ne semble pas y avoir de véritable vergence cinétique, mais dans certaines circonstances seulement un simple alignement tonique.

Cette méthode est un moyen remarquable pour examiner les dérèglements de la fonction de vergence en pratique courante.

Mots-clés : Mouvements oculaires; Vergence; Versions; EOG cinétique; photo-oculographie différentielle.

Study of vergence movements by differential photo-oculography

Summary. Analysis of vergence troubles is weight by an heavy handicap. In clinical conditions it is easy to value the static vergence balance with a great lot of tests. On the contrary examination of kinetic vergence pattern is generally neglected.

Usually a refixation vergence is a combination of an horizontal convergence-divergence of 5 to 10 degrees with a vertical component of 15 to 20 degrees. It is impossible to do their reliable analysis by kinetic EOG because the unequal transmission of potential towards the orbital rim.

The authors give the results obtained by photo-oculographic method perfected by Charlier and Buquet. On all recordings it can be noticed that, in vergence refixation, vertical movements of both eyes are always true congruent saccadic versions.

while the horizontal movements are disjunctive, dissociated and unequal.

On the vertical axis it seems to be no real kinetic vergence at all, but in some cases only a mere tonic alignment. Such a device is a very good mean to study the vergence troubles in daily practice.

Key-words : Ocular movements; Vergences; Versions; Kinetic EOG; Differential photo-oculography.

INTRODUCTION

Dans une autre publication consacrée à la cinétique oculaire, nous avons souligné 3 points essentiels :

- En pratique courante, l'enregistrement des mouvements oculaires est indispensable pour faire le diagnostic, suivre l'évolution et choisir le traitement dans la plupart des dérèglements oculomoteurs.

- La classique électro-oculographie cinétique (EOG) comporte de multiples aléas et limites. Avec elle, en dehors de l'œil fixateur et sur l'axe horizontal, toute quantification est illusoire. L'analyse correcte des mouvements verticaux est difficile; elle est impossible pour les mouvements obliques.

- Au contraire, la nouvelle photo-oculographie différentielle de Charlier et Buquet (1, 3, 4, 5, 6, 7) remplit dès à présent toutes les conditions d'une méthode clinique d'enregistrement. Elle est précise. Elle permet d'enregistrer les mouvements sur tous les axes de déplacement. Elle est sans contrainte et applicable à tout âge.

En novembre 1988, à la Société Française du Strabisme, nous avons détaillé :

- d'une part le principe de la méthode et les caractéristiques techniques des divers matériels (2);
- d'autre part les résultats d'une étude comparative entre les enregistrements simultanés EOG - POG pour les mouvements sur l'axe horizontal(13).

Précédemment, nous avons présenté les résultats obtenus avec cette méthode dans les mouvements sur

vertical et les axes obliques pour lesquels nous avons prouvé que l'EOG est inutilisable (12).

L'ensemble de ces recherches prouve déjà l'incontestable supériorité de la POG.

Toutes ces performances en font une méthode de choix pour l'étude des mouvements de vergence, car une vergence naturelle de refixation comporte toujours la combinaison d'une composante horizontale de convergence-divergence de 5 à 10 degrés, associée à une composante verticale d'abaissement-élévation de 15 à 20 degrés. Il en résulte par conséquent une sorte de mouvement oblique qui ne peut être correctement analysé par l'EOG.

Il faut savoir que nos connaissances concernant les dérèglements de la fonction de vergence sont balbutiantes. En effet, si de nombreux tests permettent d'évaluer son équilibre statique, en revanche, faute d'une technique convenable, la cinétique des vergences restait très mal connue.

Notre équipe a entrepris entre 1977 et 1981 une étude électro-oculographique des mouvements de vergence. Nous avons rapporté nos résultats dans une série de publications successives et dans 3 chapitres de notre monographie de 1983 (9, 10, 11).

Néanmoins, à divers égards notre analyse restait obérée par les limites mêmes de l'EOG, en particulier l'impossibilité d'analyser la composante verticale. Par un artifice il faut l'éliminer, ce qui nécessite une étroite coopération de la part du patient; d'où un nombre réduit de tracés significatifs, surtout dans les cas pathologiques.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Chez 125 sujets normaux ou présentant des dérèglements de l'équilibre oculomoteur, nous avons enregistré avec le photo-oculographe différentiel de Charlier et Buquet les mouvements de refixation de deux lumières s'allumant alternativement :

- l'une située à 1,50 m droit devant;
- l'autre située à 30 cm, 15 à 20 degrés en dessous du plan horizontal.

Comme dans nos précédentes recherches, nous avons retenu 9 séquences d'induction de la vergence (fig. 1). Elles résultent de la combinaison de :

- 3 situations axiales :
 - axe symétrique par rapport aux deux yeux
 - axe devant l'œil droit
 - axe devant l'œil gauche;
- 3 modalités sensorielles : binoculaire, monoculaire droit, monoculaire gauche.

RÉSULTATS

Nous avons eu la satisfaction de constater que les tracés photo-oculographiques confirmaient intégralement les conclusions que nous avons avancées à partir de l'analyse des tracés (EOG) (9, 10, 11).

Quatre constatations sont essentielles. Elles prouvent que la programmation des vergences est totalement différente de celle des versions :

- 1) Un mouvement de vergence n'est pas une entité

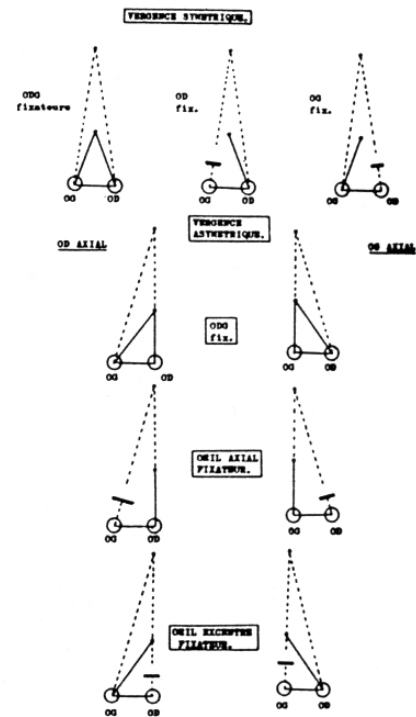


FIG. 1. — Les 9 séquences : schéma des situations axiales et des modalités sensorielles.

cinétique comme la saccade, la poursuite ou le NOC, mais toujours une syncinésie séquentielle de divers réflexes monoculaires et binoculaires.

- 2) Il existe une vergence rapide et une vergence lente.

3) Même dans les conditions axiales et sensorielles équivalentes les mouvements de vergence de chaque œil sont toujours incongruents. Donc la loi de correspondance motrice de Hering ne s'applique pas au système des vergences.

4) Contrairement encore aux versions, les réponses motrices changent radicalement suivant les modalités sensorielles d'induction : binoculaire, monoculaire droit, monoculaire gauche. Non seulement il n'y a pas d'équivalence optomotrice, mais il y a une dissociation optomotrice radicale.

Les tracés POG que nous allons vous présenter confirment intégralement ces faits.

Mais, comme la photo-oculographie différentielle permet d'enregistrer simultanément la composante horizontale et la composante verticale, vous pourrez constater un fait capital jusqu'alors impossible à révéler : quelles que soient les modalités axiales ou visuelles d'induction, la composante verticale est toujours une version parfaite, c'est une saccade strictement congruente sur les deux yeux et jamais dissociée.

Vergence symétrique

En binoculaire (fig. 2)

Nous retrouvons deux faits essentiels :
 - Le caractère polyphasique des vergences, en convergence ou en divergence; on constate une phase rapide toujours suivie d'une phase lente.
 - L'incongruence constante des mouvements respectifs de chaque œil. Chez les sujets parfaitement normaux, jamais ils ne sont équivalents.

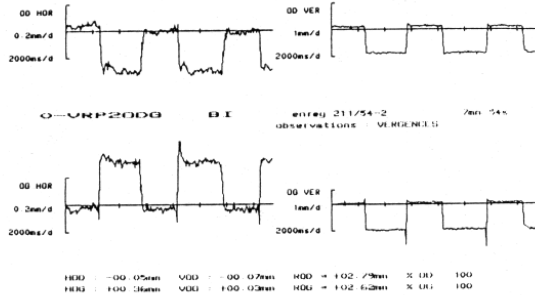
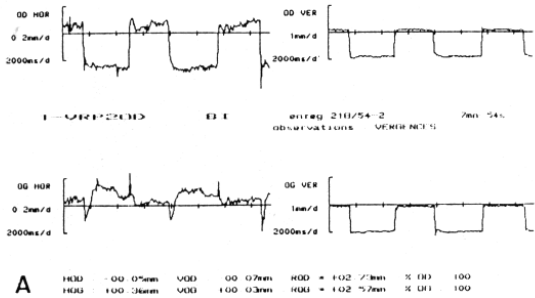


FIG. 2. — POG. Vergence symétrique binoculaire.



Donc la loi de correspondance motrice ne s'applique pas aux vergences.

En monoculaire (fig. 3 a et b)

- En comparant les tracés en fixation droite et en fixation gauche, la dissociation optomotrice radicale des vergences en fonction des modalités visuelles d'induction est évidente.
 - La vergence rapide disparaît sur l'œil masqué; c'est par conséquent un phénomène d'attraction visuelle monoculaire.

Vergence asymétrique

En binoculaire (fig. 4 a et b)

Le phénomène de Johannes Müller sur l'œil axial centré que nous avons décrit est retrouvé. Il est toujours plus marqué sur l'œil dominé. Il s'exagère fortement sur un œil présentant une amblyopie fonctionnelle et disparaît sur l'œil dominant. Son amplitude est donc inversement proportionnelle à la qualité de la vergence lente de l'œil axial.

En monoculaire

Dans cette situation, on teste la qualité du réflexe lent de vergence consensuelle de l'œil masqué.

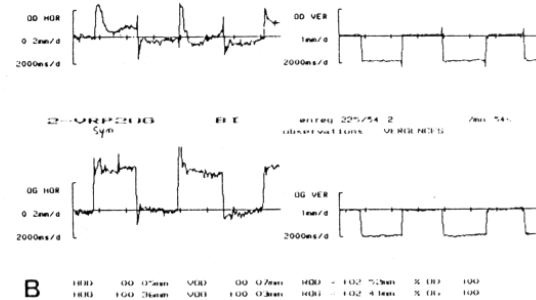


FIG. 3. — Vergence symétrique monoculaire. a) Fixation OD; b) Fixation OG.

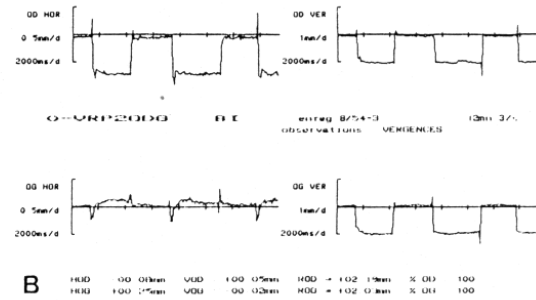
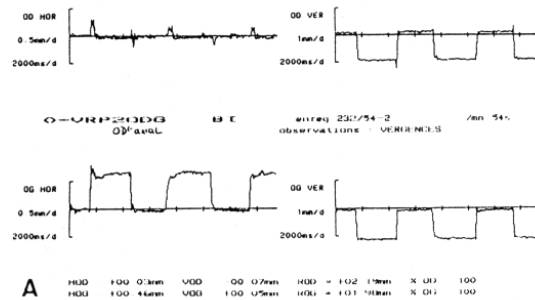


FIG. 4. — Vergence asymétrique binoculaire. a) OD axial; b) OG axial.

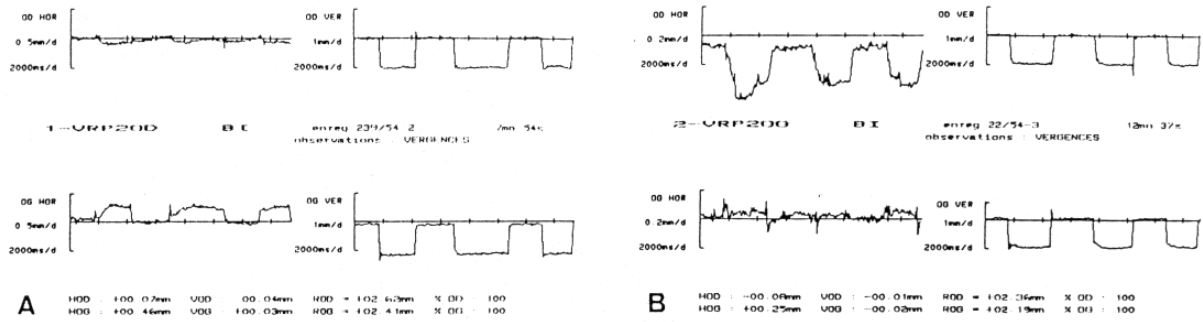


FIG. 5. — Vergence asymétrique monoculaire. Œil fixateur axial. a) OD fixateur; b) OG fixateur.

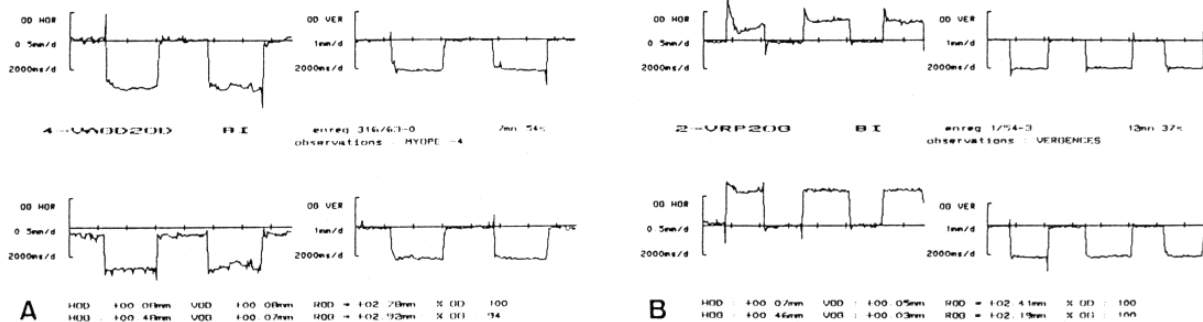


FIG. 6. — Vergence asymétrique monoculaire. Œil fixateur excentré. a) OD fixateur; b) OG fixateur.

Cette analyse n'est d'ailleurs pas simple. En effet, un mouvement médiocre peut être dû :

- soit à la carence motrice de l'œil masqué lui-même;
- soit à la carence d'induction de l'œil fixateur.

C'est par la confrontation avec les autres séquences que l'on peut trancher le problème.

Quand l'œil fixateur est axial, on a une vergence consensuelle pure de l'œil excentré masqué (fig. 5 a et b).

On peut ainsi analyser l'amplitude et le temps de performance en convergence et en divergence. En pathologie, ils sont très fréquemment altérés.

Dans cette situation, on remarque une fois de plus l'inégalité constante des réponses motrices respectives de chaque œil.

Quand l'œil fixateur est excentré, on a une vergence consensuelle relative de l'œil axial masqué (fig. 6 a et b).

C'est une situation particulièrement critique qui permet de tester sur l'œil masqué centré la capacité de sa vergence lente consensuelle à corriger son mouvement d'abduction rapide initial induit par l'œil excentré découvert.

Fait capital, sur toutes les séquences, quelles que soient leurs modalités axiales et visuelles, on peut constater que le mouvement vertical d'élévation-abaissement est une version saccadique parfaite.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

1) La méthode photo-oculographique différentielle de Charlier et Buquet est un moyen incomparable pour étudier les vergences.

Elle ne comporte pas les aléas et les limites de l'EKG :

- On peut éliciter une vergence naturelle avec sa composante verticale d'élévation-abaissement.

- L'enregistrement est facile même chez les enfants et dans les cas pathologiques. Dès à présent, cette technique se révèle comme un moyen incomparable d'étude en pratique courante des perversions de la fonction de vergence : en particulier les insuffisances de convergence et les asthénopies accommodatives.

2) Les tracés POG confirment intégralement nos conclusions antérieures : la programmation des mouvements de vergence est totalement différente de celle des versions.

3) Elle prouve que la composante verticale d'une vergence naturelle de refixation reste toujours une pure version, ainsi que la parfaite synergie cinétique entre le système conjugué et le système réciproque.

4) La vectographie confirme que la vergence est un mouvement oblique (fig. 7). Mais l'analyse de ses composantes semble prouver que la vergence serait un mouvement purement horizontal.

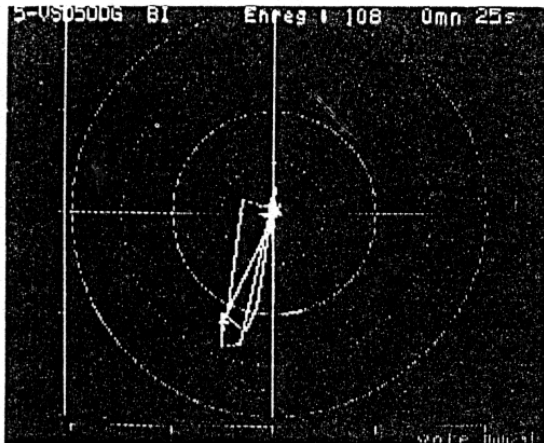


FIG. 7. — Vectographie d'une vergence symétrique binoculaire.

Les DVD et la compensation souvent importante des paralysies du grand oblique pouvaient faire penser le contraire. En fait, il apparaît qu'il s'agit d'un alignement vertical tonique et non pas réellement d'une cinétique de vergence.

Références

1. BUQUET C, CHARLIER J, PARIS V. Museum application of an eye tracker. *Med Biol Engineering and Computing* 1988; 26 : 277-81.
2. BUQUET C, CHARLIER J, TOUCAS S, QUÉRE MA. Une nouvelle technique d'enregistrement des mouvements oculaires par traitement d'image : principe et méthode. *Soc Strabisme* 19.11.1988; sous presse.
3. CHARLIER J, HACHE JC. New instruments for monitoring eye fixation and pupil size during the visual field examination. *Med Biol Engineering and Computing* 1982; 2 : 23-8.
4. CHARLIER J, BARISEAU JL, CHUFFART V. Real time pattern recognition and feature and analysis from video signals applied to eye movements and pupillary reflex analysis. *Documenta Ophthalmologica. Proceeding series* 1985; 42 : 181-9.
5. CHARLIER J, BARISEAU JL, PARIS V. Dispositif de traitement du signal pour l'analyse d'images de l'œil. *Brevet français* 1985; 85 : 139-41.
6. CHARLIER J, BUQUET C, PARIS V, MOSCHETTO V. An eye tracker for Museum application. *IEEE IX conference in Medicine and Biology, Boston, 13-16 november 1987*.
7. CHARLIER J, PARIS V. Model for the determination of gaze direction from images of the eye. *European conference on eye movements. Gottingen, 21-24 september 1987. Proceed. Series* 1987; 1 : 9-10.
8. CHARLIER J, BUQUET C, CHADAN N, QUÉRE MA. A non invasive real time method of clinical eye movement assessment. Preliminary result. *Amer. Academy Ophthalmol, Dallas 9-12 november 1987 (poster). Abstract in Ophthalmology* 1987; 94 : 153.
9. QUÉRE MA, PÉCHEREAU A, PARDO G, BLONDEAU F, GOURAY A. L'électro-oculographie de la convergence. Aspects physiologiques et dérèglements spécifiques. *Bull Mém Soc Fr Ophthalmol* 1979; 91 : 249-53.
10. QUÉRE MA, PÉCHEREAU A. Etude électro-oculographique des mouvements de vergence. I. La vergence symétrique. II : La vergence asymétrique. *J Fr Ophthalmol* 1984; 4 : 25-32, 421-30.
11. QUÉRE MA. *Physiopathologie clinique de l'équilibre oculomoteur*. Masson Paris, 1983, p. 258.
12. QUÉRE MA, TOUCAS S, BUQUET C, CHARLIER J, LAVENANT F, PÉCHEREAU A. Photo-oculographie des mouvements verticaux et obliques. *Soc Fr Ophthalmol 8 mai 1989. Ophthalmologie* 1990 (sous presse).
13. TOUCAS S, QUÉRE MA, BUQUET C, CHARLIER J. Etude comparative des enregistrements électro-oculographiques et photo-oculographiques. Application clinique d'une méthode d'enregistrement des mouvements oculaires par traitement d'image. *Soc Fr Strabisme* 19.11.1988; sous presse.