

coupée manuellement) et le degré d'inclinaison du collyre lors de l'administration, paramètre bien difficile à contrôler en pratique, etc.

Quoi qu'il en soit, la nouvelle présentation de la phényléphrine (Néosynéphrine®) 2,5 % doit être désormais recommandée chez les enfants.

Conclusion

Le tableau récapitulatif proposé est un outil pratique pour l'aide à la prescription des collyres mydriatiques et cycloplégants. Il résume l'utilisation des collyres mydriatiques dans l'obtention d'une mydriase ou d'une cycloplégie chez les enfants. Notre étude en cours de publication [14] permet d'établir une source d'information synthétique et simple pouvant répondre au besoin de tous les professionnels de santé en pédiatrie et en ophtalmologie pédiatrique. Les outils présentés permettent de retrouver facilement les posologies de chaque collyre et évitent aux professionnels de devoir recroiser les sources d'information qui sont variées et parfois contradictoires.

Ces outils peuvent servir de référence en tant que conseils d'utilisation mais aussi en tant qu'information pour les posologies des collyres mydriatiques et cycloplégants selon les tranches d'âge.

Les recommandations de l'ANSM de 2012 concernant l'utilisation des collyres mydriatiques en pédiatrie pour l'obtention d'une mydriase ou d'une cycloplégie à visée diagnostique peuvent être consultées à l'adresse : <http://ansm.sante.fr/S-informer/Points-d-information-Points-d-information/Utilisation-des-collyres-mydriatiques-en-pediatrie-pour-l-obtention-d-une-mydriase-ou-d-une-cycloplégie-a-visée-diagnostique-Point-d-information>.

La fiche d'information de la Société française d'ophtalmologie concernant l'utilisation des collyres mydriatiques en pédiatrie pour la dilatation pupillaire : prématurés, nouveau-nés, enfants

peut être consultée à l'adresse : <http://sfo.dev.saegir.cyim.com/professionnels/fiches-dinformatons-aux-medecins#Collyres%20mydriatiques>.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Joret-Descout P, Bataille J, Brion F, et al. Attitudes and experiences of off-label prescribing among paediatricians in a French university teaching hospital. *Ann Pharm Fr* 2016 ; 74 : 222-31.
- [2] Ekins-Daukes S, Helms PJ, et al. Off-label prescribing to children : attitudes and experience of general practitioners. *Br J Clin Pharmacol* 2005 ; 60 : 145-9.
- [3] Elibol O, Alçelik T, Yüksel N, et al. The influence of drop size of cyclopentolate, phenylephrine and tropicamide on pupil dilatation and systemic side effects in infants. *Acta Ophthalmologica Scandinavica* 1997 ; 75 : 178-80.
- [4] Wheatcroft S, Sharma A, McAllister J. Reduction in mydriatic drop size in premature infants. *Br J Clin Pharmacol* 1993 ; 77 : 364-65.
- [5] Abdelhalim AA, Mostafa M, et al. Severe hypertension and pulmonary edema associated with systemic absorption of topical phenylephrine in a child during retinal surgery. *Saudi J Anaesthesia* 2012 ; 6 : 285-8.
- [6] Bolt B, Benz B, Koerner F, et al. A mydriatic eye-drop combination without systemic effects for premature infants : a prospective double-blind study. *Journal of Pediatric Ophthalmology and Strabismus* 1992 ; 29 : 157-62.
- [7] Calenda E, Richez F, Muraine M. Acute hypertension due to phenylephrine eyedrops in a newborn. *Can J Ophthalmol* 2007 ; 42 : 486.
- [8] Oğüt MS, Bozkurt N, Ozek E, et al. Effects and side effects of mydriatic eyedrops in neonates. *Eur J Ophthalmol* 1996 ; 6 : 192-6.
- [9] Sindel, BD, Baker MJ, Maisels, et al. A comparison of the pupillary and cardiovascular effects of various mydriatic agents in preterm infants. *Journal of Pediatric Ophthalmology and Strabismus* 1986 ; 23 : 273-6.
- [10] Tsui E, Sehi M, Cheng RW, et al. The impact of topical mydriatic ophthalmic solutions on retinal vascular reactivity and blood flow. *Exp Eye Res* 2013 ; 112 : 134-8.
- [11] Thériaque, base de données. En ligne : <http://www.theriaque.org/apps/contenu/accueil.php>
- [12] Europhtha. Le laboratoire de L'unidose, spécialisé en produit pharmaceutique à visée ophtalmologique. En ligne : <http://www.laboratoires-europhtha.com/contact>
- [13] ANSM. Utilisation des collyres mydriatiques en pédiatrie pour l'obtention d'une mydriase ou d'une cycloplégie à visée diagnostique : recommandations 2012. En ligne : <http://ansm.sante.fr/S-informer/Points-d-information-Points-d-information/Utilisation-des-collyres-mydriatiques-en-pediatrie-pour-l-obtention-d-une-mydriase-ou-d-une-cycloplégie-a-visée-diagnostique-Point-d-information>
- [14] Dumont R, Bui Quoc E, Ajzenfisz S, et al. Collyres mydriatiques en pédiatrie. *Arch Ped* 2016 (sous presse).

4. EXAMENS PARACLINIQUES

EXPLORATION FONCTIONNELLE : CHAMP VISUEL, VISION DES COULEURS, ÉLECTROPHYSIOLOGIE

S. DEFOORT-DHELLEMMES ET I. DRUMARE, X. ZANLONGHI, V. SMIRNOV, D. BASSET, V. CANEL

Les examens fonctionnels de la vision : généralités

■ QUEL INTÉRÊT CHEZ L'ENFANT ?

Les examens fonctionnels de la vision (EFV) – potentiels évoqués visuels (PEV), électrorétinogramme (ERG), champ visuel (CV) et vision des couleurs (VC) – contribuent chez l'enfant au diagnostic

étiologique précis et précoce d'une déficience visuelle. Savoir quelle est la pathologie en cause permet d'avoir d'emblée une idée de son retentissement sur l'ensemble des fonctions visuelles et sur leur évolutivité. Ces notions sont indispensables à connaître pour décider s'il faut, et dans quel délai, demander des examens complémentaires (IRM, bilan pédiatrique, bilan génétique) et diriger l'enfant vers des services médico-sociaux prenant en charge les déficients visuels.

Les PEV et l'ERG sont réalisables à tout âge, les examens de la VC et du CV sont intéressants chez le grand enfant non seulement pour le diagnostic mais surtout pour suivre l'évolution de l'atteinte visuelle et déterminer les aptitudes et le handicap.



■ QUAND DEMANDER LES EFV ?

– Aussitôt qu'est constaté : un comportement de malvoyance ou de cécité et/ou un nystagmus précoce (une acuité visuelle basse), un comportement évoquant une anomalie du CV (une héméralopie et/ou une gêne au changement d'éclairage), une photophobie importante.

– Essentiellement lorsque le fond d'œil est normal ou que l'atteinte de la fonction visuelle ne paraît pas correspondre à l'anomalie visible au fond d'œil ou à la tomographie par cohérence optique (*optical coherence tomography* [OCT]).

– Chez les enfants souffrant d'une maladie générale ou de symptômes généraux pouvant s'associer à une atteinte de la rétine et des voies visuelles.

– En cas d'antécédents familiaux de rétinopathie ou de neuropathie héréditaire.

■ PLACE DES EFV DANS LA DÉMARCHE DIAGNOSTIQUE

Cette place dépend de l'âge de l'enfant, des données de l'examen clinique mais aussi de l'accessibilité de ces examens par rapport aux examens d'imagerie oculaire et cérébrale.

■ RÈGLES ET CONDITIONS D'EXAMEN ET D'INTERPRÉTATION

Il n'est pas utile que l'enfant soit à jeun pour un examen fonctionnel. Il est souhaitable d'expliquer aux parents et à l'enfant son déroulement, son intérêt et son caractère indolore mais plus ou moins contraignant. Il est recommandé pour les examens électrophysiologiques de suivre les standards de l'International Society For Electrophysiology of Vision (ISCEV) [1, 2].

Pour interpréter un examen fonctionnel chez l'enfant de façon fiable, il faut connaître :

– les conditions d'examen. L'ophtalmologiste, s'il n'est pas le réalisateur de l'examen, doit donc exiger de ce dernier qu'elles soient précisément décrites ;

– l'aspect normal qui évolue avec la maturation.

Les conditions d'examen et les protocoles d'étude des examens électrophysiologiques sont traités au chapitre 5.10 que nous vous conseillons de lire avant d'aborder ce chapitre.

Potentiels évoqués visuels

Les PEV par damiers permettent d'évaluer l'acuité visuelle objective. Ils contribuent, avec les PEV flash, au diagnostic des atteintes du nerf optique et des voies visuelles et renseignent sur la maturation cérébrale car leur forme varie avec elle (fig. 3-23).

■ PRINCIPE : LES PARTICULARITÉS DE L'ENFANT

Le PEV est un signal de faible voltage noyé dans un bruit de fond (constitué de l'électro-encéphalogramme et de signaux parasites issus du patient ou de l'environnement) duquel il faut l'extraire. Chez l'enfant, le manque d'attention diminue le nombre de signaux enregistrés et l'agitation augmente les artefacts d'origine musculaire ou liés au mauvais contact des électrodes. Il est donc nécessaire pour obtenir un examen fiable :

- de prendre du temps pour que l'enfant soit calme mais non endormi et bouge le moins possible sans le contraindre ;
- d'utiliser des modes de stimulations rapides ;
- de vérifier la reproductibilité et la validité des pics détectés [3–5].

■ PROTOCOLES D'ÉTUDE

Il existe plusieurs protocoles de PEV qui diffèrent selon le mode, la fréquence spatiale et la fréquence temporelle de stimulation. Le choix du protocole dépend du diagnostic évoqué à l'issue de l'examen clinique (voir chapitre 5.10).

■ QUELS PROTOCOLES D'ÉTUDE POUR QUELLES INDICATIONS ? INDICATIONS, INTERPRÉTATION EN PATHOLOGIE, LIMITES

PEV PAR DAMIERS STANDARD POUR DIAGNOSTIQUER, CONFIRMER OU DÉPISTER UNE NEUROPATHIE OPTIQUE ET EN SUIVRE L'ÉVOLUTION

Devant une baisse d'acuité visuelle expliquée par l'examen clinique

– Des PEV altérés (de latence augmentée et/ou de faible amplitude, voire plats, ou déstructurés), chez un enfant qui a une baisse d'acuité visuelle (BAV) non expliquée par l'examen clinique, font évoquer une neuropathie optique sans préjuger de son étiologie (fig. 3-24). Cependant, avant de poser ce diagnostic, il faut s'assurer que :

– la correction optique est adaptée, qu'il n'y a aucun trouble des milieux ni de cause d'amblyopie fonctionnelle, car toute atteinte sur le trajet du faisceau maculaire peut être cause d'altération du PEV par damiers (baisse d'amplitude proportionnelle à la BAV \pm retard de latence) ;

– l'enfant a bien regardé l'écran pendant toutes les stimulations et n'a pas fait de spasme accommodatif. Dans le doute, il est souhaitable de refaire l'examen, si possible dans la même session après cycloplégie (cyclopentolate) et correction optique totale adaptée à la distance de l'écran (voir chapitre 5.10).

– Si le PEV par damiers standard est normal (mais altéré aux plus petits damiers) et la BAV relative, une maculopathie débutante (exemple : Stargardt, hypoplasie maculaire) ou une compression tumorale (craniopharyngiome surtout) sera à rechercher après s'être assuré qu'il ne s'agit pas d'une amblyopie fonctionnelle insuffisamment traitée ou liée à un microstrabisme.

– Si le PEV par damiers standard est normal et que l'enfant a une BAV massive, il s'agit probablement d'une cause non organique.

Dans le suivi d'une pathologie ou à la recherche d'une neuropathie iatrogène

Le PEV par damiers standard peut être intéressant pour dépister une atteinte débutante du nerf optique dans la neurofibromatose de type 1 (NF1) ou lors de traitements neurotoxiques comme l'éthambutol ou pour surveiller l'évolution de certaines pathologies des voies visuelles quand le champ visuel n'est pas réalisable (exemple : gliome des voies optiques) (voir chapitre 22).

PEV FLASH : POUR AFFIRMER QU'UNE BAV OU UNE AMBLYOPIE EST ORGANIQUE

Le PEV flash est indiqué en cas de comportement de cécité ou de malvoyance profonde ou quand il n'y a pas de réponse au PEV

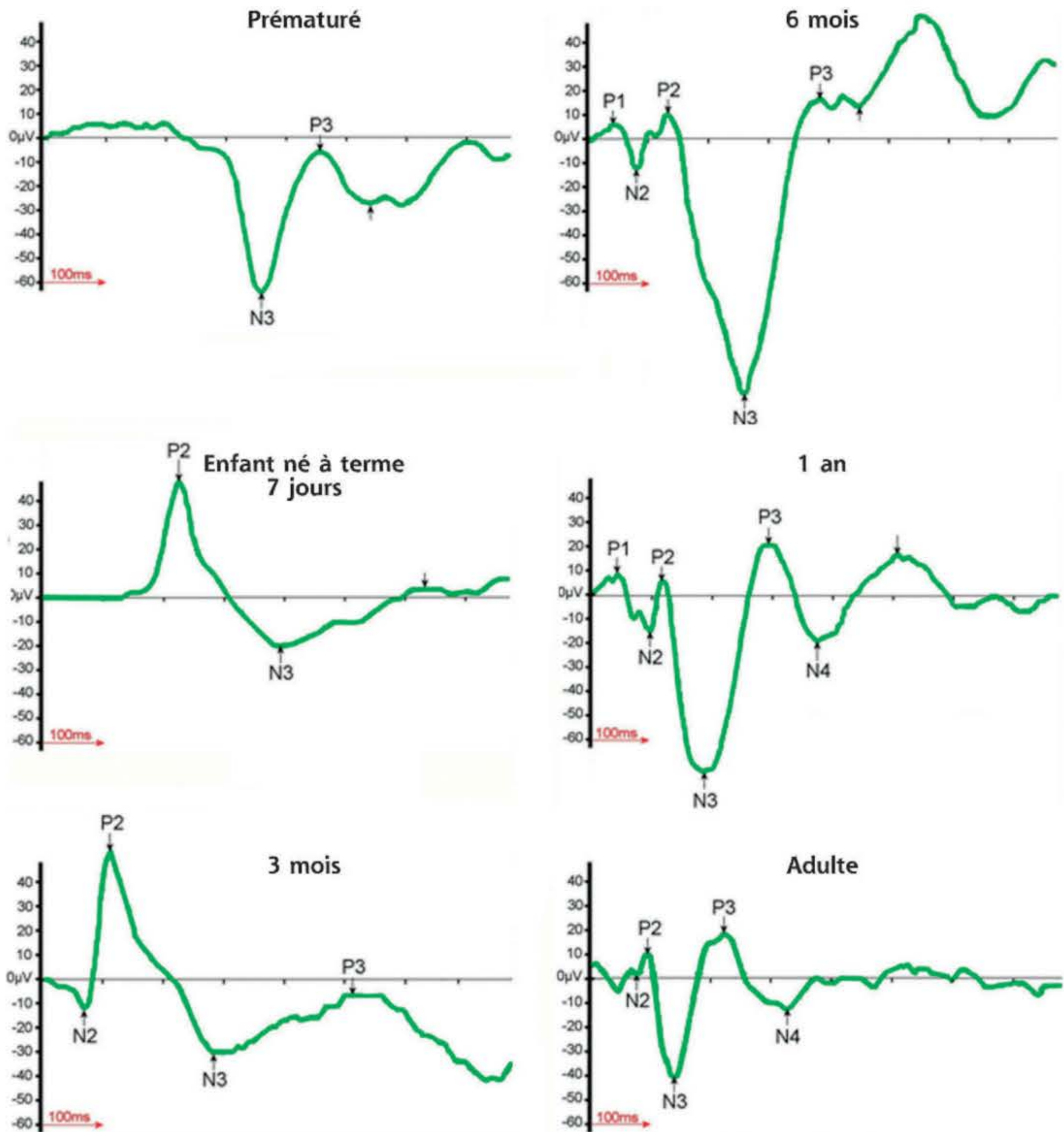


Fig. 3-23 Maturation du PEV flash.

Avec l'âge, le pic principal P2 du PEV apparaît puis diminue de latence et d'amplitude, le tracé s'enrichit en composantes précoces puis tardives. Il existe une très grande variabilité interindividuelle dans la rapidité de maturation.

par damiers. Contrairement au PEV par damiers, il ne nécessite pas l'attention de l'enfant et il est peu influencé par les troubles de réfraction et des milieux.

Son altération (PEV plat, déstructuré) signe une atteinte organique sévère (fig. 3-25). Elle est de mauvais pronostic dans les anomalies des nerfs optiques (exemple : hypoplasie des nerfs optiques, colobome papillaire) [6], mais n'a de valeur pronostique chez l'enfant ni dans les neuropathies optiques inflammatoires ou démyélinisantes, ni dans les cécités corticales pour lesquelles la récupération ad integrum est parfois possible [3].

Si le PEV flash est normal, il n'y a pas d'atteinte majeure des voies optiques, mais cela n'exclut pas la possibilité d'une amblyopie fonctionnelle, d'une anomalie CV ou d'une cécité corticale.

Un aspect immature (correspondant à un PEV de nouveau-né) retrouvé chez un enfant cérébro-lésé est lié à une immaturité des voies visuelles mais n'est pas un synonyme de malvoyance.

Chez un enfant qui a un trouble des milieux occultant le fond d'œil, il témoigne d'un trouble survenu dans les premiers mois de vie. Il est aussi retrouvé chez un enfant qui dort profondément.

PEV PAR DAMIERS (60') ET PEV FLASH, EN BINOCULAIRE : POUR DIFFÉRENCIER UN RETARD DE MATURATION DES VOIES VISUELLES D'UNE CÉCITÉ

S'il y a une réponse au damier chez un bébé de moins de 3 mois avec un comportement de cécité sans nystagmus qui a des réflexes pupillaires normaux, un fond d'œil normal ou avec pâleur papillaire, il s'agit d'un simple retard de maturation visuelle (syndrome de Beauvieux) de très bon pronostic (voir chapitre 24). Si seul le

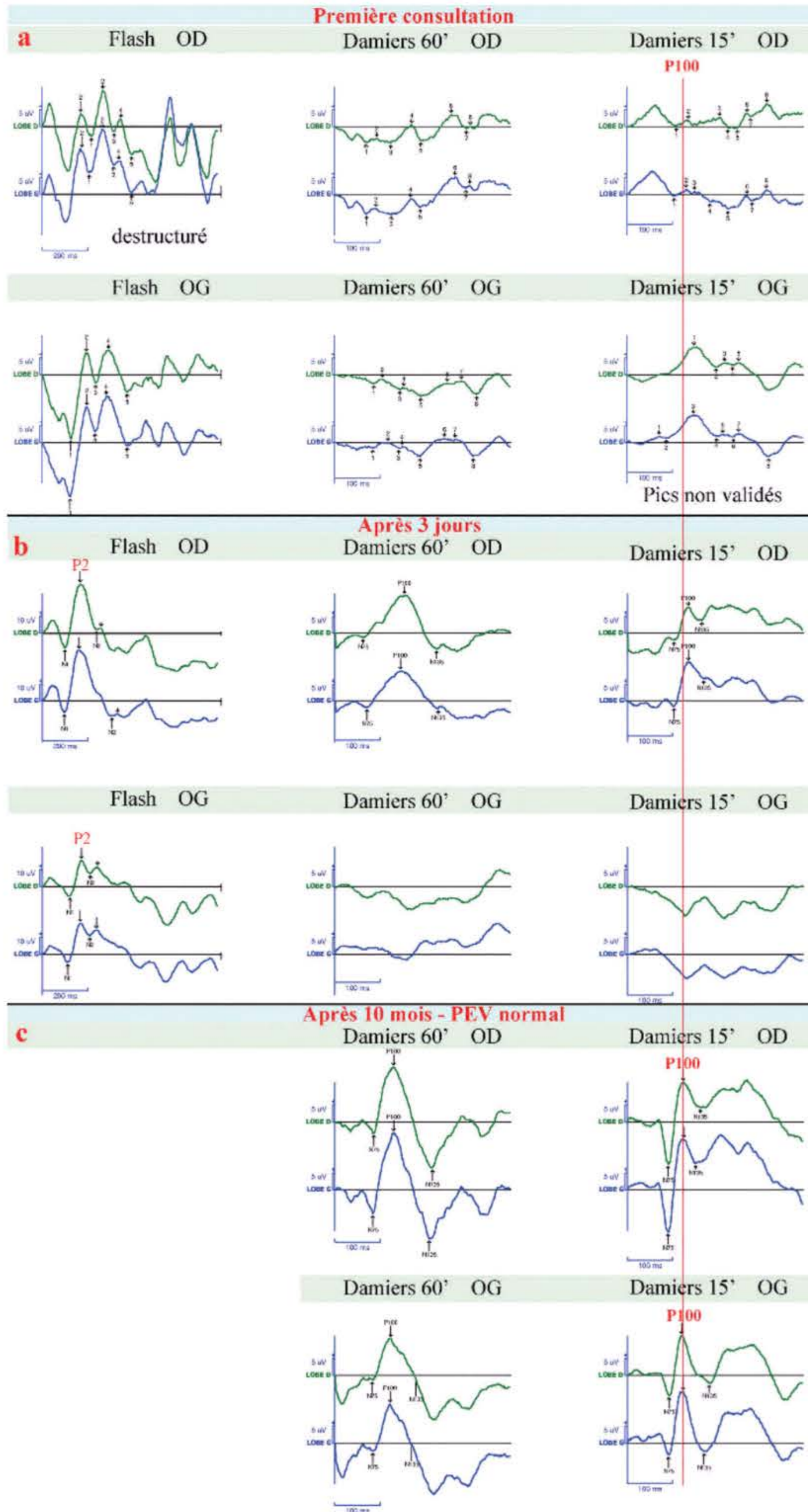


Fig. 3-24 PEV et névrite optique.

a. Enfant de 11 ans qui consulte pour une BAV brutale bilatérale (œil droit [OD] : 2/10 ; œil gauche [OG] : perception lumineuse). Les PEV par damiers ne sont pas analysables, les PEV flash sont altérés, déstructurés. b. Trois jours plus tard l'acuité visuelle est remontée (OD 10/10, OG 3/10). c. 10 mois après l'acuité visuelle a récupéré (ODG 12/10). Le PEV est normal à droite et à gauche. Le pic principal est la deuxième déflexion positive nommée P2 en PEV flash et P100 en PEV par damiers. Le temps de culmination normal de cette dernière est aux environs de 100 ms au damier 15' (il diffère en fonction des laboratoires qui doivent donc chacun déterminer leurs normes).

a
b
c

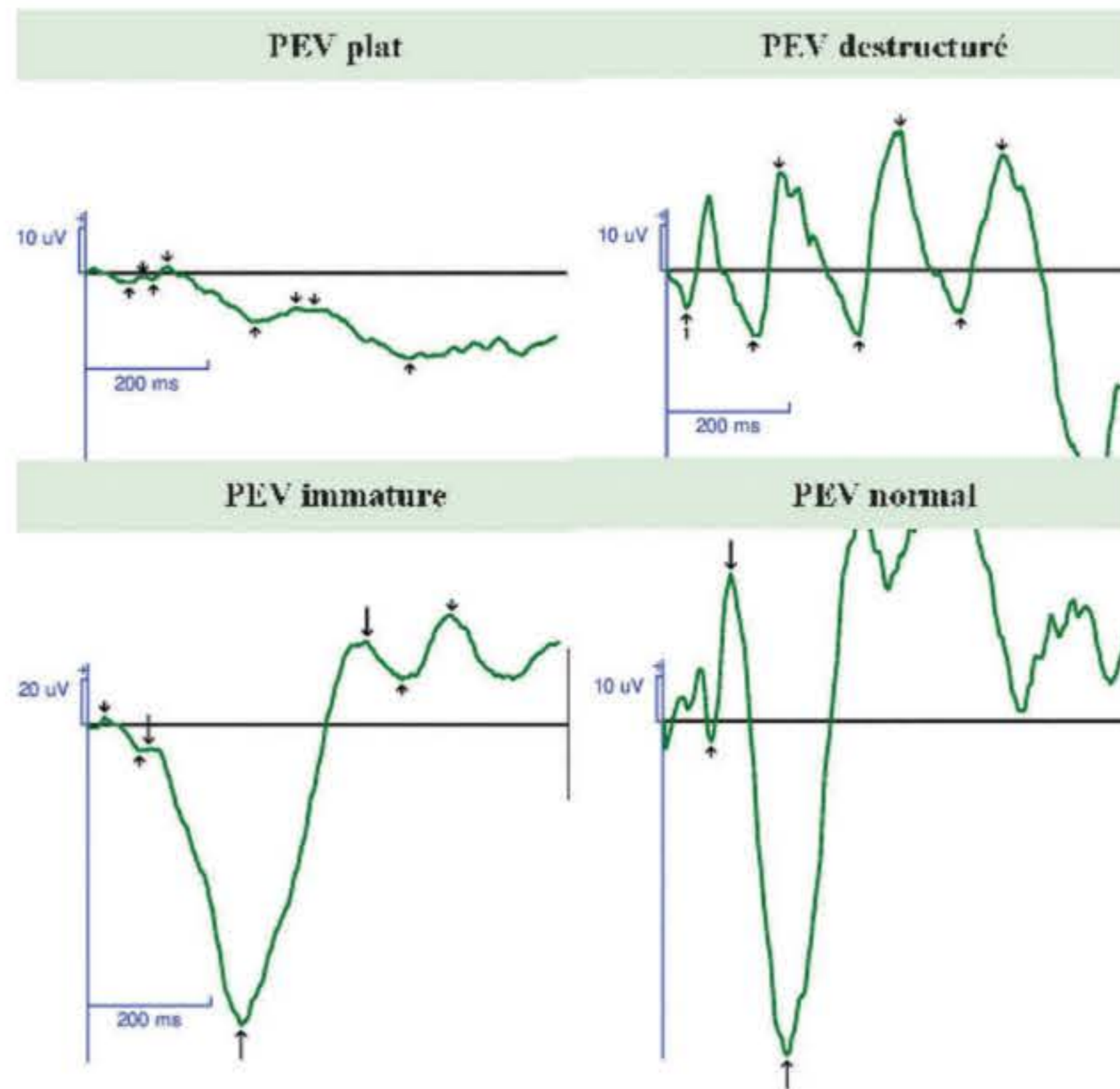


Fig. 3-25 PEV flash : divers types d'anomalies.

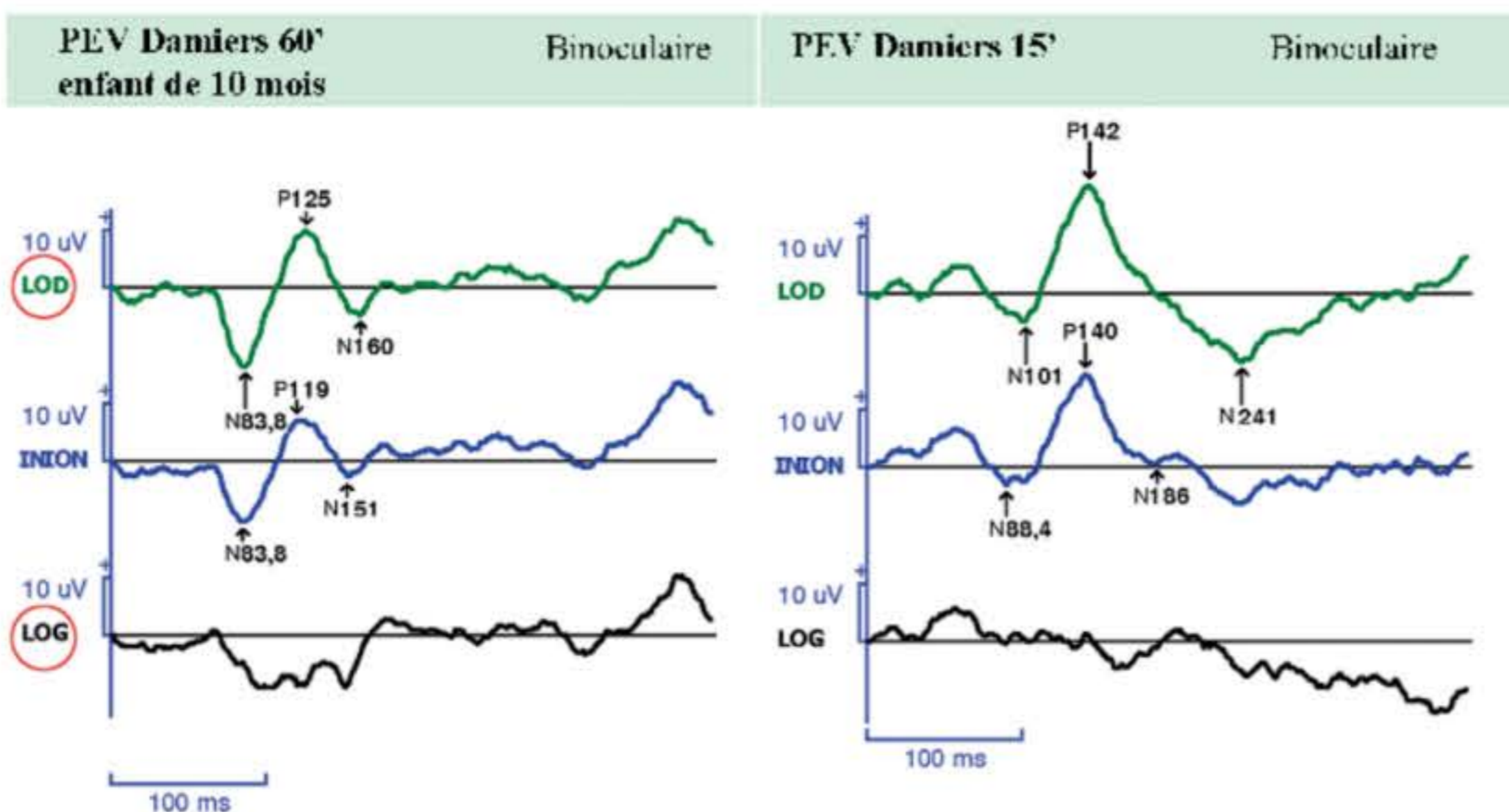
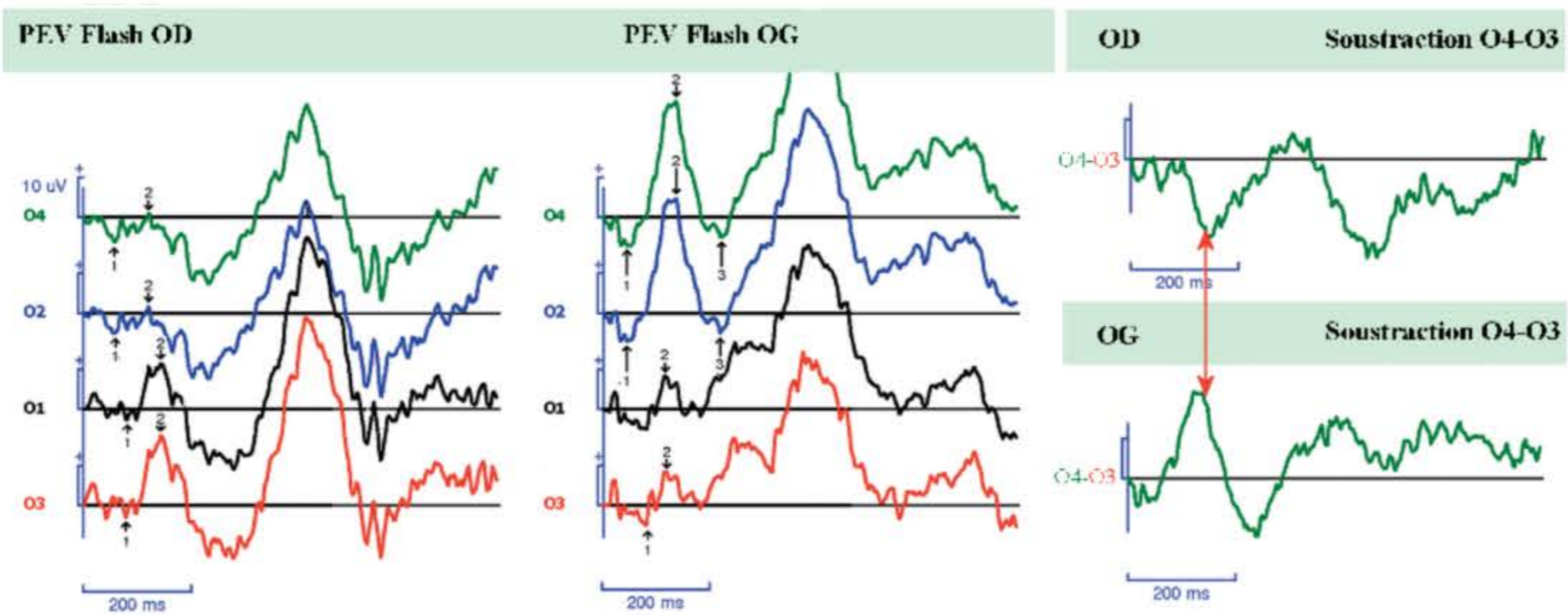


Fig. 3-26 Asymétries des PEV.

a-c. Asymétrie croisée : enfant de 9 mois châtain aux yeux bruns clairs ayant un nystagmus. OD : le PEV est mieux structuré et plus ample en regard du lobe occipital gauche (a). OG : le PEV est mieux structuré et plus ample en regard du lobe occipital droit (b). La soustraction de la réponse du lobe gauche de celle du lobe droit donne une onde négative pour l'OD et négative pour l'OG (c). d. Asymétrie entre les deux hémicortex. Le PEV binoculaire (60' et 15') enregistré en regard du lobe occipital gauche est plat chez cet enfant de 10 mois victime d'un accident vasculaire cérébral ischémique pariéto-occipital gauche (l'asymétrie entre les deux hémicortex est pathologique après 8 mois).



PEV flash est présent, il n'est pas possible de trancher entre une cécité corticale et un retard de maturation. Un contrôle est nécessaire entre 4 et 5 mois de vie.

ENREGISTREMENTS MULTIVOIES : DANS LES PATHOLOGIES NEUROLOGIQUES ET EN CAS DE NYSTAGMUS POUR METTRE EN ÉVIDENCE UNE ATTEINTE DES VOIES OPTIQUES OU DU CORTEX VISUELS

Il y a normalement une symétrie de réponse entre les deux yeux et entre les deux hémicortex.

Si le PEV enregistré en regard de l'hémicortex droit est différent de celui obtenu en regard du gauche, il faut évoquer, après vérification du positionnement des électrodes, une atteinte rétro-chiasmatique ou chiasmatique (albinisme, achiasmie ou compression) (fig. 3-26) [7, 8].

PEV PAR DAMIERS PAR BALAYAGE : POUR MESURER L'ACUITÉ VISUELLE OBJECTIVE

Quand l'acuité n'a pu être évaluée par les autres méthodes (chez les enfants handicapés par exemple) ou en cas de suspicion de baisse d'acuité visuelle anorganique, il faut utiliser une méthode d'examen rapide, qui fait appel à des stimuli à haute fréquence temporelle, appelée PEV par balayage (*sweep visual evoked potential* [sweep VEP]) dans laquelle toutes les tailles de damiers sont présentées successivement en 10 secondes. Cette méthode d'estimation de l'acuité visuelle est considérée comme fiable et reproductible (voir chapitre 5.10) [9, 10].

■ CONCLUSION

Chez l'enfant, les PEV par damiers ne sont interprétables de façon fiable que s'ils sont normaux, éliminant une atteinte des voies visuelles maculaires, ou s'ils retrouvent une asymétrie croisée témoignant d'une atteinte chiasmatique. Dans tous les autres cas, il faut être certain que les conditions techniques et la coopération de l'enfant étaient optimales avant de conclure. Les PEV flash sont intéressants s'ils sont altérés signant une atteinte organique.

Électrorétinogramme global

■ PRINCIPE ET PARTICULARITÉS DE L'ENFANT

L'électrorétinogramme flash (ERGfl) ou global permet à tout âge, dès 3 mois, en ambulatoire de diagnostiquer précocement une dystrophie/dysfonction rétinienne et de préciser le niveau de l'atteinte : cônes, bâtonnets et couches internes de la rétine (cellules bipolaires essentiellement). C'est le seul examen fonctionnel qui requiert une dilatation pupillaire. Il est impressionnant à voir lorsqu'il est réalisé selon les conditions de l'ISCEV (avec des électrodes de recueil cornéosclérales) mais il n'est pas douloureux. Une simple anesthésie topique suffit en général si l'examen se déroule dans une ambiance calme et rassurante, en parlant constamment à l'enfant d'une voie douce et égale. Une lumière inactinique (rouge) peut être allumée pendant l'obscurité, car elle ne désadapte pas la rétine. Une sédation est parfois nécessaire, une anesthésie générale exceptionnellement, lorsque l'enfant est très agité ou très handicapé [11].

■ MÉTHODE D'ÉTUDE

Voir chapitre 5.10.

■ INDICATIONS, INTERPRÉTATION EN PATHOLOGIE, LIMITES

– L'ERGfl est nécessaire au diagnostic de rétinopathies à fond d'œil (FO) normal ou peu évocateur. Il permet d'en distinguer quatre types qui ont des âges de début, des signes et des pronostics fonctionnels différents (tableau 3-15) [12].

– L'ERGfl a un intérêt pronostique : il est de mauvais pronostic quand il est globalement altéré dans des rétinopathies qui à l'examen du FO apparaissent localisées (par exemple dans la maladie de Stargardt type III).

– L'ERGfl traduit la réponse globale de la rétine (qui est proportionnelle à l'étendue de rétine stimulée). Il peut être normal dans les atteintes peu étendues de la rétine, comme les maculopathies isolées (Stargardt par exemple), et plat dans les rétinites pigmentaires évoluées même si la fonction maculaire est préservée.

Dans ces cas, la fonction maculaire peut être évaluée par l'ERG pattern ou damier (p-ERG) couplé aux PEV. Le p-ERG, comme le PEV, nécessite une attention soutenue de l'enfant. C'est donc essentiellement l'imagerie oculaire (OCT et autofluorescence) qui est utilisée actuellement pour le diagnostic des maculopathies de l'enfant. L'ERG multifocal qui étudie la rétine centrale est difficilement ou non réalisable avant 7 ans.

■ Vision des couleurs

L'examen de la VC est important pour dépister les dyschromatopsies congénitales héréditaires afin de donner dès la maternelle des conseils éducatifs appropriés aux parents et aux enseignants. Il permet d'éviter que l'enfant dyschromate soit pris en défaut dans sa scolarité et qu'à l'adolescence, il s'oriente vers des filières professionnelles inappropriées. Il contribue au diagnostic et à l'évaluation des séquelles de certaines neuropathies optiques et maculopathies acquises.

■ LES DIFFÉRENTS TYPES DE DYSCROMATOPSIES : GÉNÉRALITÉS

Les dyschromatopsies chez l'enfant sont essentiellement congénitales et héréditaires (DC), rarement acquises (DA) [13, 14].

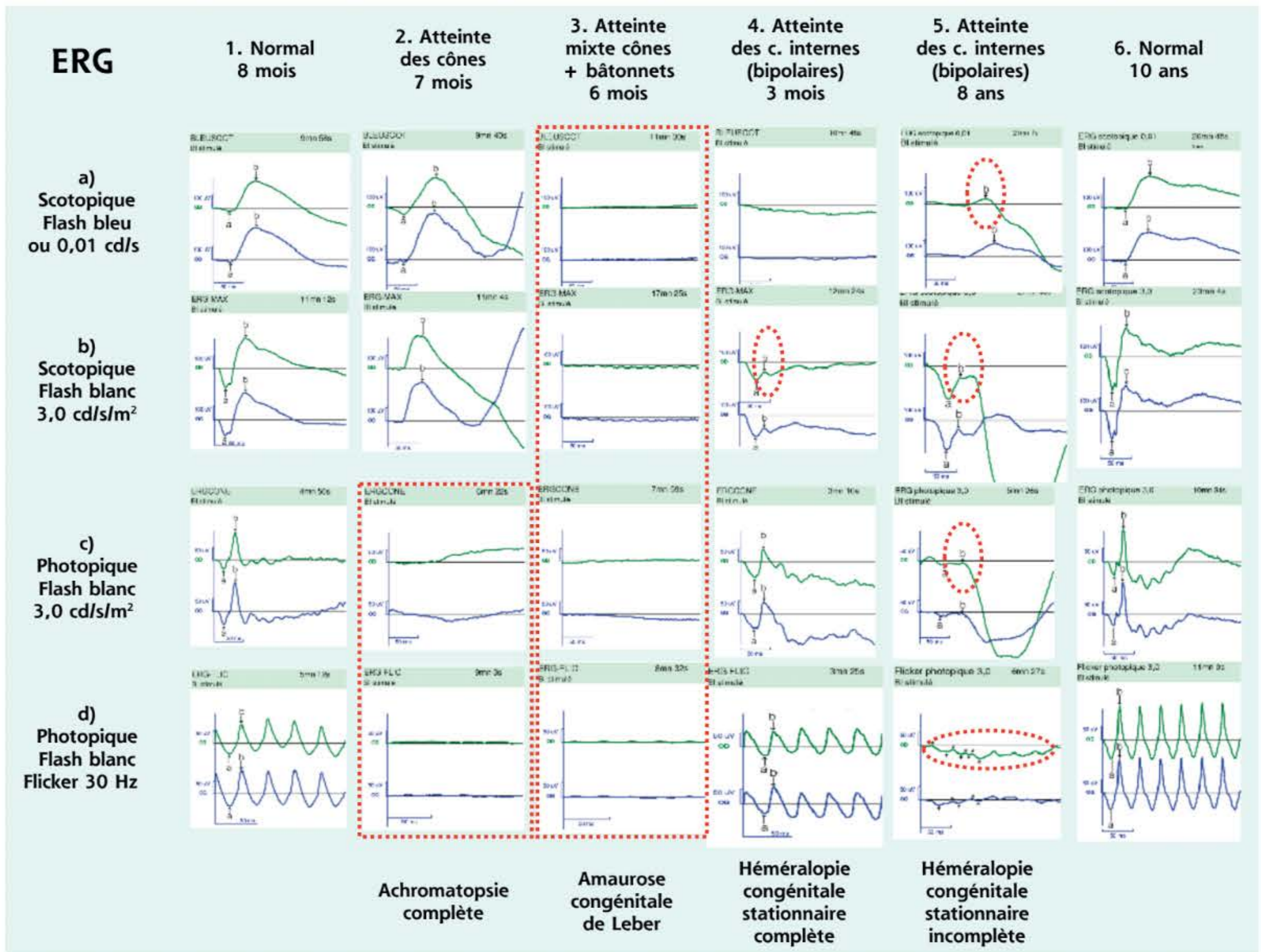
Les DC sont bilatérales, symétriques et non évolutives. Les plus fréquentes sont les DC liées à l'X ou daltonisme qui concernent 8 % de la population masculine et 0,45 % de la population féminine. Le daltonisme comprend : les trichromatismes anormaux liés à l'altération ou à la diminution de densité d'une opsine ; les dichromatismes dus à l'absence d'une opsine ; le très rare monochromatisme à cône S conséquence de l'absence des deux opsines M et L. Les différents types de DC, leur mode d'étude, leur fréquence sont rapportés dans le tableau 3-16.

Les dyschromatopsies acquises peuvent être évolutives et sont en général unilatérales ou asymétriques entre les deux yeux.

■ QUELLES MÉTHODES POUR QUELLES INDICATIONS ?

Les planches pseudo-isochromatiques sont surtout destinées au dépistage des DC pour lesquelles elles ont été conçues. Le plus connu et le plus utilisé, le test d'Ishihara, ne comporte que des planches de

Tableau 3-15 – ERG dans les dystrophies rétiniennes de l'enfant*.



* Quatre types d'électrorétinogramme par flashes (ERGfl) selon le type d'atteinte :
 • en cas d'atteinte des cônes : les réponses scotopiques sont normales. Les réponses photopiques ne sont pas enregistrables ;
 • en cas d'atteinte mixte des cônes et des bâtonnets : atteinte des composantes photopiques et scotopiques (onde a et b) ;
 • en cas d'atteinte des couches internes de la rétine (anomalie de transmission entre photorécepteurs et cellules bipolaires) : l'ERG scotopique 3.0 montre que l'onde a est préservée, l'onde b très diminuée.

Tableau 3-16 – Dyschromatopsies congénitales.

Cônes concernés	Opsine(s) absente(s) Fréquence	Opsine(s) altérée(s)
	Une opsine absente = dichromatisme	Une opsine altérée = trichromatisme anormal
Cônes L (rouge)	Protanopie (1 %)	Protanomalie (1 %)
Cônes M (vert)	Deutéranopie (1 %)	Deutéranomalie (5 %)
Cônes S (bleu)	Tritanopie (rarissime)	
	Plusieurs opsines absentes	Plusieurs opsines altérées
Cônes L + M	Monochromatisme à cônes S	
Cônes L + M + S	Achromatopsie	Oligocône trichromatie, bradyopsie

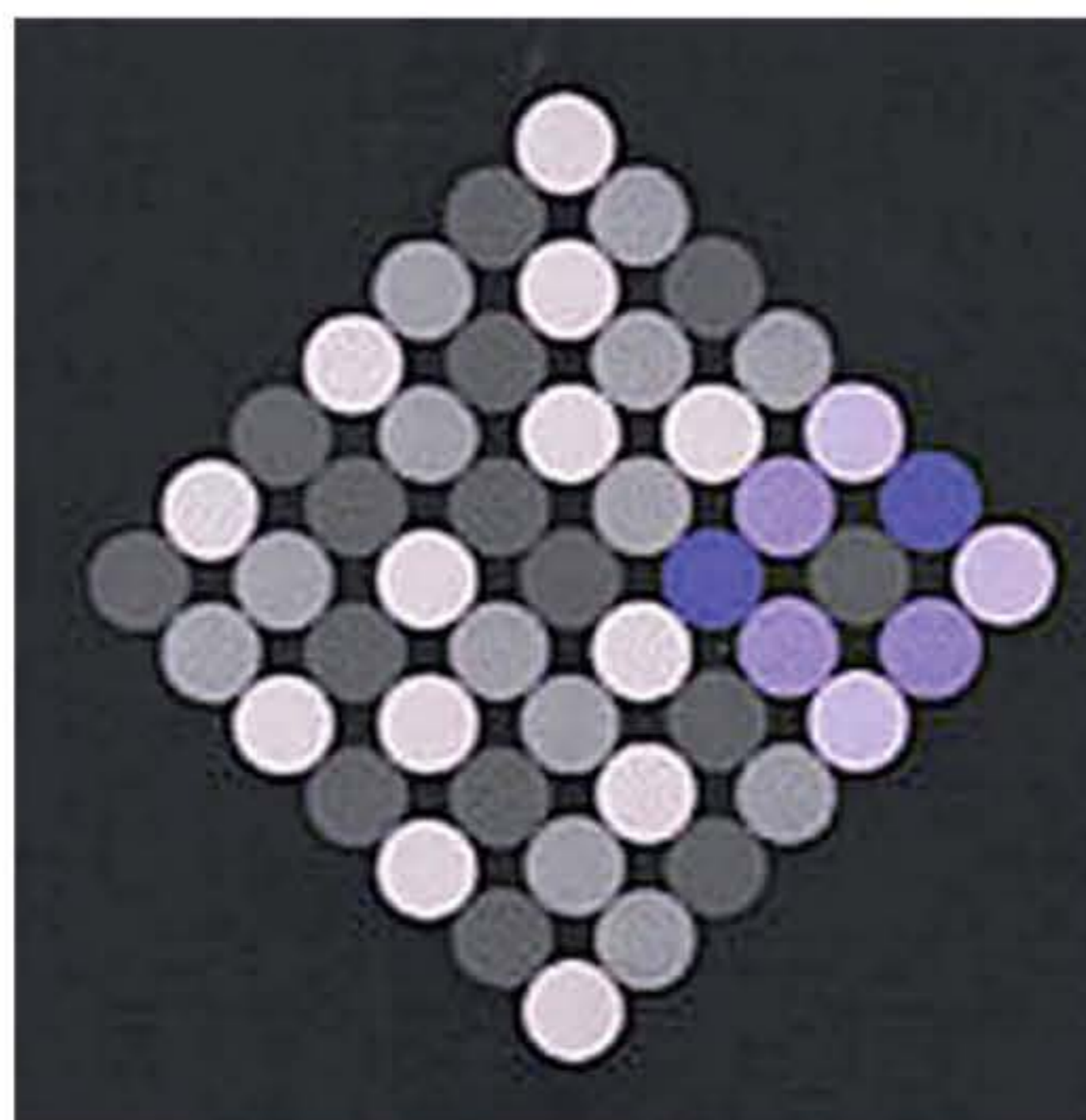
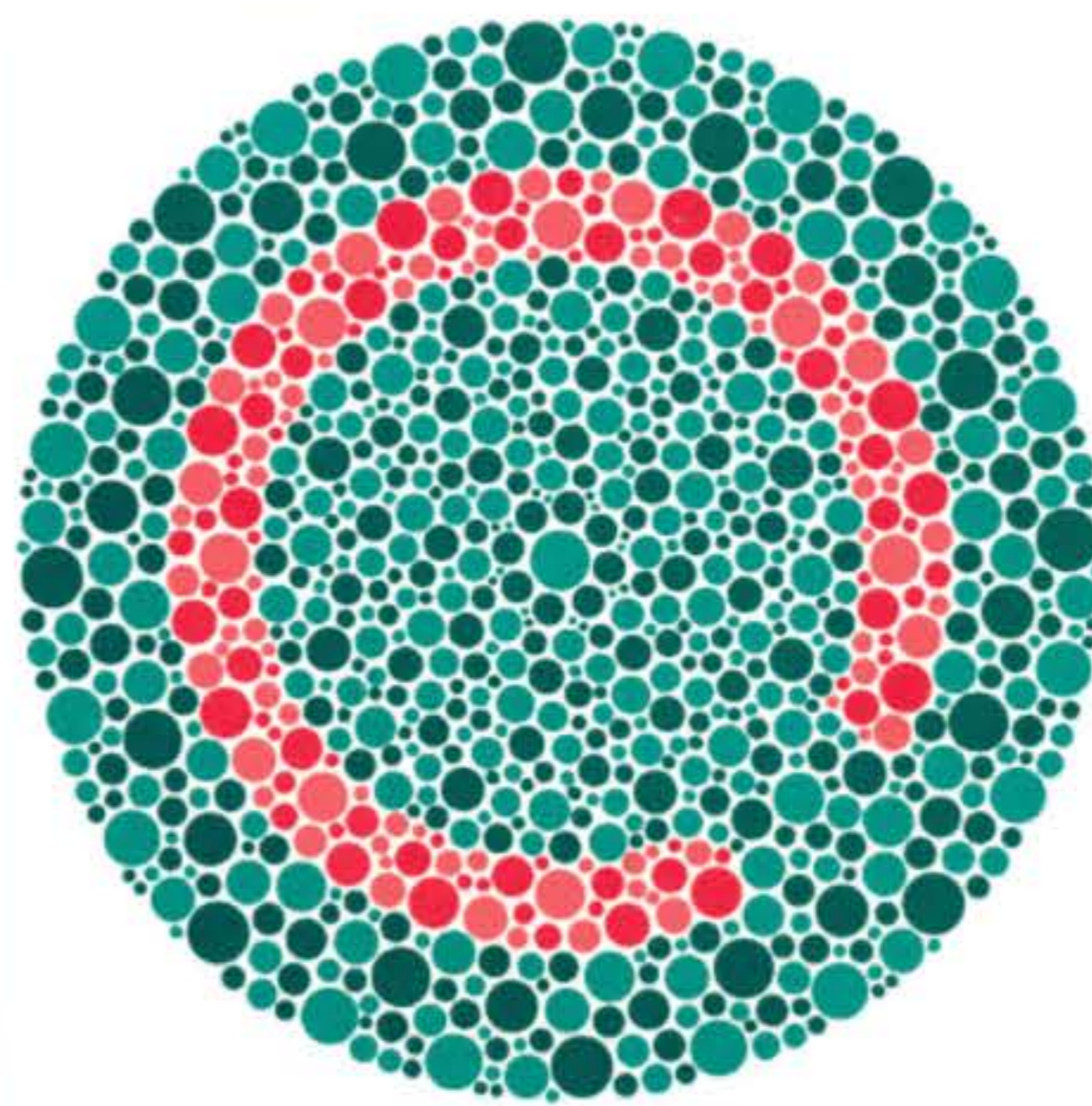
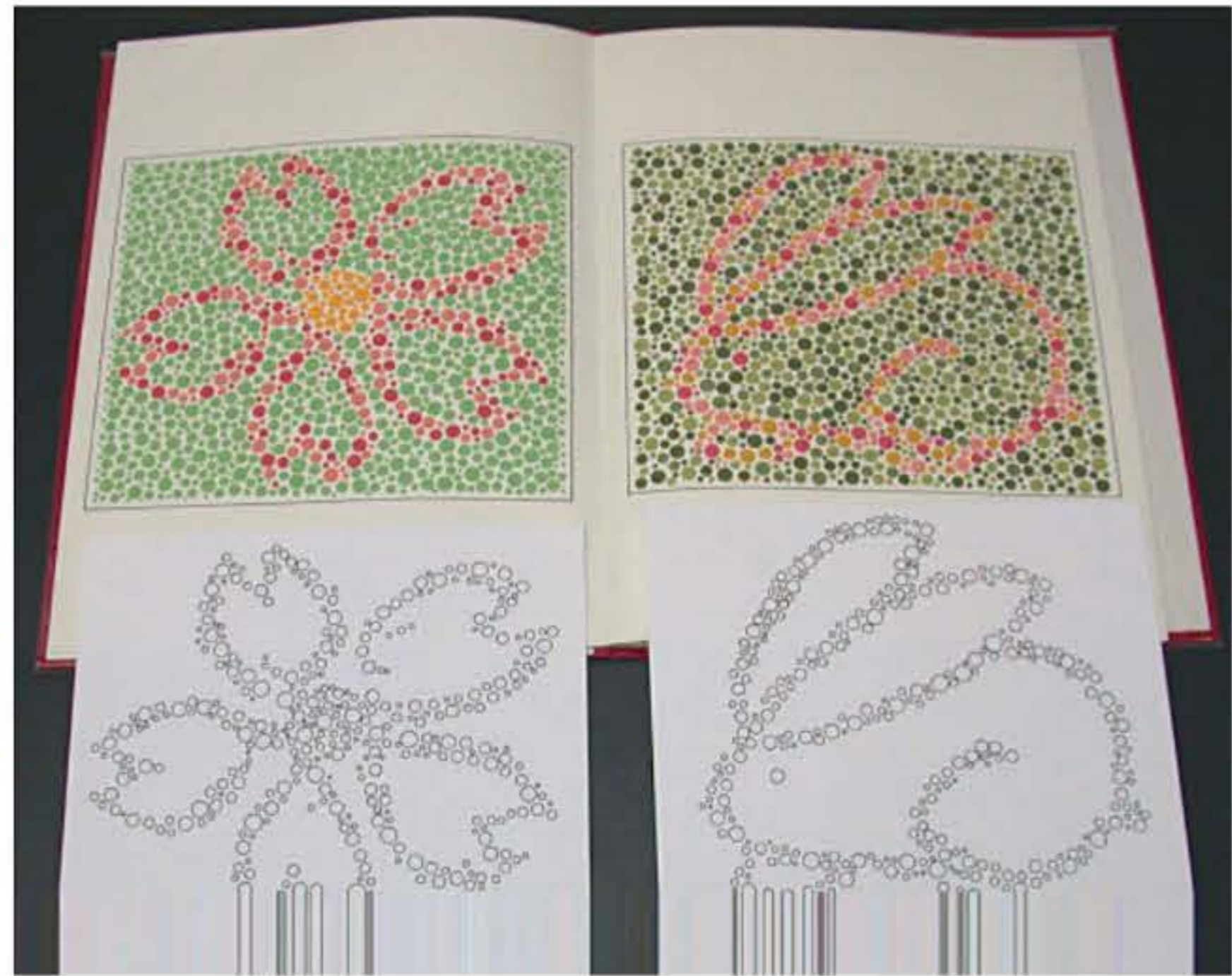
confusion rouge-vert. Il est très performant, son efficacité dépassant les 95 %. D'autres tests utilisant le suivi manuel de tracé, l'appariement de formes ou la dénomination de formes simples (carré, croix, triangle) (fig. 3-27) sont destinés à l'usage pédiatrique. Les DC sont dépistées en vision binoculaire. La lecture des planches pseudo-isochromatiques se fait sous un éclairage de 400 lux.

Les tests pigmentaires, qui évaluent la capacité de l'enfant à classer des pions colorés par ordre de tonalité successive à partir d'un pion de référence fixe, peuvent mettre en évidence tous les axes de confusion colorés potentiels. Ils sont donc utilisables aussi bien pour les DC que pour les DA. Le diagnostic des DA se fait en monoculaire, après avoir éliminé une DC qui peut avoir été méconnue chez l'enfant.

Le test de référence est le test 15 Hue saturé (ou 15 Hue standard ou panel D-15 de Farnsworth) qui permet une évaluation rapide de l'axe et la distinction d'un axe protan d'un axe deutan (fig. 3-28). Le test 15 Hue désaturé est plus sensible mais plus difficile à réaliser avant 10 ans.

Les autres tests sont :

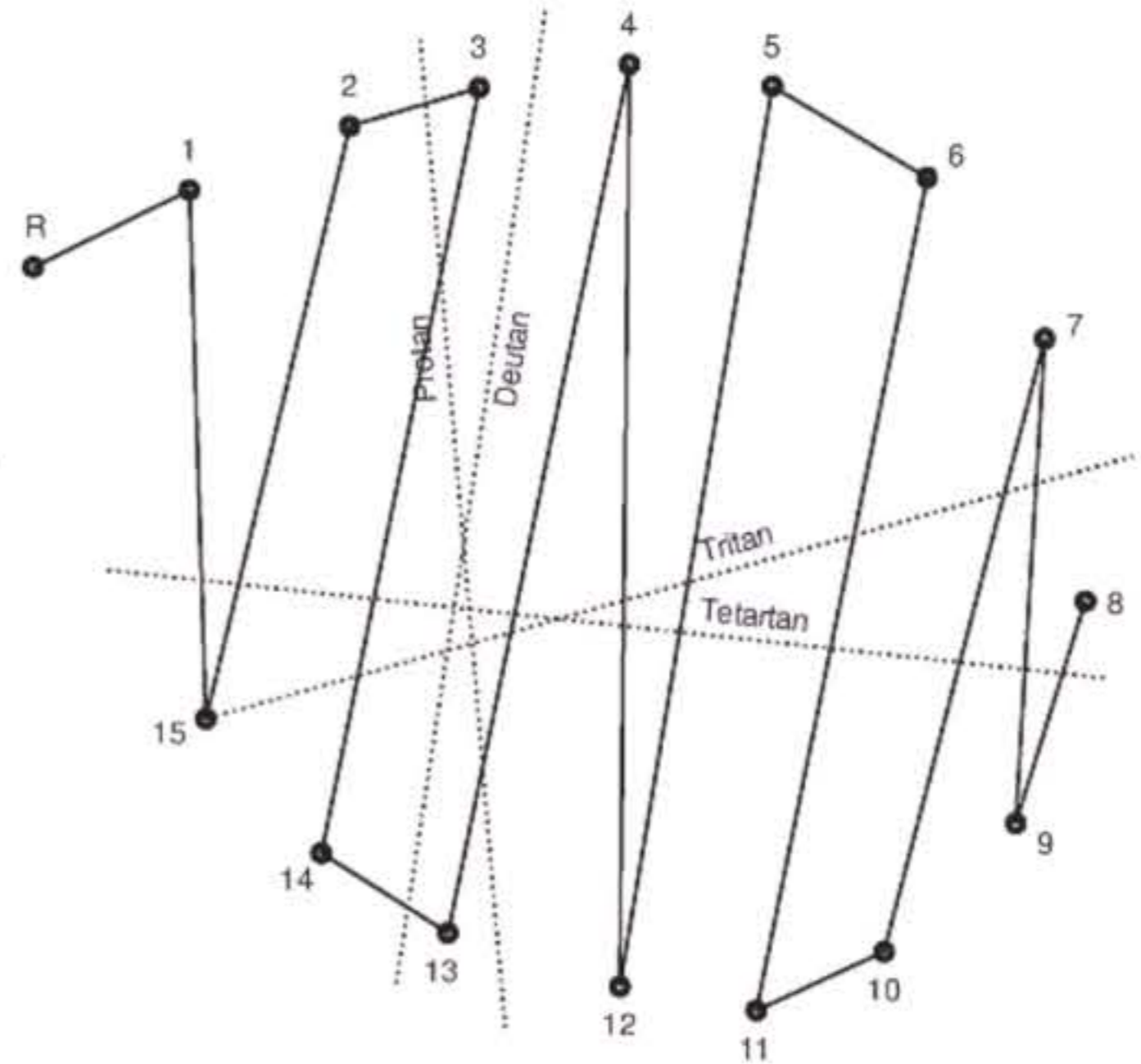
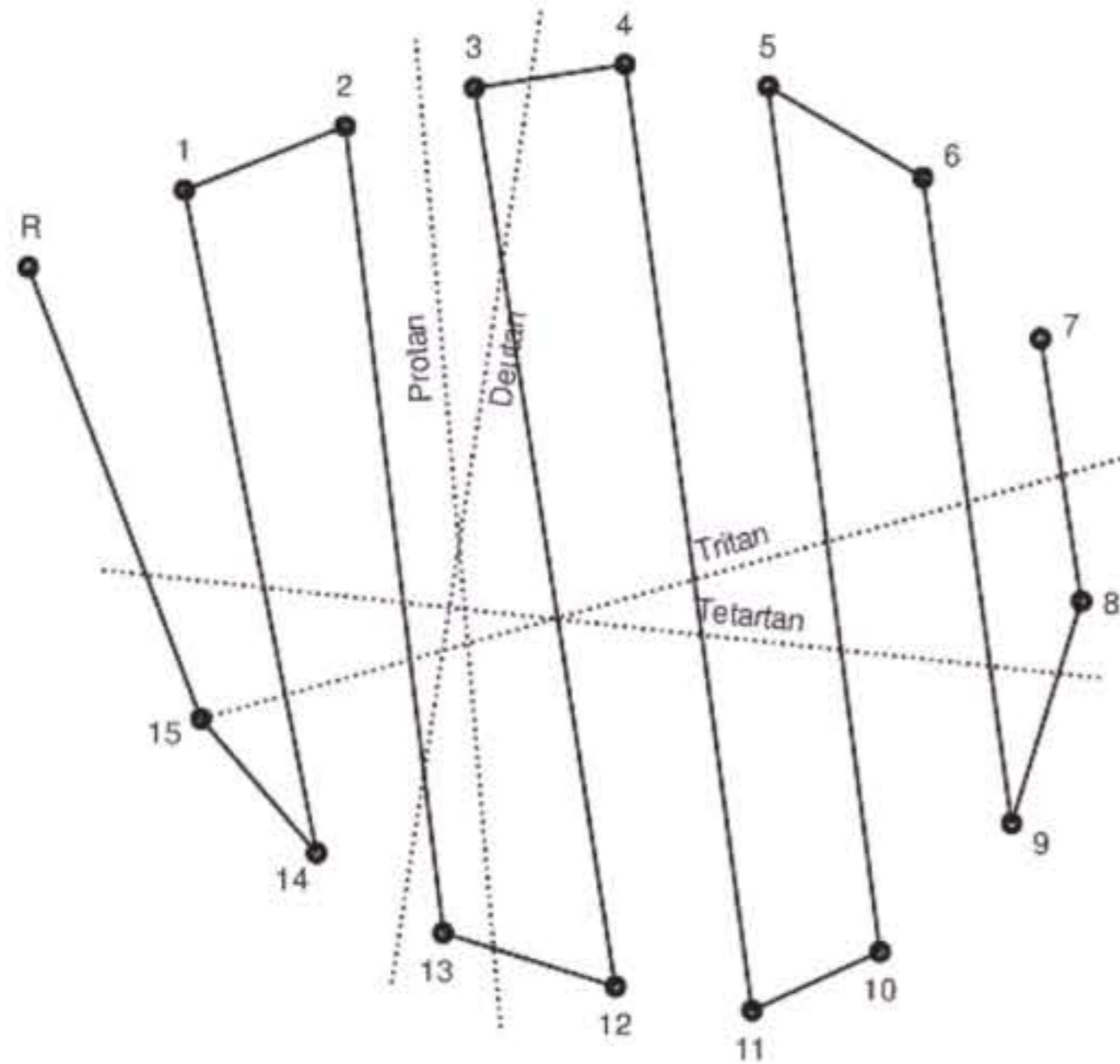
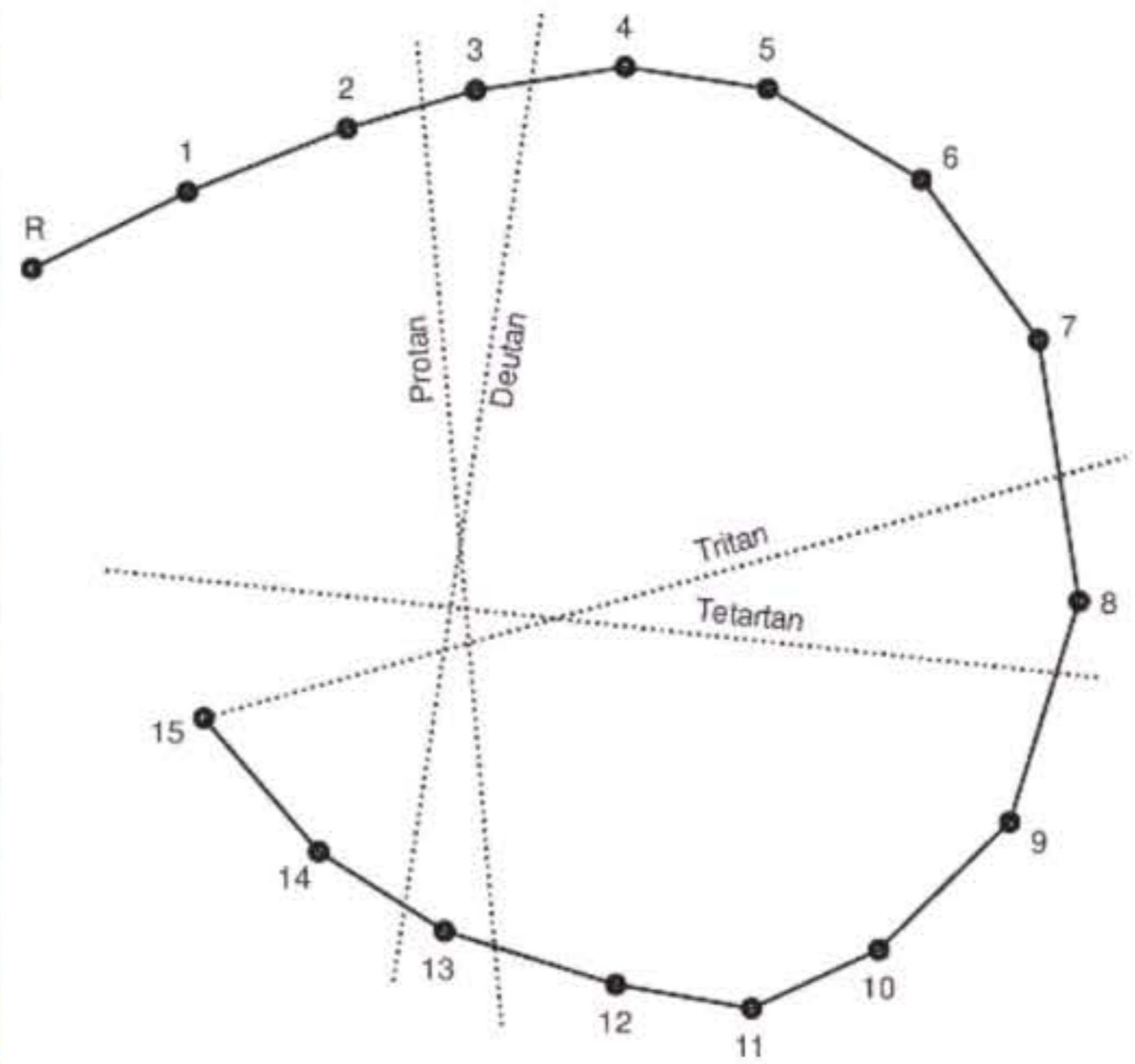
– les anomaloscopes. Ils ne sont pas utilisés pour le dépistage mais sont les plus précis pour diagnostiquer les DC. Ils permettent de différencier les trichromates anormaux des dichromates. L'examen de



a	b
c	d
e	

Fig. 3-27 Planches pseudo-isochromatiques destinées à l'enfant.

a. Test d'Ishihara enfants. L'enfant doit suivre du doigt « un petit chemin » sinueux. b. Test de Matsubara méthode par appariement. c. L'*American optical Hardy-Rand-Rittler color vision plates* (AO-HRR) permet de reconnaître 3 types de déficiences (protan, deutan, tritan) et leur gravité. L'enfant nomme les formes ou les suit du doigt ou avec un pinceau. d. Test d'Ohkuma constitué du C de Landoldt, très facile pour les enfants qui doivent indiquer où est le « trou ». e. Album tritan de Lanthony qui permet de dépister les dyschromatopsies d'axe bleu-jaune. (Remerciements au Dr Zanlonghi pour les b et c.)



a	b
c	d

Fig. 3-28 Test 15 Hue saturé. Test pigmentaire de classement de pions colorés.

a. L'enfant classe les pions à partir du premier pion qui est fixe. b-d. Dès qu'il a terminé, l'examineur transcrit les numéros des jetons sur une feuille de recueil et trace le schéma qui permet la visualisation directe de l'axe de confusion : 15 Hue normal (b), axe protan (c), axe deutan (d).

la VC avec ces colorimètres peut être réalisé dès l'âge de 5 ans. Il se limite à l'équation de Rayleigh qui suffit au diagnostic. Il est selon Vola plus facile à comprendre que les tests de classement [15] ;

– les tests professionnels. Ce sont par exemple des résistances électriques, des câbles des laines, des feux colorés.

■ INDICATIONS, INTERPRÉTATION EN PATHOLOGIE, LIMITES

Une étude de la VC est indiquée (souvent à la demande de la famille) chez un garçon dont le grand-père ou un apparenté mâle du côté maternel est daltonien ; chez une fille seulement si elle a en plus un père atteint. Cet examen est recommandé dans le carnet de santé aux visites des 6 et 8 ans, entre 10 et 13 ans et entre 14 et 18 ans. Il est hélas peu réalisé, nous conseillons donc de le vérifier chez tout garçon de plus de 7 ans qui consulte pour la première fois un ophtalmologiste. Il est indispensable pour les adolescents avant l'orientation vers certaines formations professionnelles (transports, militaires, électriciens, etc.)

Le daltonisme peut être dépisté quelle que soit la méthode dès la maternelle, mais s'il est anormal l'examen devra être contrôlé car ce n'est qu'à partir de 7 ans que le diagnostic est fiable et

précis. Avant cet âge, les faux positifs sont nombreux. Environ un quart des enfants se trompent au test d'Ishihara classique (serpentin) avant 4 ans et 15 % à 5 ans. Ce test étant celui qui donne à tout âge le taux le plus bas de faux positifs [16, 17].

Chez un grand enfant ou un adolescent qui a une acuité visuelle basse bilatérale non expliquée, la mise en évidence d'une dyschromatopsie, surtout si elle est associée à une photophobie, oriente vers un syndrome de dysfonction des cônes : achromatopsie incomplète si l'enfant a un nystagmus de faible amplitude quelles qu'en soient les caractéristiques, monochromatisme à cônes S (lié à l'X) si c'est de surcroît un garçon myope.

L'intérêt de l'étude de la VC est limité dans l'achromatopsie complète, car le diagnostic de cette affection cause de malvoyance profonde doit être posé dès le plus jeune âge par l'ERG.

Une DA bilatérale et symétrique évoquera chez un enfant soit une rétinopathie soit une neuropathie toxique ou hérédodégénérative : dystrophie progressive des cônes, maladie de Stargardt ou atrophie optique dominante. L'atteinte de la VC est fréquente mais souvent peu spécifique. Elle est rarement ressentie et motif de consultation. Elle est mise en évidence lors du bilan d'une BAV ou lors des examens systématiques de suivi d'un traitement toxique (par exemple éthambutol). Des anomalies de la VC peuvent aussi être séquellaires de neuropathies optiques qui ont plus ou moins récupéré.

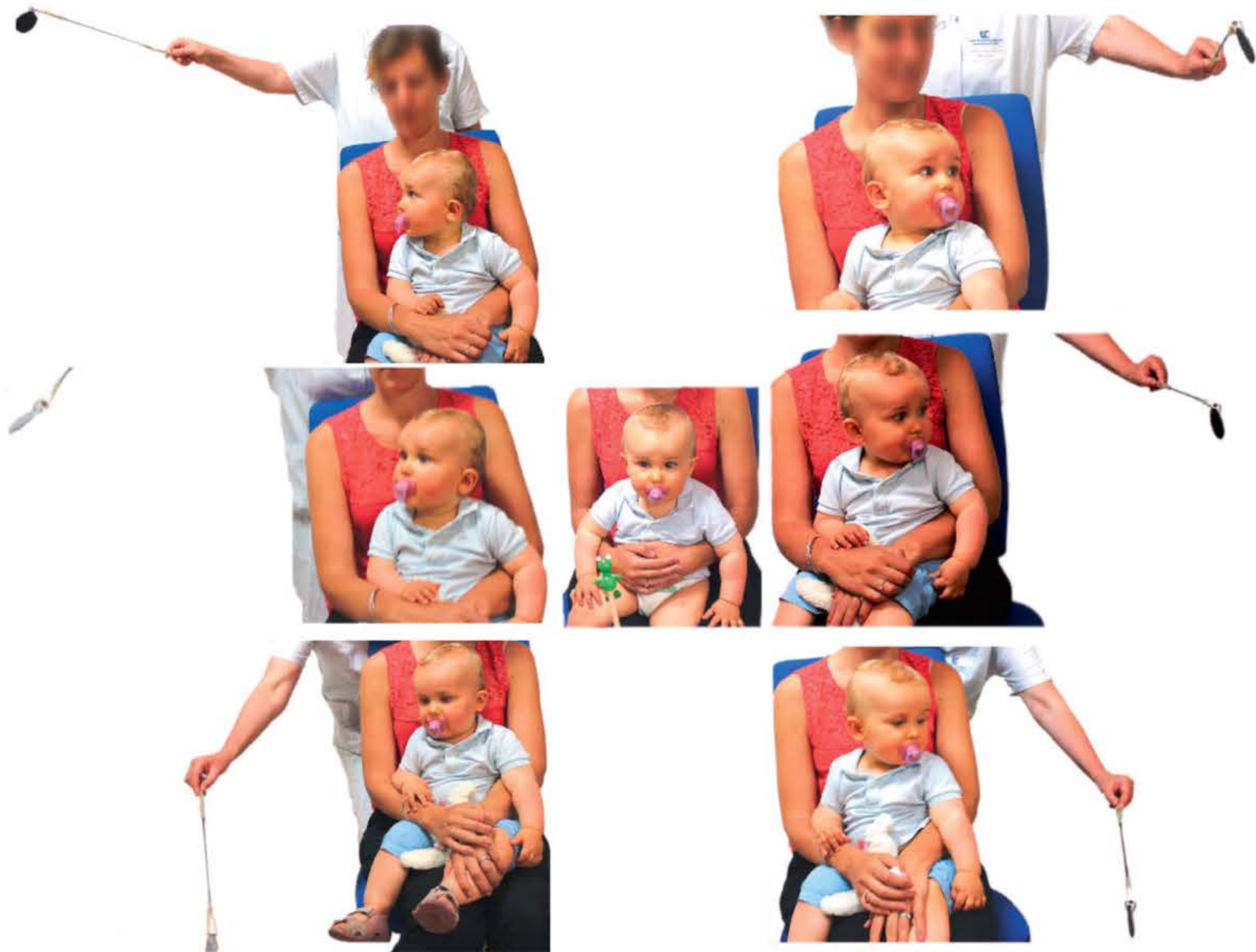


Fig. 3-29 Champ visuel par attraction.

L'examineur est placé face à un enfant dont il attire le regard en position primaire avec un jouet. Une personne placée derrière l'enfant déplace de la périphérie du champ visuel vers le centre une boule placée au bout d'une fine baguette. Aussitôt que l'enfant dirige son regard vers la boule, l'examineur note l'endroit où elle se situe. L'examineur peut aussi déplacer sa main ou un jouet dans un plan vertical à mi-chemin entre ses yeux et celui de l'enfant de la périphérie vers le centre. Dans cette méthode dite par confrontation, l'examineur juge de la normalité ou non de sa réponse en fonction de ce qu'il perçoit lui-même.

■ Champ visuel

Le CV est la portion de l'espace dans laquelle l'œil immobile fixant droit devant peut détecter des stimuli. Ses limites sont définies par la morphologie de la face (rebords orbitaires, nez). L'étude du CV permet de localiser une atteinte des voies visuelles, préchiasmiques, chiasmiques et rétrochiasmiques, et contribue à l'évaluation du handicap et des aptitudes.

Chez le petit enfant avant 5 ans, il n'est pas possible de mesurer le champ visuel statique. Il est néanmoins possible d'apprécier le CV cinétique par des méthodes fondées sur l'étude du réflexe d'attraction du regard vers une cible périphérique soit par des méthodes manuelles de dépistage, soit par des méthodes instrumentales de quantification des déficits.

■ QUELLE MÉTHODE, À QUEL ÂGE ?

MÉTHODES MANUELLES DE DÉPISTAGE

Le CV par attraction et confrontation avant l'âge de 3 ans (fig. 3-29) nécessite l'intervention de deux à trois personnes.

Le test de comptage des doigts peut être réalisé chez l'enfant plus grand, dès 4 ou 5 ans (fig. 3-30). Nous ne l'étudions que

chez les enfants qui auraient été capables de faire un CV instrumental mais ne le peuvent pas pour des raisons physiques (hémiplégies par exemple).

Les autres méthodes manuelles de dépistage sont :

- le champ visuel avec papier-crayon. Il explore les 10-20°. L'enfant fixe une croix dessinée au centre du papier et doit dire quand il voit disparaître un crayon qui se déplace de la croix vers la périphérie du champ (en haut, en bas, à droite, à gauche et en diagonale) puis de la périphérie vers le centre ;

- le test d'Amsler qui peut être utilisé chez l'enfant dans sa version modifiée plus contrastée.

MÉTHODES MANUELLES DE MESURE DU CV

Avec l'arc périmétrique, les limites périphériques du CV et leur maturation sont évaluées en déplaçant une boule blanche sur un arc de périmétrie [18].

Plusieurs variantes de cette technique ont été proposées depuis. L'arc périmétrique a été modifié, dans le *behavioral visual field screening test* (BEFIE), par exemple, la boule blanche a été remplacée par des diodes [19, 20]. Il a été démontré avec ces méthodes que l'aspect du CV périphérique était comparable à celui de l'adulte vers 30 mois [21] et augmentait en surface jusque 11 à 12 ans [22].



Fig. 3-30 Champ visuel par comptage des doigts.

L'examineur montre 1, 2 ou 5 doigts à 45° de l'axe de fixation dans les 4 quadrants du champ visuel, dans un plan vertical situé à mi-chemin entre ses yeux et celui de l'enfant. L'enfant doit signaler à chaque fois combien il voit de doigts. S'il ne les voit pas, ceux-ci sont rapprochés vers le centre jusqu'à ce qu'ils puissent être vus.

MÉTHODES INSTRUMENTALES

Étude du CV en périmétrie cinétique et en périmétrie statique centrale automatisée

Cette étude est réalisable chez l'enfant indemne de pathologie neurologique, dès l'âge de 5 ans en périmétrie cinétique (Goldmann®)

et statique Humphrey SITA-24-2 FAST, et en périmétrie statique à 7 ans (avec le *tendency oriented perimetry* [TOP] d'Octopus®), surtout si l'enfant a bénéficié au préalable d'un petit programme d'apprentissage. Une mesure précise, fiable et reproductible du CV n'est cependant possible qu'à partir de 8 à 9 ans en moyenne, la périmétrie de Goldmann étant la méthode la plus fiable avant cet âge [23–25]. Des normes en fonction de l'âge ont été récemment rapportées pour ces trois techniques. Le CV de Goldmann augmente en surface surtout en temporal et en inférotemporal, peu en nasal et le CV d'Humphrey® en sensibilité de 0,3 dB/an jusqu'à l'âge de 12 ans [26, 27].

Méthodes de mesure instrumentales fondées sur l'attraction visuelle

Ces méthodes destinées à pallier l'insuffisance des méthodes précédentes (enfants < 5 ans et/ou cérébrolésés) sont proposées ces dernières années pour le diagnostic et le suivi des déficits campimétriques. Nous citerons notamment :

- la méthode de périmétrie statique *suprathreshold saccadic vector optometric perimetry* (SVOP) dans laquelle les mouvements des yeux vers les points lumineux présentés dans les 30° centraux sont enregistrés par eyetracker [28] ;
- les méthodes semi-automatiques de CV (MonCv®, Métrovision) dans lesquelles le regard de l'enfant est filmé et enregistré, mais c'est l'examineur qui appuie sur la sonnette dès qu'il estime que l'enfant a regardé la lumière présentée dans son CV (fig. 3-31).

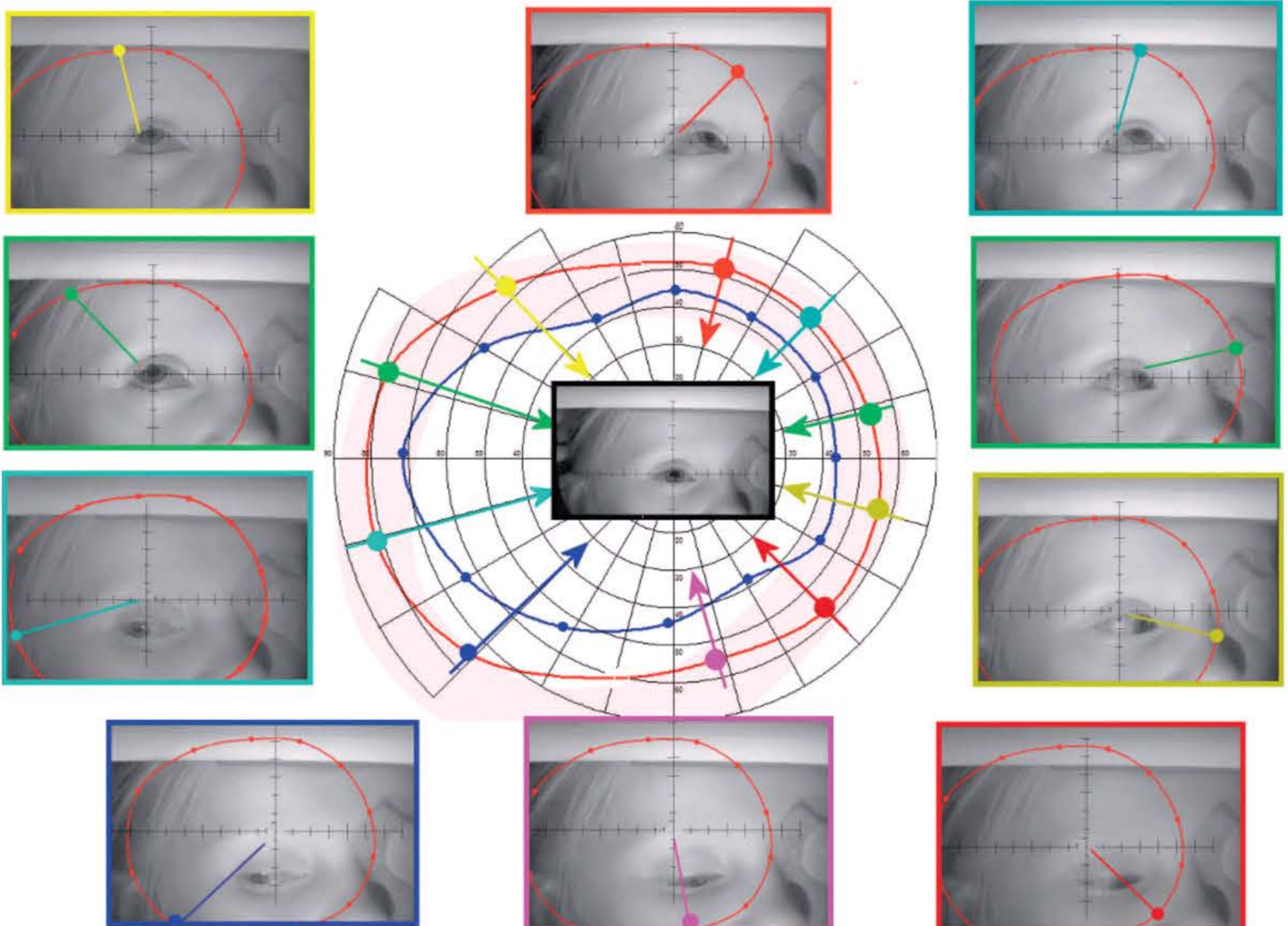


Fig. 3-31 Champ visuel semi-automatique type Goldmann réalisé chez un enfant de 3 ans en coupole.

Le regard de l'enfant est filmé permettant un contrôle a posteriori de l'examen. La technique est la même que le champ visuel au Goldmann, mais c'est l'examineur qui appuie sur la sonnette dès que l'enfant dirige son regard vers la cible.



■ INDICATIONS, INTERPRÉTATION EN PATHOLOGIE ET LIMITES DE L'EXAMEN

Le CV est dans la démarche diagnostique, l'examen fonctionnel de première intention, après la mesure d'acuité.

Il est réalisé dans les indications suivantes :

- chez l'enfant qui a une baisse d'acuité visuelle inexplicée, qui est maladroite ou chute de façon fréquente, qui tourne la tête pour regarder droit devant, qui se plaint de céphalées atypiques ;
- pour diagnostiquer et évaluer le retentissement visuel d'affections pouvant toucher les voies optiques : lésions secondaires à une souffrance périnatale, traumatismes crâniens, tumeurs cérébrales ;
- en préopératoire de tumeurs cérébrales volumineuses ou infiltrantes (craniopharyngiome par exemple), car il peut orienter la voie d'abord chirurgicale. Il est important de connaître le côté le moins atteint pour ne pas aggraver le déficit visuel ;
- en cas de NF1 (dépistage et suivi d'un gliome des voies optiques) ;
- en cas d'antécédents familiaux pour conforter le diagnostic précoce de dystrophie rétinienne en cas de suspicion de pathologie des bâtonnets et/ou des cônes évoquée sur des coupes OCT périphériques ; pour apprécier le handicap et guider la rééducation.

Les méthodes manuelles de dépistage du CV sont d'un grand intérêt chez le petit enfant ou le plus grand invalide. Elles permettent de dépister les amputations du CV périphérique hémianopsique, quadransopique ou altitudinale et les rétrécissements concentriques. Quand un déficit est détecté, le résultat est fiable. Leur sensibilité est faible pour les autres types de déficits.

Il y a peu d'études concernant la périmétrie en pathologie :

- elles concernent essentiellement les méthodes manuelles de mesure des déficits qui restent peu fiables en pathologie chez le jeune enfant. Par exemple, une étude récente réalisée avec le BEFIE sur une grande série d'enfants ayant une atteinte neurologique montre que cette méthode est fiable chez 57 % des enfants de moins de 1 an, 71 % des enfants de 1 à 2 ans et 75 % au-delà [29] ;

- quand un champ visuel instrumental en périmétrie statique ou de type Goldmann est réalisable chez un enfant, il est reproductible. L'interprétation des déficits en périmétrie cinétique et statique est la même que chez l'adulte. La principale limitation de ces examens qui nécessitent d'être valide, attentif et coopérant est qu'ils sont indiqués chez des enfants ayant des pathologies visuelles cause de mauvaise fixation, ou neurologiques cause de fatigue, de céphalées ou d'invalidité. Il faudra donc, avant de les interpréter particulièrement, tenir compte des indices de fiabilité et des conditions d'examen ;

- les méthodes de CV instrumentales fondées sur l'attraction visuelle semblent intéressantes, prometteuses pour l'étude du CV dès 3 ans, mais ce sont des techniques partiellement subjectives et/ou utilisant des tests non standardisés et/ou dont la fiabilité et la sensibilité chez l'enfant sont encore à démontrer [30].

BIBLIOGRAPHIE

[1] McCulloch DL, Marmor MF, Brigell MG, et al. ISCEV Standard for full-field clinical electroretinography (2015 update). *Doc Ophthalmol Adv Ophthalmol* 2015 ; 130 : 1-12.

- [2] Odom JV, Bach M, Brigell M, et al. ISCEV standard for clinical visual evoked potentials (2016 update). *Doc Ophthalmol Adv Ophthalmol* 2016 ; 133 : 1-9.
- [3] Defoort-Dhellemmes S. Potentiels évoqués visuels de l'enfant. In : *Exploration de la fonction visuelle. Rapport annuel de la SFO*. Paris : Masson ; 1999, p. 617-45.
- [4] Rigaudière F. Spécificités de l'électrophysiologie chez l'enfant. In : *Goberville M, Dureau P. Ophtalmologie pédiatrique et strabismes*. Paris : Médecine Sciences/Lavoisier ; 2014, p. 90-104.
- [5] Defoort-Dhellemmes S, Drumare I, Basset D, Leroy F. Les potentiels évoqués visuels chez l'enfant. In : *Du signe clinique au diagnostic. Imagerie et exploration fonctionnelle de la vision. Bulletin de Sociétés Ophthalmologiques de France* 2012, p. 71-83.
- [6] McCulloch DL, Garcia-Filion P, Fink C, et al. Clinical electrophysiology and visual outcome in optic nerve hypoplasia. *Br J Ophthalmol* 2010 ; 94 : 1017-23.
- [7] Apkarian P, Reits D, Spekrijse H. Component specificity in albino VEP asymmetry : maturation of the visual pathway anomaly. *Exp Brain Res* 1984 ; 53 : 285-94.
- [8] Breclj J, Sustar M, Pečarič-Meglič N, et al. VEP characteristics in children with achiasmia, in comparison to albino and healthy children. *Doc Ophthalmol Adv Ophthalmol* 2012 ; 124 : 109-23.
- [9] Ridder WH, Tong A, Floresca T. Reliability of acuities determined with the sweep visual evoked potential (sVEP). *Doc Ophthalmol Adv Ophthalmol* 2012 ; 124 : 99-107.
- [10] Cavascan NN, Salomão SR, Sacai PY, et al. Contributing factors to VEP grating acuity deficit and inter-ocular acuity difference in children with cerebral visual impairment. *Doc Ophthalmol* 2013 ; 128 : 91-9.
- [11] Defoort-Dhellemmes S, Drumare I, Basset D. Électrorétinogramme chez l'enfant. In : *Du signe clinique au diagnostic. Imagerie et exploration fonctionnelle de la vision. Bulletin de Sociétés Ophthalmologiques de France* 2012, p. 80-97.
- [12] Defoort-Dhellemmes S, Drumare I. Les rétinoopathies héréditaires non évolutives. L'achromatopsie et autres syndromes de dysfonction des cônes. In : *Meunier I. Dir. Hérédo-dégénérescences rétinienne. Vol. 2 : rétine*. Paris : Médecine Sciences/Lavoisier ; 2012.
- [13] Zanlonghi X. Vision des couleurs chez l'enfant. In : *Goberville M, Dureau P. Ophtalmologie pédiatrique et strabismes. Vol. 1*. Paris : Médecine Sciences/Lavoisier ; 2014, p. 74-83.
- [14] Roth A, Lanthony P. La vision des couleurs. In : *Risse JF. Exploration de la fonction visuelle. Rapport annuel de la SFO*. Paris : Masson ; 1999, p. 367-87.
- [15] Vola J. L'examen de la vision des couleurs chez le jeune enfant. In : *Les dyschromatopsies. Bulletin des Sociétés Ophthalmologiques de France* 2001 ; p. 162-5.
- [16] Birch J, Platts CE. Colour vision screening in children: an evaluation of three pseudoisochromatic tests. *Ophthalmic Physiol Opt* 1993 ; 13 : 344-9.
- [17] Denis D, Vola J, Saracco J. Dyschromatopsies héréditaires chez l'enfant. *Ophtalmologie* 1990 ; 4 : 419-21.
- [18] Mohn G, Van Hof-Van Duin J. Development of the binocular and monocular visual fields of human infants during the first year of life. *Clinical Vision Science* 1986 ; 1 : 51-64.
- [19] Lewis TL, Maurer D. The development of the temporal and nasal visual fields during infancy. *Vision Res* 1992 ; 32 : 903-11.
- [20] Mayer DL, Fulton AB, Cummings MF. Visual fields of infants assessed with a new perimetric technique. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1988 ; 29 : 452-9.
- [21] Dobson V, Brown AM, Harvey EM, Narter DB. Visual field extent in children 3.5-30 months of age tested with a double-arc LED perimeter. *Vision Res* 1998 ; 38 : 2743-60.
- [22] Wilson M, Quinn G, Dobson V, Breton M. Normative values for visual fields in 4- to 12-year-old children using kinetic perimetry. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 1991 ; 28 : 151-3 ; discussion 154.
- [23] Safran AB, Laffi GL, Bullinger A, et al. Feasibility of automated visual field examination in children between 5 and 8 years of age. *Br J Ophthalmol* 1996 ; 80 : 515-8.
- [24] Tschopp C, Safran AB, Laffi JL, et al. Automated static perimetry in the child : methodologic and practical problems. *Klin Monatsblätter Für Augenheilkd* 1995 ; 206 : 416-9.
- [25] Brown SM, Bradley JC, Monhart MJ, Baker DK. Normal values for Octopus tendency oriented perimetry in children 7 through 13 years old. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2005 ; 243 : 886-93.
- [26] Patel DE, Cumberland PM, Walters BC, et al. ; OPTIC study group. Study of Optimal Perimetric Testing in Children (OPTIC) : feasibility, reliability and repeatability of perimetry in children. *PloS One* 2015 ; 10 : e0130895.
- [27] Patel DE, Cumberland PM, Walters BC, et al. Study of Optimal Perimetric Testing In Children (OPTIC) : normative visual field values in children. *Ophthalmology* 2015 ; 122 : 1711-7.
- [28] Murray IC, Cameron LA, McTrusty AD, et al. Feasibility, accuracy, and repeatability of suprathreshold saccadic vector optokinetic perimetry. *Transl Vis Sci Technol* 2016 ; 5 : 15.
- [29] Koenraads Y, Braun KJ, van der Linden DP, et al. Perimetry in young and neurologically impaired children : the behavioral visual field (befie) screening test revisited. *JAMA Ophthalmol* 2015 ; 133 : 319-25.
- [30] Tailor V, Glaze S, Unwin H, et al. Saccadic vector optokinetic perimetry in children with neurodisability or isolated visual pathway lesions : observational cohort study. *Br J Ophthalmol* 2016 ; 100 : 1427-32.