

UNIVERSITE DE NANTES

FACULTE DE MEDECINE

Année 2016 N° 172

THESE

pour le

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

(DES d'ophtalmologie)

par

Alice ZAMORA épouse BLÉRIOT

Née le trente octobre dix-neuf cent quatre-vingt-six à PARIS XI

Présentée et soutenue publiquement le douze septembre deux mille seize

**DÉPISTAGE PRÉVERBAL DES TROUBLES VISUELS DE L'ENFANT :
NÉCESSITÉ DE COMBINER TESTS OBJECTIFS ET SUBJECTIFS.
ANALYSE RÉTROSPECTIVE DE 2 ANNÉES DE LA CAMPAGNE DE DÉPISTAGE
VISUEL MENÉE AU SEIN DES CRÈCHES MUNICIPALES DE LA VILLE DE NANTES**

Président : Monsieur le Professeur Michel WEBER

Directeur de thèse : Docteur Pierre LEBRANCHU

UNIVERSITE DE NANTES

FACULTE DE MEDECINE

Année 2016 N°

THESE

pour le

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

(DES d'ophtalmologie)

par

Alice ZAMORA épouse BLÉRIOT

Née le trente octobre dix-neuf cent quatre-vingt-six à PARIS XI

Présentée et soutenue publiquement le douze septembre deux mille seize

**DÉPISTAGE PRÉVERBAL DES TROUBLES VISUELS DE L'ENFANT :
NÉCESSITÉ DE COMBINER TESTS OBJECTIFS ET SUBJECTIFS.
ANALYSE RÉTROSPECTIVE DE 2 ANNÉES DE LA CAMPAGNE DE DÉPISTAGE
VISUEL MENÉE AU SEIN DES CRÈCHES MUNICIPALES DE LA VILLE DE NANTES**

Président : Monsieur le Professeur Michel WEBER

Directeur de thèse : Docteur Pierre LEBRANCHU

« Au moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque. »

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	6
2. GÉNÉRALITÉS	6
2.1. L'amblyopie	6
2.1.1. Définition.....	6
2.1.2. Facteurs amblyogènes.....	7
2.1.3. Traitement de l'amblyopie	8
2.2. Le dépistage visuel.....	9
2.2.1. Principes généraux du dépistage.....	9
2.2.2. Justification et moyens du dépistage de l'amblyopie	10
2.2.3. Dépistage visuel selon l'âge de l'enfant dépisté	11
2.2.4. Tests subjectifs	12
2.2.5. Tests objectifs.....	15
3. DÉPISTAGE PRÉVERBAL DES TROUBLES VISUELS RÉALISÉ DANS LA VILLE DE NANTES 22	
3.1. Description de l'examen de dépistage.....	22
3.1.1. Seuils retenus	23
3.1.2. Stratégie d'orientation	24
3.1.3. Recueil des informations de la consultation de contrôle.....	24
3.2. Ethique	25
4. VERS UNE STRATÉGIE COMBINANT TESTS SUBJECTIFS ET OBJECTIFS DANS LE DÉPISTAGE PREVERBAL DE L'AMBLYOPIE	25
5. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DU DÉPISTAGE VISUEL PRÉVERBAL SUR L'ANNÉE 2014-2015	36
5.1. Introduction.....	36
5.2. Matériels et méthodes.....	37
5.2.1. Patients	37
5.2.2. Déroulement du programme de dépistage entre septembre 2014 et mai 2015.....	37
5.3. Résultats généraux.....	39
5.4. Résultats des tests de dépistage.....	40
5.4.1. Tests subjectifs	40
5.4.2. Tests objectifs.....	40
5.5. Consultation post-dépistage	42

5.6. Analyse du dépistage	43
5.6.1. Analyse monovariée.....	43
5.6.2. Analyse multivariée en régression logistique.....	45
5.7. Pertinence du dépistage combiné	46
5.8. Comparaison des deux années étudiées.....	47
5.9. Conclusion	49
6. Discussion.....	49
7. Perspectives	56
7.1. Perspectives pratiques	56
7.1.1. Etape du dépistage.....	56
7.1.2. Consultation post-dépistage	57
7.2. Perspectives de recherche.....	57
8. Conclusion	58
BIBLIOGRAPHIE	59
ANNEXES.....	63

1. INTRODUCTION

Le dépistage des troubles visuels a pour objectif de repérer l'amblyopie et/ou les facteurs prédisposant au développement d'une amblyopie (facteurs amblyogènes). Afin de permettre une prise en charge optimale, son repérage semble souhaitable le plus tôt possible dans la vie de l'enfant. Dans cette optique, la ville de Nantes a souhaité mettre en place un programme de dépistage visuel précoce dans les crèches municipales, ciblant ainsi des enfants âgés de 6 mois à 3 ans. Notre étude vise à évaluer les résultats de ce programme de dépistage.

Dans un premier temps nous analyserons les résultats de la première année de fonctionnement du dépistage visuel préverbal et nous nous efforcerons de montrer l'intérêt de combiner les outils subjectifs et objectifs afin de dépister l'ensemble des facteurs amblyogènes. Ensuite, nous analyserons les résultats des deuxième et troisième années du dépistage préverbal des troubles visuels.

2. GÉNÉRALITÉS

2.1. L'amblyopie

2.1.1. Définition

L'amblyopie (du grec $\alpha\mu\beta\lambda\upsilon\sigma$: faible et $\omicron\psi\iota\sigma$: vue) peut être définie comme un dysfonctionnement du traitement de l'information visuelle(1). Elle apparaît chez l'enfant au cours de certaines situations pathologiques visuelles, lorsque l'image rétinienne est dégradée pendant la période du développement visuel, tandis que le cerveau de l'enfant apprend à voir. Elle traduit une anomalie de développement des voies visuelles et/ou du cortex visuel, l'organisation neuronale et synaptique est perturbée en raison d'une altération précoce de l'expérience visuelle, le plus souvent asymétrique.

La gravité de l'amblyopie tient à son caractère irréversible une fois le développement du système visuel achevé. En effet, le phénomène de plasticité cérébrale permet une récupération de l'acuité visuelle d'un œil amblyope pendant un temps limité. Ce phénomène a été décrit en 1965 par Hubel et Wiesel et nommé période sensible ou période critique(2,3). Cette période sensible débute dès la formation cérébrale, elle est maximale de 6 mois à 2 ans et se termine entre 6 et 10 ans (4), (Figure 1). En l'absence de traitement précoce, l'architecture corticale pathologique définitive chez l'adulte est responsable une baisse d'acuité visuelle qu'aucun traitement actuel ne sait améliorer.

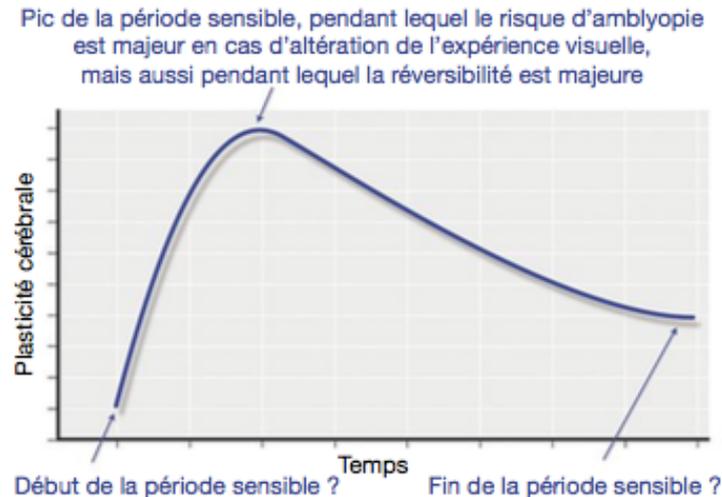


Figure 1 Profil de la période sensible (ou période critique) du développement visuel. D'après Bui Quoc et al., Rapport de la SFO 2013. Strabismes, Amblyopie (figure n° 6-7 p 71)

Il existe plusieurs définitions cliniques de l'amblyopie.

L'amblyopie **relative** correspond à une différence interoculaire :

- Amblyopie légère : différence de plus d'une ligne logarithmique
- Amblyopie moyenne : différence de plus de trois lignes logarithmiques
- Amblyopie profonde : différence de plus de dix lignes logarithmiques

Pour définir l'amblyopie **absolue**, on se fonde sur l'acuité visuelle monoculaire :

- Amblyopie légère : la vision est inférieure à 0,2 LogMAR, soit 6/10°
- Amblyopie moyenne : la vision est inférieure à 0,6 LogMAR, soit 2 à 3/10°
- Amblyopie profonde : la vision est inférieure à 1,0 LogMAR, soit 1/10°

Ces seuils sont variables selon les auteurs.

2.1.2. Facteurs amblyogènes

2.1.2.1. Facteurs de risque d'amblyopie

Les facteurs de risque connus d'amblyopie sont (5) :

- Antécédent familial de strabisme, ou d'amblyopie
- Amétropie chez les parents
- Grossesse compliquée
- Accouchement difficile
- Prématurité (<37 semaines de gestation)
- Petit poids de naissance (<2500g)

La présence d'un ou plusieurs de ces facteurs entraîne une augmentation du risque de développer une amblyopie.

2.1.2.2. Facteurs amblyogènes

Ce sont différents facteurs, réfractifs ou oculomoteurs, qui provoquent une altération précoce de l'expérience visuelle. En altérant l'image rétinienne perçue, ils peuvent entraîner une amblyopie (6,7) :

- **Anomalies réfractives** : la myopie, l'hypermétropie, l'astigmatisme ou l'anisométrie (définie comme une différence significative de réfraction entre les 2 yeux) non corrigées sont responsables de 60% des amblyopies. Elles empêchent le développement de la vision car l'image vue par un œil (ou les deux yeux) n'est pas nette. Le traitement préventif de l'apparition d'une amblyopie dans ces cas est le port d'une correction optique qui va corriger la netteté de l'image.
- **Le strabisme** : l'absence de parallélisme des axes visuels va être à l'origine d'une vision double. Le cortex de l'enfant lutte contre cette diplopie par un phénomène de suppression, correspondant grossièrement à la disparition d'une des deux images. L'œil ainsi privilégié conserve une bonne acuité visuelle, au détriment du deuxième œil qui présente alors un risque d'amblyopie définitive.
- **La déprivation visuelle** : obstruction physique de l'axe visuel par une cataracte, un ptosis, etc. qui empêchent la transmission de l'information visuelle.

2.1.3. Traitement de l'amblyopie

Le traitement de l'amblyopie chez l'enfant existe, il est peu coûteux et facile à mettre en œuvre. Il consiste à équiper l'enfant de sa correction optique totale afin de mettre le système visuel au repos et de limiter les efforts d'accommodation, et de stimuler la vision de l'œil amblyope en réalisant une occlusion de l'œil sain par un pansement occlusif sur peau. Il est communément admis que l'objectif d'un traitement de l'amblyopie de nos jours est l'iso-acuité, c'est à dire une récupération par l'œil amblyope d'une acuité visuelle aussi bonne que l'œil sain. Les thérapeutiques mises en place après l'âge de 6 ans sur une situation d'amblyopie ne permettent qu'une récupération visuelle peu satisfaisante (1 à 2 lignes d'acuité visuelle) et chez un nombre limité de patients (10 à 20%).

Il existe plusieurs arguments en faveur d'un traitement le plus précoce possible :

- Il est d'autant plus efficace qu'il est mis en œuvre précocement : la récupération visuelle est meilleure si l'enfant est jeune(8).

- Le traitement d'attaque d'une amblyopie est plus facile à réaliser avant que l'enfant ne soit scolarisé, tant au plan pratique (entourage plus présent, structure plus petite permettant des soins adaptés à chaque enfant, voir plus contraignants) qu'au plan esthétique et social (regard des autres enfants, construction de l'image du soi).
- Une amblyopie peut entraîner un handicap pour l'enfant, en diminuant la performance d'habileté motrice fine(9–11).
- Il existe un risque de cécité par atteinte du bon œil en cas d'amblyopie unilatérale profonde (le risque d'accident est 2 à 3 fois plus élevé chez un patient amblyope que pour la population générale(12)). Ces patients sont également à risque de pathologie cécitante comme la population générale (cataracte, glaucome, dégénérescence maculaire liée à l'âge, diabète).
- Elle peut être responsable d'une limitation d'accès à certains métiers.
- Pour l'amblyopie bilatérale, il existe un handicap lié à la privation visuelle (exemple : permis de conduire).

2.2. Le dépistage visuel

2.2.1. Principes généraux du dépistage

Un dépistage est l'application d'un ou plusieurs tests à une population donnée visant à identifier les individus potentiellement atteints d'une anomalie(13). L'organisation d'une campagne de dépistage répond à certains principes généraux :

- La prévalence de l'affection doit être suffisamment élevée ;
- L'histoire naturelle de l'affection doit être suffisamment connue pour permettre une détection précoce et un traitement efficace, avant le moment habituel de détection et de traitement lorsqu'il n'y a pas de dépistage ;
- L'affection doit présenter un impact considérable sur la morbidité et sur la qualité de vie ;
- Le traitement doit être acceptable, efficace, accessible à tous et d'un coût raisonnable ;
- Les tests de dépistage doivent être simples, fiables, reproductibles et également d'un coût raisonnable.

La performance d'un test de dépistage, à la recherche d'une pathologie, se mesure en comparant ses résultats à ceux d'un examen de référence qui permet d'affirmer ou non la présence de maladie.

	<i>Maladie présente : test de référence positif</i>	<i>Maladie absente : test de référence négatif</i>
<i>Dépistage positif</i>	<i>Vrais positifs</i>	<i>Faux positifs</i>
<i>Dépistage négatif</i>	<i>Faux négatifs</i>	<i>Vrais négatifs</i>

- **Valeur prédictive positive (VPP)** = $\frac{\text{Vrais positifs}}{\text{Vrais positifs} + \text{Faux positifs}}$ = Probabilité que la maladie soit présente lorsque le test est positif
- **Valeur prédictive négative (VPN)** = $\frac{\text{Vrais négatifs}}{\text{Vrais négatifs} + \text{Faux négatifs}}$ = Probabilité que la maladie ne soit pas présente lorsque le test est négatif.
- **Sensibilité** = $\frac{\text{Vrais positifs}}{\text{Vrais positifs} + \text{Faux négatifs}}$ = Probabilité que le test soit positif si la maladie est présente
- **Spécificité** = $\frac{\text{Vrais négatifs}}{\text{Vrais négatifs} + \text{Faux positifs}}$ = Probabilité d'obtenir un test négatif chez les non-malades

2.2.2. Justification et moyens du dépistage de l'amblyopie

L'amblyopie est une pathologie qui répond aux caractères généraux d'une maladie à dépister.

2.2.2.1. Prévalence

L'amblyopie est une pathologie qui touche 3 à 5% de la population générale(14,15). Elle est la cause la plus fréquente de baisse d'acuité visuelle unilatérale chez l'enfant, avec une prévalence de 1 à 5%(16), et une cause importante de baisse d'acuité visuelle chez l'adulte, avec une prévalence de 2 à 9%(14). Elle représente un problème de santé publique. En 2002, l'ANAES (actuellement HAS) éditait un rapport intitulé « Dépistage précoce des troubles de la fonction visuelle chez l'enfant pour prévenir l'amblyopie »(17). Il recommandait de pratiquer systématiquement un bilan visuel aux trois âges suivants : à la naissance, entre 9 et 15 mois, et entre 2 ans et demi et 4 ans (après l'acquisition de la parole). En présence d'une anomalie lors de ce dépistage, l'enfant devrait être adressé à une consultation spécialisée d'ophtalmopédiatrie. En dépit de ces recommandations, peu d'enfants bénéficient d'une évaluation de leur fonction visuelle à un âge précoce, où le traitement d'un trouble visuel pourrait éviter l'installation définitive d'une amblyopie.

2.2.2.2. Absence de signe d'appel

Le diagnostic précoce de facteur amblyogène ou d'amblyopie peut être complexe chez le jeune enfant et passer longtemps inaperçu, en raison de l'absence de signe d'appel visible par l'entourage. L'enfant qui souffre d'un trouble visuel peut ne présenter aucune modification du comportement, les signes manifestes se présenteront plus tard (céphalées, difficulté à réaliser les activités quotidiennes : lecture, sport, loisirs...). Or en présence d'un facteur amblyogène, l'amblyopie risque de s'installer jusqu'à ce que l'enfant atteigne l'âge verbal et les premiers tests d'acuité visuelle (réalisés dans le cadre de la médecine scolaire et de la protection maternelle et infantile). Si le diagnostic est porté trop tardivement, la récupération visuelle ne sera pas satisfaisante en dépit d'un traitement long et difficile, en raison d'une organisation corticale déjà mature.

2.2.2.3. Histoire naturelle de l'amblyopie

Les causes de l'amblyopie (Cf. 2.1.2 Facteurs amblyogènes) sont connues.

L'évolution naturelle de l'amblyopie non traitée est constatée chez les enfants non compliants au traitement, elle semble s'aggraver avec le temps.

2.2.2.4. Impact sur la qualité de vie

Le strabisme altère principalement la qualité de vie psycho-sociale de l'adulte. Chez l'enfant, l'amblyopie strabique altère les performances des tâches de dextérité manuelle sous contrôle visuomoteur. Il n'y a en revanche pas d'études robustes de population démontrant que l'amblyopie unilatérale sans strabisme altère la qualité de vie de l'adulte aussi longtemps qu'il n'y a pas perte du bon œil. L'amblyopie unilatérale comporte toutefois un risque presque double de handicap visuel bilatéral(13). L'amblyopie bilatérale entraîne une morbidité qui est liée à la profondeur de la limitation de l'acuité visuelle. Une acuité visuelle binoculaire supérieure à 5/10° est nécessaire afin de passer le permis de conduire.

2.2.3. Dépistage visuel selon l'âge de l'enfant dépisté

Les politiques de dépistage des troubles visuels ont pour objectif le dépistage :

- De l'amblyopie
- Mais aussi des facteurs amblyogènes, afin de mettre en place un traitement et un suivi adaptés et d'éviter l'installation d'une amblyopie. Il est donc indispensable de dépister le *strabisme*, les *anomalies organiques* mais aussi les *erreurs réfractives* (myopie, hypermétropie, astigmatisme et anisométrie).

Il existe deux types de dépistage des troubles visuels chez l'enfant, selon l'âge où celui-ci est mis en œuvre :

- **Le dépistage à l'âge verbal (18,19) :** Réalisé après 3 ans, il est basé sur le chiffrage de l'acuité visuelle de l'enfant, et permet un dépistage de l'amblyopie au sens propre.
- **Le dépistage à l'âge pré-verbal :** Réalisé avant l'âge de 3 ans, il est basé sur une évaluation comportementale de l'enfant et un examen clinique sans évaluation chiffrée de l'acuité visuelle.

	Préverbal (âge < 3 ans)	Verbal (âge > 3 ans)
Dépistage du Strabisme	<u>Tests = subjectifs</u> Examen clinique : Test à l'écran alterné	<u>Tests = subjectifs</u> Examen clinique : Test à l'écran alterné
Dépistage des Erreurs réfractives	<u>Tests = objectifs</u> Mesure de la réfraction non cycloplégée au réfractomètre automatique portable	<u>Tests = objectifs</u> Mesure de la réfraction non cycloplégée au réfractomètre automatique portable
Evaluation de l'Acuité visuelle	<u>Tests = subjectifs</u> Non chiffrable, on peut uniquement estimer grossièrement une asymétrie entre les deux yeux par une analyse comportementale	<u>Tests = subjectifs</u> Chiffrable : lecture d'une échelle d'acuité visuelle

Tableau 1. Dépistage des différentes situations amblyogènes selon l'âge de l'enfant

Il existe donc deux stratégies différentes basées sur des tests de dépistage qui ne nécessitent pas le même degré de coopération de l'enfant :

- Les tests sensoriels subjectifs (mesure de l'acuité visuelle et/ou de la vision stéréoscopique, estimation de l'acuité visuelle par analyse comportementale) qui permettent d'estimer le défaut visuel ou l'existence d'un strabisme ;
- Et les tests objectifs qui visent à prédire indirectement l'existence possible de ce défaut par la mise en évidence objective d'erreurs réfractives.

2.2.4. Tests subjectifs

2.2.4.1. Mesure de l'acuité visuelle

En âge préscolaire, la mesure de l'acuité visuelle doit être de reconnaissance, ou morphoscopique. Le test doit comporter des optotypes adéquats à progression logarithmique et se faire à une distance rapprochée (1,5 m à 4 m selon l'âge et le test choisi). Les seuils d'acuité visuelle doivent être adaptés à l'âge. La mesure de l'acuité visuelle demande plus de temps que les méthodes objectives (au moins le double)(13). Chaque œil doit être testé séparément. A l'âge préverbal, l'enfant ne dispose pas d'une maturation cérébrale nécessaire pour identifier et énoncer l'optotype présenté. On peut alors lui proposer une reconnaissance

des optotypes par appariement, ce qui évite de les énoncer à voix haute, mais cet examen reste très difficile à réaliser avant 2 à 3 ans.

2.2.4.2. Réaction à l'occlusion

Ce test vise à rechercher une amblyopie chez l'enfant d'âge préverbal. Un œil puis l'autre est successivement occlus par l'examineur, qui recherche une modification du comportement de l'enfant. En cas d'amblyopie unilatérale, l'enfant va avoir une réaction d'opposition ou de colère à l'occlusion du bon œil. On peut réaliser ce test dès le plus jeune âge, il est néanmoins opérateur-dépendant et son résultat varie notamment selon son expérience.

2.2.4.3. Etude de la vision binoculaire

Ce test se base sur la recherche de la suppression en vision binoculaire. Le stereotest de Lang est le plus utilisé en dépistage car le plus rapide d'utilisation (Figures 2 et 3). Il manque de sensibilité car les différents éléments du test peuvent être vus même en cas d'amblyopie sévère(20). Différentes études s'accordent sur l'absence d'augmentation de la sensibilité du dépistage visuel à l'ajout d'un test de vision stéréoscopique(21,22).

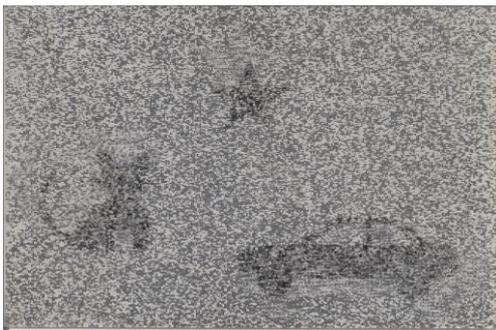


Figure 2 Stereotest de Lang I



Figure 3 Stereotest de Lang

2.2.4.4. Recherche d'un strabisme

Les différents tests cités ci-dessous ont pour objectif la recherche d'une déviation des axes visuels :

- L'examen de l'enfant en vision binoculaire : recherche un strabisme manifeste
- Appréciation de la fixation binoculaire puis monoculaire œil par œil d'un point de fixation (Figure 4)
- Le test de Hirschberg et l'examen des reflets cornéens (Figure 5) : permet de mettre en évidence un strabisme non évident à l'examen
- Le test à l'écran



Figure 4 Cube de Lang pour étude de la fixation



Figure 5 Examen des reflets cornéens. Ici les reflets sont considérés comme normaux car centrés au centre de la pupille pour les deux yeux.

2.2.4.5. Le biprisme de Gracis

Il consiste à présenter devant l'enfant deux prismes opposés par le sommet de 4 ou 6 dioptries (Figure 6). En déplaçant verticalement le support, chaque prisme déplace l'image fixée de chaque côté de la macula. Si l'œil derrière le prisme est amblyope ou porteur d'un scotome de suppression en vision binoculaire, le déplacement d'image sera mal enregistré par le cerveau et aucun mouvement de l'œil derrière le prisme ne sera visible ni transmis à l'autre œil. Si l'œil fixe bien, le déplacement d'image sera enregistré par le cerveau et un mouvement de

l'œil derrière le prisme sera visible et transmis à l'autre œil(13). Ce test nécessite néanmoins une certaine expérience dans sa réalisation et dans son interprétation(23,24).

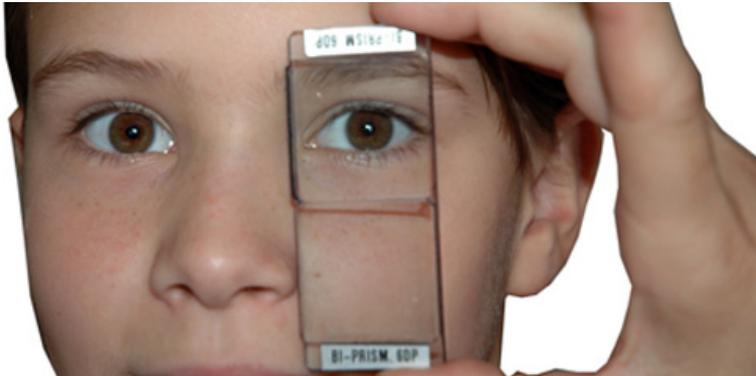


Figure 6 Test au biprisme de Gracis

2.2.5. Tests objectifs

2.2.5.1. Mesure de la réfractométrie non cycloplégée

[Pourquoi une réfractométrie non cycloplégée ?](#)

La cycloplégie est le processus de paralysie pharmacologique du muscle ciliaire responsable de l'accommodation. Elle permet de mesurer la réfractométrie, c'est à dire la réfraction totale d'un œil, en s'affranchissant du jeu accommodatif physiologique qui est maximal chez l'enfant (Figure 7). Les réfractomètres opèrent selon le principe de l'ophtalmoscopie indirecte : à condition que l'œil examiné se trouve en état de désaccommodation lors de la mesure, ils déterminent son punctum remotum et en déduisent directement son amétropie(25).

Néanmoins, le dépistage des troubles visuels ne permet pas de réaliser de cycloplégie dans les conditions actuelles. En effet, pour obtenir une cycloplégie satisfaisante, il est nécessaire d'instiller des gouttes de collyre cycloplégiant dont il existe 2 principales molécules : le cyclopentolate et l'atropine. Leur instillation nécessite une surveillance médicale et du temps, ce qui les rend impropre à l'utilisation d'un dépistage visuel à grande échelle. Pour ces raisons, les dépistages des troubles réfractifs sont actuellement réalisés sans cycloplégie. La réfractométrie non cycloplégée a ainsi pour objectif de prédire l'existence d'un défaut réfractif potentiellement amblyogène. Des seuils de réfractométrie manifeste sont déterminés selon chaque appareil, de manière à garantir les meilleurs scores de sensibilité/spécificité. L'enfant dépisté positif nécessitera le contrôle de sa réfractométrie sous cycloplégie, lors d'une consultation médicale, afin de confirmer ou d'infirmer l'existence d'une anomalie.

Aussi, les descriptions des tests et appareils de mesure ci-dessous concernent des mesures non cycloplégées.

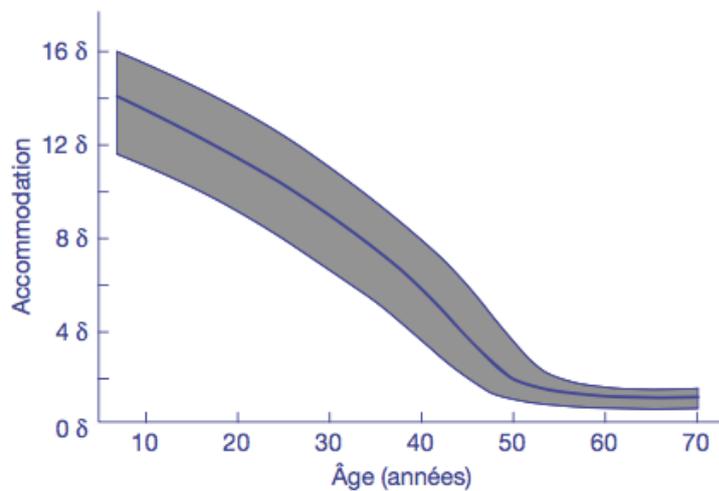


Figure 7 Évolution de l'accommodation avec le temps : relation entre le pouvoir accommodatif exprimé en dioptries et l'âge en année. D'après Lebranchu et al., Rapport de la SFO 2013. Strabismes, Aspects fondamentaux (figure n° 21-17 p 408)

Test de Brückner

Il s'agit d'une analyse comparative simultanée du reflet obtenu par transillumination des yeux, à l'aide d'un ophtalmoscope tenu à environ 1 mètre de distance de l'enfant. Les aires pupillaires apparaissent symétriques, rouge/orangées, si l'enfant fixe la source lumineuse et si les deux yeux sont fixateurs simultanément et focalisés à l'identique. En cas de strabisme ou d'anisométrie, le reflet sera modifié sur l'œil pathologique.

Réfractomètres manuels ou skiascopes

Nous ne détaillerons pas la méthode de la skiascopie, qui nécessite un apprentissage et une expérience non négligeables, et dont la pratique a fortement diminué avec l'avènement des réfractomètres automatisés portables. Son utilisation en dépistage visuel de masse semble obsolète.

Photo/Vidéoréfractométrie

Ce paragraphe est issu du rapport de la SFO 2013, Strabisme p14-17

Une source lumineuse et un système d'analyse (photo ou vidéo) composent l'appareil. Selon l'alignement de ces 2 éléments, on parle de système On-axis (s'ils sont alignés) ou Off-axis (s'ils sont désaxés).

- **Système On-axis**

Ce système consiste en l'analyse des images rétiniennes générées par un flash situé à 75cm du sujet. Il dépiste l'existence d'un strabisme (analyse de la position des reflets cornéens), et mesure la réfractométrie (erreurs réfractives entre -4 et +4 dioptries). Il est de moins en moins utilisé.

- **Système Off-axis**

Dans ce système, la source lumineuse est décentrée par rapport au système optique d'analyse d'images. Une seule et même image permet d'analyser la position du reflet cornéen et le reflet pupillaire. Le sujet est placé à 1 mètre de l'appareil, la mesure est réalisée à l'aide d'au moins 2 sources lumineuses : une décentrée verticalement et l'autre décentrée horizontalement à 90°. C'est l'analyse de l'image de l'aire pupillaire qui permet de dépister les erreurs de réfraction, en fonction de la répartition de la zone lumineuse et de la zone sombre. Lorsque les paramètres sont maintenus constants (diamètre pupillaire, distance du sujet par rapport à la caméra, excentricité du flash et parallaxe entre l'objectif et l'œil testé), la hauteur du croissant lumineux dans l'aire pupillaire est liée directement à l'erreur réfractive :

$$S = 2 \times r - \frac{E + Y}{D \times d}$$

avec : **r** rayon pupillaire ; **E** distance entre la source lumineuse et le bord de l'objectif ; **D** quantité d'erreur réfractive ; **Y** parallaxe entre œil testé et bord de l'objectif ; **d** distance entre le sujet et l'examineur.

Malheureusement, la surface de ce croissant lumineux augmente assez vite avec l'erreur réfractive, et il vient un moment où l'aire pupillaire est saturée de lumière, rendant toute analyse impossible au-delà d'un certain seuil. Plus l'amétropie est forte, plus le flash devra être excentré par rapport à l'appareil photographique pour voir réapparaître ce croissant lumineux. Une des limites importantes de cette méthode est donc qu'une seule excentricité n'est pas suffisante pour diagnostiquer les faibles et les fortes amétropies. Une excentricité suffisamment petite qui permet de dépister une faible anisométrie ne permettra pas de dépister une hypermétropie forte et vice-versa. Idéalement, un système de photoréfraction excentrique devrait donc utiliser au moins deux excentricités différentes.

Pratiquement tous les appareils de photo/vidéoréfraction utilisés actuellement correspondent au système off-axis (MTI photoscreener, iScreen photoscreener, VisiScreen® OSS-C, Otago photoscreener, Plusoptix Vision Screener). Les principaux

avantages de ces photo/vidéoréfractomètres sont leur rapidité d'acquisition (quelques secondes), leur utilisation facile et à 1 mètre de l'enfant qui permet la réalisation par du personnel peu qualifié et le caractère facilement transportable qui permet un dépistage ambulatoire. Néanmoins ils ont un prix compris entre 2000 et 8000€, et ne permettent pas de mesure sur pupilles < 5mm de diamètre ce qui nécessite une pièce sombre lors de la mesure.

Le Plusoptix S08 (Plusoptix Inc, Hillsboro Beach, FL) est l'appareil utilisé dans notre dépistage après septembre 2013 (Figure 8). Il permet un système de mesure vidéoréfractométrie Off-axis, ainsi qu'une mesure de la distance interpupillaire, et du diamètre pupillaire. Les résultats sont informatisés mais peuvent être imprimés si nécessaire (Figure 9).

Il émet un bruit et des flashes lumineux afin d'attirer l'attention de l'enfant, les mesures sont obtenues en quelques secondes. L'erreur réfractive estimée s'étend de -7,00 à +5,00 dioptries. Il est nécessaire de définir des seuils de sphère, de cylindre et d'anisométrie pour lesquels reconvoquer chaque patient dépisté hors de ces seuils. L'étude de Singman(26) étudie ces combinaisons, la meilleure performance (sensibilité/spécificité) est obtenue par les critères de Matta et Silbert(27) pour le Plusoptix avec une sensibilité de 98% pour une spécificité de 80%. Les courbes de sensibilité et de spécificité évoluant en sens inverse, il s'agit de trouver le meilleur compromis entre sensibilité et spécificité. Dans le cadre d'un dépistage visuel, la pathologie dépistée n'étant pas vitale on veillera à conserver une spécificité acceptable afin de ne pas surcharger les consultations spécialisées par les faux positifs. En conservant une spécificité à 90%, le groupe VIP sur un test de 3 vidéo/photoréfractomètres retrouve une sensibilité au mieux de 54%.



Figure 8 Plusoptix® SO8 : Appareil et utilisation en pratique à distance de l'enfant. Distance de travail : 1 mètre, plage de mesure : -7 à +5 δ sphériques et cylindriques. Mesures simultanées des 2 yeux, temps de mesure 0,8 secondes (données constructeur).

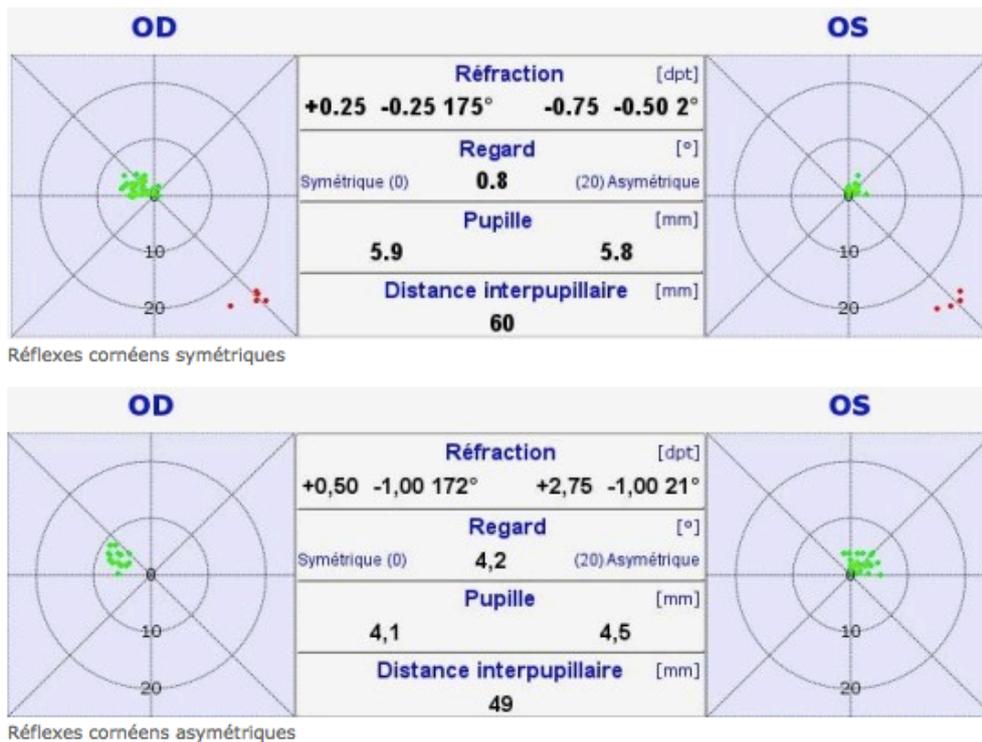


Figure 9 Résultats informatiques d'une mesure au Plusoptix®. Exemple de reflets cornéens symétriques et de reflets cornéens asymétriques.

Réfractomètres automatiques portables

Tous les réfractomètres automatiques opèrent en lumière infrarouge de 880 nm environ, ce qui évite l'éblouissement du sujet. La mise au point de l'image test réfléchiée par la rétine est effectuée par un système optoélectronique. L'image est saisie par un capteur électronique ; les données recueillies sont reprises et traitées par un logiciel de calcul. Les résultats sont

exprimés en sphère, cylindre et axe (Figure 10). Les réfractomètres automatiques peuvent opérer selon différents principes optiques.

```

No. 038          VD: 12.0

-REF-
[R]  SPH    CYL    AX
    + 1.75 - 0.75   4
    + 1.50 - 0.50 178
    + 1.75 - 0.75 178
    + 1.50 - 1.00   7
    + 1.50 - 0.75 179
    + 1.75 - 0.75 180
    + 1.75 - 0.50   8
    + 1.75 - 0.75   3
* + 1.75 - 0.75   3   9

[L]  SPH    CYL    AX
    + 1.25 - 0.50 148
    + 1.50 - 0.75 147
    + 1.50 - 1.00 154
    + 1.50 - 0.75 152
    + 1.50 - 0.75 150
    + 1.75 - 1.00 155
    + 1.50 - 0.75 147
    + 1.50 - 0.75 152
* + 1.50 - 0.75 152   9

```

Figure 10 Résultats imprimés d'une mesure au Retinomax®.

Les quatre principaux réfractomètres automatiques portables utilisés pour le dépistage qui sont disponibles sur le marché sont le Retinomax®, le Palm ARK autorefractor®, le Topcon PR2000 pediatric refractometer® et le SureSight®.

Le SureSight® est un appareil qui se tient à une distance de 35cm du patient. La lumière réfléchiée par l'œil testé percute un senseur constitué d'un damier de microlentilles. Selon la réfraction de cet œil, un réseau de motifs lumineux se forme sur un capteur et un algorithme permet de transposer cette information lumineuse en données relatives à la sphère, au cylindre et à l'axe. La plage de mesure du SureSight® va de -5 à +6 dioptries de sphère, et 3 dioptries de cylindre. La durée d'acquisition est de 10 secondes pour les 2 yeux. Une mesure est imprimée pour chaque œil.

Le Retinomax® (Figures 11 et 12) mesure l'intervalle de temps qui sépare la stimulation successive de deux photorécepteurs et en déduit l'amétropie dans tous les méridiens sur 360°. La rétine maculaire doit être alignée sur une cible fixée par le patient. L'appareil se tient à 6 cm du patient, la plage de mesure s'étend de -18 à +23 dioptries de sphère, et 12 dioptries de cylindre. La durée d'acquisition est de 10 secondes pour les 2 yeux et 8 mesures sont imprimées pour chaque œil.



Figure 11 Réfractomètre automatique Retinomax®



Figure 12 Utilisation pratique du Retinomax®. Distance de travail 6 cm.

Ces 2 appareils (SureSight® et Retinomax®) ont un taux de faisabilité élevé par leur facilité d'utilisation et leur rapidité de mesure. La mesure qu'ils fournissent de réfractométrie non cycloplégée rencontre les mêmes difficultés d'interprétation que la mesure non cycloplégée obtenue par les photo/vidéoréfractomètres. En effet, elle cherche à prédire l'existence d'une amétropie possiblement amblyogène, mais la relation n'est pas linéaire et la corrélation n'est pas absolue. Aussi, de la même façon que pour les photo/vidéoréfractomètres il faut admettre un taux d'erreurs (faux positifs et faux négatifs) que l'on fixe selon les seuils de valeurs donnant le rapport sensibilité/spécificité souhaité. Dans une étude du groupe VIP, le dépistage des anomalies réfractives pour une spécificité de 90%, était de 68% pour le Retinomax® et de 65% pour le SureSight® (28).

3. DÉPISTAGE PRÉVERBAL DES TROUBLES VISUELS RÉALISÉ DANS LA VILLE DE NANTES

3.1. Description de l'examen de dépistage

La mairie de Nantes a souhaité initier un programme de dépistage précoce des troubles visuels dès septembre 2012. Ce dépistage a été proposé à l'ensemble des enfants accueillis dans les multi-accueils municipaux de la ville. Les parents des enfants ont été informés par une notice informative du déroulement du programme de dépistage, et leur accord était recueilli par écrit (annexes). Il leur était remis également un questionnaire de recueil des antécédents familiaux ophtalmologiques et des antécédents de l'enfant, afin de préciser les facteurs de risque de troubles visuels (antécédent familial de strabisme, ou d'amblyopie, amétropie chez les parents, grossesse compliquée, accouchement difficile, prématurité, petit poids de naissance).

Les examens se déroulaient par demi-journées dans les différentes crèches.

Ils étaient menés par deux étudiants en 3^e année de l'école d'orthoptie, et se déroulaient comme suit :

L'examen comprenait un bilan oculomoteur :

- Analyse des reflets cornéens : test de Brückner à la recherche d'une asymétrie œil droit/œil gauche
- Analyse de la fixation binoculaire d'un petit objet, et de la poursuite oculaire
- Analyse de la fixation en monoculaire, recherche d'une réaction comportementale asymétrique à l'occlusion de l'un des deux yeux
- Test à l'écran alterné à la recherche d'une déviation des axes optiques (consiste en l'interposition devant l'œil de l'enfant d'un cache opaque et recherche d'un mouvement anormal (dit mouvement de restitution) à l'ablation du cache ; examen successif des deux yeux)
- Photographie avec flash de face des deux yeux puis œil par œil pour examen ultérieur de la déviation des reflets cornéens,
- Puis mesure de la réfraction non cycloplégiée au refractomètre portable automatisé (L'appareil utilisé était le Retinomax[®] entre septembre 2012 et mai 2013, puis le Plusoptix[®] à partir de septembre 2013)

Pour chaque enfant examiné, il a été précisé :

- Les conditions de réalisation de l'examen : facile, difficile, très difficile, et son caractère complet ou incomplet

- Le test du reflet pupillaire : bon, incertain, mauvais
- La fixation : bonne, incertaine, mauvaise
- La réaction à l'épreuve d'occlusion : bonne, incertaine, mauvaise (pour chaque œil successivement)
- Le cover-test : bon, incertain, mauvais
- Le test de la lueur pupillaire : bon, incertain, mauvais
- La réfraction mesurée au Retinomax[®] : sphère, cylindre et axe pour l'œil droit et pour l'œil gauche

A l'issue de l'examen de dépistage, une feuille de conclusion comportant les réponses aux différents paramètres était remplie, ainsi qu'une conclusion à l'attention des parents. La conclusion pouvait être de trois types :

- « Un examen par un ophtalmologiste doit être réalisé rapidement »
- « Un examen par un ophtalmologiste doit être réalisé »
- « Sauf apparition d'élément nouveau, la surveillance prévue par la réglementation semble suffisante »

3.1.1. Seuils retenus

La mesure de la réfraction non cycloplégée permet le dépistage des troubles réfractifs. Les seuils retenus ont été adaptés de la littérature internationale.

Si la mesure de l'un des 2 yeux présentait une valeur en dehors des seuils, la réfractométrie était considérée comme à risque d'être pathologique et le dépistage était alors positif.

3.1.1.1. Au Retinomax[®] (29,30)

<i>Age</i>	<i>Sphère positive</i>	<i>Sphère négative</i>	<i>Anisométrie</i>
<i>6-12 mois</i>	<i>>1,5∅</i>	<i><-5∅</i>	<i>>3∅</i>
<i>12-24 mois</i>		<i><-4∅</i>	
<i>>24 mois</i>		<i><-3∅</i>	<i>>1,5∅</i>

Tableau 2 Seuils retenus pour référer les enfants suite à la réfractométrie non cycloplégée au Retinomax[®] utilisés lors de la période de dépistage 2012/13.

3.1.1.1. Au Plusoptix® (27)

<i>Age</i>	<i>Sphère positive</i>	<i>Sphère négative</i>	<i>Cylindre</i>	<i>Anisométrie</i>	<i>Anisocorie</i>
<i>6-12 mois</i>	$\geq +3\delta$	$\leq -2\delta$			
<i>12-36 mois</i>	$\geq +1.25\delta$	$\leq -2\delta$	$\geq 1\delta$		
<i>36-72 mois</i>	$\geq +1.25\delta$	$\leq -1\delta$		$\geq 1.25\delta$	$\geq 1 \text{ mm}$
<i>>72 mois</i>	$\geq +1\delta$	$\leq -1\delta$	$\geq 1.25\delta$		

Tableau 3 Seuils retenus pour référer les enfants suite à la réfractométrie non cycloplégée au Plusoptix® utilisés lors de la période de dépistage 2014/15.

3.1.2. Stratégie d'orientation

En présence d'une anomalie au dépistage, les parents étaient informés par écrit de la nécessité d'une consultation chez l'ophtalmologiste de leur choix, en ville ou au CHU. Afin de limiter les délais de consultation et d'apporter une réponse rapide, ils étaient assurés d'avoir un rendez-vous dans les 15 jours dans le service d'ophtalmopédiatrie du CHU de Nantes.

3.1.3. Recueil des informations de la consultation de contrôle

Il a été relevé pour chaque enfant :

- L'existence d'une consultation de contrôle ou non
- Le lieu de réalisation de cette consultation : CHU ou ophtalmologiste de ville
- Fixation binoculaire et monoculaire : normale ou anormale
- Existence d'une asymétrie de réaction à l'occlusion d'un œil : oui ou non
- Cover-test : normal ou pathologique
- Test des reflets pupillaires : normal ou pathologique
- Cycloplégie réalisée : aucune, cyclopentolate, atropine ou autre cycloplégique
- Mesure de la réfraction cycloplégée au refractomètre : sphère, cylindre et axe pour chaque œil

Les données des enfants revus en consultation au CHU de Nantes ont été relevées dans les dossiers informatisés du service.

Pour les enfants revus en consultation en ville, une feuille d'information à l'attention de l'ophtalmologiste était remise aux parents. Il était prévu également une notice à remplir par l'ophtalmologiste reprenant les paramètres cités ci-dessus, à renvoyer au médecin responsable de la petite enfance de la mairie de Nantes. Afin de s'assurer de l'exhaustivité du recueil des données concernant la consultation post-dépistage positif, une interrogation systématique des

dossiers informatisés de tous les ophtalmologistes libéraux exerçant dans la ville de Nantes a été réalisée avec leur accord.

Les seuils d'amétropie potentiellement amblyogène retenus sont ceux de la littérature internationale publiés par le groupe VIP(18) :

- La myopie était définie par une valeur de la sphère cycloplégiée $<-2.00\delta$ quel que soit l'âge ;
- L'hypermétropie était définie par une sphère cycloplégiée $>3.25\delta$ quel que soit l'âge ;
- L'astigmatisme était défini par un cylindre $>1.50\delta$;
- Une anisométrie sphérique était diagnostiquée lorsque la différence entre les sphères cycloplégiées de chaque œil était $>1\delta$ en cas de valeurs de sphères positives, et $>3\delta$ en cas de valeurs de sphères négatives ;
- Une anisométrie cylindrique était diagnostiquée lorsque la différence entre les cylindres cycloplégiés de chaque œil était $>1.50\delta$.

3.2. Ethique

Cette étude a été approuvée par le Groupe Nantais d'Ethique dans le Domaine de la Santé (GNEDS). Le recueil écrit de l'accord du représentant légal de l'enfant a été systématiquement contrôlé avant l'examen. Les données cliniques et épidémiologiques ont été collectées et déclarées à la CNIL (déclaration en annexe).

4. VERS UNE STRATÉGIE COMBINANT TESTS SUBJECTIFS ET OBJECTIFS DANS LE DÉPISTAGE PREVERBAL DE L'AMBLYOPIE

Le dépistage de l'amblyopie chez l'enfant repose le plus souvent sur une évaluation chiffrée de l'acuité visuelle à l'âge verbal(18,19). Différentes recommandations existent concernant le dépistage à l'âge préverbal, mais elles présentent chacune leurs propres limites. De nombreux dépistages préverbaux sont basés sur une évaluation comportementale de l'enfant(31–33), utilisant des tests orthoptiques subjectifs. Les autres méthodes de dépistage préverbal de l'amblyopie reposent sur des tests objectifs non comportementaux, par la réfractométrie non cycloplégiée(18,34). Des seuils de sphère et de cylindre sont définis pour dépister l'existence de troubles réfractifs potentiellement amblyogènes. Ces deux différentes méthodes de dépistage ne sont pas interchangeables, car elles dépistent deux aspects différents des troubles

amblyogènes. En effet, un enfant peut ne présenter aucune anomalie à l'examen oculomoteur et pourtant présenter une myopie ou une hypermétropie importante ; et à l'inverse il peut présenter une amblyopie profonde liée à un microstrabisme et pas d'amétropie dépistable. Ainsi, l'utilisation d'une seule méthode de dépistage peut négliger un type de facteurs amblyogènes. Afin de répondre à cette problématique, l'objectif de notre étude est de combiner ces deux stratégies de dépistage visuel, subjectif et objectif au cours d'une année de dépistage visuel préverbal. Nous souhaitons déterminer les avantages et les inconvénients de chacune des deux stratégies et de leur combinaison, sur la même population afin de déterminer l'efficacité de chacune et ainsi de proposer des améliorations du dépistage visuel préverbal.

1 INTRODUCTION

2 Screening for amblyopia usually rests on the verbal assessment of visual acuity from 3 years of
3 age and upwards (1,2). Several recommendations exist for the assessment of preverbal children
4 however these all have several shortcomings. Most of these methods use a subjective screening
5 (SS) behavioural strategy (3-5) which relies on clinical responses to orthoptic tests. Other
6 preverbal methods to detect amblyopia rely on objective screening (OS) via non cycloplegic
7 refractometry (1,6), using spherical and cylindrical thresholds to predict refractive amblyopia.
8 These two screening methods are unfortunately not interchangeable. A child may display no
9 orthoptic abnormality yet have a high degree of myopia or hyperopia. Conversely they may
10 have no refractive error but suffer from profound amblyopia due to a microtropia. Therefore,
11 use of one preverbal method alone could possible miss one risk factor or another.
12 To help overcome this problem, our aim is to combine both screening strategies in a one-year
13 preverbal screening program. We hope to determine the advantages and disadvantages of
14 objective, subjective and combined methods within the same population and to assess the
15 efficacy of each method to enable us to improve preverbal screening methods.

16 METHODS

17 Population and study samples

18 We used a retrospective set of data from a one year screening program (2012-2013) to assess
19 objective and subjective tools for screening preverbal children. All children in the municipal
20 kindergartens in the City of Nantes were included. Children whose parents did not grant
21 permission were excluded.

22 Data collection and stratification

23 A questionnaire asked parents about the pregnancy gestation, birth weight and family ocular
24 history. Two third-year orthoptic students performed screening examinations, which consisted
25 of six different subjective tests: 1. Binocular fixation, 2. Hirschberg corneal reflex test, 3.
26 Behavioural response to ocular occlusion, 4. Monocular and binocular pursuits (ocular
27 motility), 5. Four prism dioptre base-out test, 6. Alternating cover test. Any subjective
28 abnormality rendered the screening positive.

29 Objective testing consisted of non-cycloplegic refractometry to detect refractive errors using a
30 hand held automatic autorefractor (Retinomax[®]). Eight consecutive measurements were taken
31 from each eye which were averaged to give a final measurement. We used the recommended

32 screening thresholds with Retinomax[®] with slight modifications according to the child's
33 age(6,8) : positive sphere>1.50dioptrres(D) and/or negative sphere>-5D before 1yr of age,
34 negative sphere>-4D between 1yr and 2yrs of age, negative sphere>-3D after 2yrs of age and/or
35 anisometropia>3D before 2yrs of age or anisometropia>1.5D after 2yrs of age. Cylindrical
36 values were always expressed positive. As the non-cycloplegic refractive measurements were
37 nonlinear, sphere parameters were recorded using the aforementioned thresholds. If the
38 spherical value of one or both eyes were between the specified thresholds, the non-cycloplegic
39 refractive measurement was considered normal and coded 0. If the sphere of one of the eye was
40 more positive or negative than the threshold values it was considered abnormal and was coded
41 1 for statistical analysis.

42 **Classification of patients: Confirming the presence of pathology**

43 If a child presented with one or more abnormality during screening, or if one test was not carried
44 out due to poor cooperation from the child, parents were advised to seek an ophthalmologic
45 assessment from an ophthalmologist of their choice. A standardised clinical assessment sheet
46 was then completed by the ophthalmologist which recorded various clinical results and
47 refractive information following a cycloplegic refraction. The cycloplegic assessment allowed
48 for instillation of cyclopentolate 0.5% or 3-5 days prior instillation of atropine 0.3% depending
49 on the discretion of the ophthalmologist. These results were returned to the early childhood
50 department in the town hall. To improve data collection methods, a systematic review of the
51 medical records of voluntary ophthalmologists was made at the end of the year (sixty
52 ophthalmologists out of a total of seventy two). Children were considered at risk for amblyopia
53 if one of the following criteria was diagnosed at the final examination: refractive errors
54 according to current literature standards (1)(myopia if sphere<-2D, hyperopia if sphere>1.50D;
55 astigmatism if cylinder>1.50D between the principal meridians; anisometropia>1.00D and one
56 eye>1.00D of hyperopia; anisometropia>3.00D and one eye with>2.00D of myopia) and/or an
57 oculomotor disorder (strabismus or oculomotor palsy), and/or a verbal visual acuity difference
58 after optical correction(if verbal testing possible).

59 If a child presented with one or more of the criteria they were considered to have a pathology
60 and were coded 1 for statistical analysis. Conversely, they were coded 0 if no visual disorder
61 was diagnosed. Children with a negative screening result were considered to have no risk for
62 amblyopia development.

63 **ETHICS**

64 The study was approved by the local ethics committee (Healthcare ethics committee of Nantes,
65 GNEDS). Written consent from parents was collected for all children included in the screening
66 program.

67 **STATISTICAL ANALYSIS**

68 Firstly, we carried out a global description of our screening program before diagnosis which
69 included the feasibility of each test and the percentage of screening abnormalities (mean for
70 numeric parameters and the percentage for non-numeric parameters).

71 We then analysed the rate of real positives and false positives from subjective screening,
72 objective screening and a combination of the both. For this we used the final data which was
73 collected after the ophthalmology consultations for children with an abnormality.

74 Following this a monovariate analysis was performed between the two groups of patients who
75 were screened: group one had no amblyogenic factors and group two were children who had
76 been diagnosed with an amblyogenic factor. We compared the abnormality rate for each
77 screening test using a student test for numerical parameters and a chi test for percentages. The
78 threshold statistical significance was set as $p < 0.05$.

79 Lastly a logistic model was created, after exclusion of those with a least one missing set of data
80 (i.e. non-feasibility test).

81 The aim was to construct a score with the most relevant tests, combining subjective and
82 objective screening tests in order to improve efficiency and reduce the number positive screened
83 children. Variables yielding p-values less than 0.3 in the univariate analysis were included in a
84 stepwise procedure using the AIC selection criteria. Analysis was carried out with R version
85 3.0 (R Foundation for statistical computing , Vienna, Austria).

86 **RESULTS**

87 **GLOBAL RESULTS OF PREVERBAL VISUAL SCREENING**

88 From September 2012 to May 2013, 1308 children were screened (mean age 24.5 ± 7.7 months:
89 12.2% <12 months, 33.4% between 12 and 24 months and 54.4% after 24 months of age). The

90 mean birth weight was 3290 ± 570 grams, and mean pregnancy duration was 39.09 ± 2.12 weeks
91 of gestation. For the objective screening program, test feasibility was 86.2% with an overall
92 referral rate of 48.32% (abnormal negative or positive spherical data in 47.17% and 1.15%
93 respectively: Spherical anisometropia 16.06%; Cylindrical anisometropia 0.61%). For the
94 subjective screening tests, feasibility ranged from 95.0% (4 prism dioptre base-out test) to
95 99.7% (Hirschberg corneal light reflex). Subjective test abnormalities ranged from 1.1% (eye
96 occlusion) to 8.0% (4 prism dioptre base-out test), and were globally abnormal in 12.8% (with
97 at least one of the six tests being abnormal). Overall, the preverbal combined screening referred
98 659 children (50.4%) due to at least one anomaly.

99 **CONSULTATION FOLLOWING SCREENING**

100 273 data sets of final ophthalmologic examinations were collected among the positively
101 screened children (41%). 66 children were diagnosed with a real amblyogenic factor: 38 with
102 an oculomotor abnormality, 44 with an amblyogenic refractive errors. According to the VIP
103 criteria(1), 12 children were diagnosed with myopia (none before 12 months, 5 between 12 and
104 24 months, 7 after 24 months); 13 with hyperopia (respectively 2, 3 and 8 in the corresponding
105 time frame); 24 with astigmatism (4, 8, 12 in the corresponding time frame); 9 with spherical
106 anisometropia (none, 3, 6 in the corresponding time frame); and 5 with cylindrical
107 anisometropia (none, 2 and 3 in the corresponding time frame).

108 **MONOVARIATE ANALYSIS**

109 Monovariate statistical analysis revealed significant differences in screening tests between the
110 normal and amblyogenic groups. Past medical data were significantly different in both groups:
111 respectively 39.13 vs 38.45 weeks of gestation ($p=0.03$) and 3302.66g vs 3026.71g birth weight
112 ($p<0.001$). Objective non-cycloplegic screening data revealed significant difference for right
113 eye cylinder (0.71d vs 1.34d, $p<0.001$), left eye cylinder (0.68d vs 1.45d, $p<0.001$), right eye
114 sphere (-2.03d vs -3.69d, $p<0.001$), left eye sphere (-2.04d vs -3.09d, $p<0.001$), spherical
115 anisometropia (1.20d vs 1.99d, $p<0.001$), cylindrical anisometropia (0.39d vs 0.66d, $p<0.001$).
116 Subjective screening data revealed statistical difference between both groups for 5 of the 6 tests:
117 fixation (OR=12.93; $p<0.001$), corneal light reflex (OR=10.38; $p<0.001$), motility (OR=12.20;
118 $p<0.001$), 4 prism dioptre base-out test (OR=7.22; $p<0.001$) and alternated cover test
119 (OR=10.04; $p<0.001$). Only the behavioural reaction to ocular occlusion failed to distinguish
120 both group ($p=1$).

121 **LOGISTIC REGRESSION ON FINAL CONDITION**

122 The final results obtained from the stepwise procedure (Table 1.) showed very important
 123 interactions between variables. Among the parameters analysed, 6 screening parameters were
 124 highly associated ($p < 0.05$) with the pathological condition: 3 Ss data (motility, 4 prism dioptre
 125 base-out test, alternate cover test), and 3 Os data (RE or LE spherical measure, LE cylindrical
 126 measure, spherical anisometropia). Diagnosis performances analysis of the logistic model
 127 showed a sensitivity of 95.23% and a specificity of 87.98%. Regarding discrimination, area
 128 under the receiver–operating characteristic curve (AUC-ROC) was 0.976.

Variables	IC 2.5%	IC 97.5%	p-value
Age	-4.67E-02	8.98E-02	0.568519
Birth weight	-1.43E-03	4.37E-04	0.311358
Cover test	1.79E+00	1.98E+01	0.016811*
Motility	2.89E+01	NA	0.179099
4 prism dioptre base-out test	-1.33E+02	-2.29E+01	0.020899*
Sphere	6.22E+00	2.33E+01	0.002678*
Cylinder OS	3.58E+00	9.87E+00	0.000114*
Spherical anisometropia	1.31E+00	5.96E+00	0.004239*
Interactions between variables	IC 2.5%	IC 97.5%	p-value
Age/Cover test	-1.28E-02	5.28E-01	0.101521
Age/4 prism dioptre base-out test	3.90E-01	2.42E+00	0.026718*
Birth weight/Motility	NA	1.12E-02	0.171831
Cover test/4 prism dioptre base-out test	2.63E+00	3.73E+01	0.067544
Cover test/Sphere recoded	-1.96E+01	-5.77E+00	0.000974*
Cover test/Spherical anisometropia	-6.18E+00	-8.00E-01	0.014668*
4 prism dioptre base-out test /Cylinder OS	8.04E+00	4.60E+01	0.017935*
4 prism dioptre base-out test /Spherical anisometropia	2.81E+00	1.16E+01	0.003043*
Sphere/Cylinder OS	-8.61E+00	-2.09E+00	0.003637*
Sphere/Spherical anisometropia	-5.84E+00	-1.16E+00	0.006426*

129 **Table 1. Logistic Regression including parameters of which p-value in monivariate**
 130 **analysis was $p < 0.03$. Logistic regression included 8 variables, several statistically**
 131 **signifiant interactions are revealed.**

132 *Variable or interaction statistically significant

133 **DISCUSSION**

134 It is clear from screening preverbal children that the results obtained are typically not
 135 satisfactory in their diagnostic ability(9). Schmucker et al. insisted there is a lack of rigorous
 136 controlled studies examining preschool vision screening programs to determine their

137 effectiveness. They do not have a high sensitivity because they usually only target one
138 amblyogenic factor (either refractory or oculomotor abnormalities). To address this problem,
139 we propose to combine the 2 different strategies. Among the 66 children with confirmed
140 amblyogenic factors, 28 (42,4%) did not have an oculomotor abnormality and 22 (33,3%) did
141 not have a refractive abnormality. Therefore, using only one preverbal screening strategies
142 would have missed a significant number of amblyopic patients.

143 However combining the two methods increased the number of patient with a positive screening
144 result, and therefore the number of ophthalmology consultation referrals made: positive
145 screening was respectively 12,8%, 48,3% and 50.4% for subjective, objective, and combined
146 strategies respectively. Our rate of positive screening results using subjective methods is
147 comparable with recent published data, ranging from 3.6% to 39.7% according to the
148 population tested (4,5,10).

149 The main problem encountered by screening preverbal children is the high rate of false
150 positives. These false positives are mainly introduced by refractive screening methods. The VIP
151 group has investigated different techniques, using non-cycloplegic refraction to detect
152 amblyogenic factors. The best result was obtained using the Retinomax[®]. However with a
153 specificity rate of 0.90, the maximum sensitivity was only 0.63 (1).

154 The principle of all objective screening methods relies on the prediction of refractive
155 amblyogenic factors from non-cycloplegic refractive data. To achieve this the accommodative
156 part of a non-cycloplegic refraction is estimated by modulating the abnormal threshold with
157 age (because amplitude of accommodation decrease with time) and/or by using distance-
158 refractometer (decreasing the accommodative spasm). Retinomax[®] is a near-refractometer. It
159 is used daily in Belgium's national screening program, with a 25% positive screening
160 rate. 19.5% percent of these have a cycloplegic refractive abnormalities following screening(6).
161 Surprisingly, our referral rate is twice as high as Belgiums. The main difference between these
162 two screening programs was the experience of the screener (permanent orthoptist in Belgium,
163 orthoptic student in our study). Therefore, our high rate of positive refractive screenings could
164 be explained by the lack of experience of our examiners using the Retinomax[®] (learning effect).
165 Using a remote autorefractor (e.g. Plusoptix[®]) without a learning effect could possibly diminish
166 the false positive rate. Pre-verbal refractive screenings methods using Plusoptix[®] revealed
167 better sensitivity (84.7%), however with a worse specificity (63.2%) (11).

168 Improving one aspect of preverbal screening without decreasing the effectiveness of the other
169 is necessary if we want to improve the confidence that the general population have in visual
170 screening programs. Only 41% of our positively tested patients went on to consult an
171 ophthalmologist. This low rate is similar to other screening program conducted in the general
172 population (47.8%(5)). Failure to consult an ophthalmologist after a positive visual
173 screening(12) may be attributable to parental refusal (for trust, fear or financial reasons), lack
174 of understanding, or difficulties in finding an appointment with an ophthalmologist. If we can
175 improve the accuracy of positive screening tests we may be able to convince more parents to
176 consult with an ophthalmologist.

177 Combining different methods of visual screening seems to improve the overall rate of diagnosed
178 amblyogenic factors. However, it also increases both screening time and cost. To avoid
179 unnecessary tests, it is necessary to identify the most effective subjective and objective
180 methods. Although nearly all the screening methods were associated with the pathological
181 condition (except behavioural occlusion reaction), the logistic regression recommends using
182 only 3 subjective tests (motility, 4 prism dioptre base-out test, alternate cover test) and 3
183 objective refractive data (sphere, cylinder and anisometropia). Interestingly, the most
184 significant orthoptic exams tested 3 different aspects of strabismus: neutralization or amblyopia
185 (4 prism dioptre base-out test), angular deviation (alternate cover test) and restriction
186 pathologies (motility). The other three subjective tests (Hirschberg corneal reflex test, binocular
187 fixation testing and alternating cover test) target ocular alignment: that is why they appeared
188 statistically redundant. Among them, alternating cover test was retained as most relevant by
189 statistical analysis. Using only the three aforementioned orthoptic tests (compared to the
190 original six) one could reduce screening costs and simplify its effectiveness without changing
191 its specificity/sensitivity ratio. Another way to improve the sensitivity of a combined screening
192 approach is to use the risk score based on the most relevant screening subjective and objective
193 tests. However, this score has to be validated in the next screening cohort.

194 **CONCLUSION**

195 There is no consensus concerning preverbal visual screening programs when visual acuity
196 cannot be measured. However preverbal screening is the best method to detect amblyopia early,
197 when treatment is most effective and easier to manage. Only by using a combined screening
198 program with both subjective and objective tests can one successfully screen for both refractive
199 and oculomotor amblyogenic factors. However these tests are not sufficiently effective to have

200 a good sensitivity without compromising on specificity. Our results highlight the most effective
201 objective screening tests, to avoid repeating exams. They also highlight that the refractive
202 thresholds with retinomax are too broad to avoid a high false positive rate. We need to improve
203 objective preverbal screening methods if we want improve the confidence that people have in
204 visual screening program.

205 **ACKNOWLEDGMENTS**

206 The author thanks the AFAU (French association of unilateral amblyopics) for their financial
207 support for this research.

208 **BIBLIOGRAPHY**

- 209 1. Group TV in PS. Comparison of preschool vision screening tests as administered by
210 licensed eye care professionals in the vision in preschoolers study. *Ophthalmology*. 2004
211 Apr;111(4):637–50.
- 212 2. Lim HT, Yu YS, Park S-H, Ahn H, Kim S, Lee M, et al. The Seoul Metropolitan
213 Preschool Vision Screening Programme: results from South Korea. *Br J Ophthalmol*. 2004
214 Jul;88(7):929–33.
- 215 3. Schmucker C, Grosselfinger R, Riemsma R, Antes G, Lange S, Lagrèze W, et al.
216 Effectiveness of screening preschool children for amblyopia: a systematic review. *BMC*
217 *Ophthalmol*. 2009;9:3.
- 218 4. de Koning HJ, Groenewoud JH, Lantau VK, Tjiam AM, Hoogeveen WC, de Faber
219 JTHN, et al. Effectiveness of screening for amblyopia and other eye disorders in a prospective
220 birth cohort study. *J Med Screen*. 2013 Jun;20(2):66–72.
- 221 5. Bois C, Binot MC, Jonqua F, Mouret MF, Guillemot G, Bremond-Gignac D. [Early
222 visual screening appears essential to detect complete amblyopia risk and to treat strabismus
223 earlier]. *J Fr Ophtalmol*. 2009 Nov;32(9):629–39.
- 224 6. Cordonnier M, Kallay O. Non-cycloplegic screening for refractive errors in children
225 with the hand-held autorefractor Retinomax: final results and comparison with non-
226 cycloplegic photoscreening. *Strabismus*. 2001 Jun;9(2):59–70.
- 227 7. Frantz KA, Cotter SA, Wick B. Re-evaluation of the four prism diopter base-out test.
228 *Optom Vis Sci Off Publ Am Acad Optom*. 1992 Oct;69(10):777–86.
- 229 8. Cordonnier M, de Maertelaer V. Screening for amblyogenic factors in preschool
230 children with the retinomax hand-held refractor: do positive children have amblyopia and is
231 treatment efficacious? *Strabismus*. 2005 Mar;13(1):27–32.

- 232 9. Schmucker C, Kleijnen J, Grosselfinger R, Riemsma R, Antes G, Lange S, et al.
233 Effectiveness of early in comparison to late(r) treatment in children with amblyopia or its risk
234 factors: a systematic review. *Ophthalmic Epidemiol.* 2010 Feb;17(1):7–17.
- 235 10. Tjiam AM, Groenewoud JH, Passchier J, Loudon SE, De Graaf M, Hoogeveen WC, et
236 al. Determinants and outcome of unsuccessful referral after positive screening in a large birth-
237 cohort study of population-based vision screening. *J AAPOS.* 2011 Jun;15(3):256–62.
- 238 11. Yan X-R, Jiao W-Z, Li Z-W, Xu W-W, Li F-J, Wang L-H. Performance of the
239 Plusoptix A09 photoscreener in detecting amblyopia risk factors in Chinese children attending
240 an eye clinic. *PloS One.* 2015;10(6):e0126052.
- 241 12. Pai AS-I, Rose KA, Leone JF, Sharbini S, Burlutsky G, Varma R, et al. Amblyopia
242 prevalence and risk factors in Australian preschool children. *Ophthalmology.* 2012
243 Jan;119(1):138–44.
244

Aucun consensus ne détermine la meilleure stratégie de dépistage préverbal visuel, quand l'acuité visuelle n'est pas mesurable. Pourtant, le dépistage préverbal semble la meilleure méthode pour détecter une amblyopie le plus tôt possible quand le traitement est le plus efficace et facile à mettre en œuvre. Seule une combinaison du dépistage subjectif et objectif permet de dépister à la fois les facteurs oculomoteurs et réfractifs potentiellement amblyogènes. Néanmoins, les tests disponibles aujourd'hui ne sont pas suffisamment efficaces pour permettre une bonne sensibilité sans diminuer la spécificité, indispensable au vu du manque actuel d'ophtalmologistes. Nos résultats mettent en évidence les tests subjectifs les plus discriminatifs, afin de ne pas répéter des examens inutiles. Les seuils retenus en réfractométrie non cycloplégée au Retinomax[®] sont trop peu sélectifs et entraînent de nombreux faux positifs dans notre étude. Il est nécessaire d'améliorer les outils du dépistage visuel préverbal afin d'améliorer nos résultats et la confiance des différents acteurs de ces campagnes de dépistage.

Dans cette optique, nous avons souhaité changer d'appareil et dès septembre 2013, c'est le Plusoptix[®] qui a été utilisé comme vidéoréfractomètre. La description des résultats ci-dessous concerne donc uniquement la réfractométrie au Plusoptix[®] lors de l'étape de dépistage.

5. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DU DÉPISTAGE VISUEL PRÉVERBAL SUR L'ANNÉE 2014-2015

5.1. Introduction

L'analyse de la première année de fonctionnement du dépistage nous a permis de mettre en évidence la nécessité de combiner des tests subjectifs et objectifs dans le dépistage visuel préverbal. Néanmoins les outils du dépistage restent à affiner. Nous avons souhaité étudier également nos résultats de la troisième année de dépistage, entre septembre 2014 et mai 2015. Le réfractomètre utilisé a été modifié après la première année de fonctionnement, étant donné le nombre important de faux positifs convoqués suite à la réfractométrie non cycloplégée. Le réfractomètre automatique portable (Retinomax[®]) a donc été remplacé par un vidéoréfractomètre portable (Plusoptix[®]). Par ailleurs, les tests de dépistage utilisés comportent toujours une combinaison de tests objectifs et subjectifs. Nous avons souhaité évaluer les résultats du dépistage sur cette année 2014-2015, et les comparer aux résultats obtenus sur la première année de fonctionnement (2012-2013).

5.2. Matériels et méthodes

5.2.1. Patients

Tous les enfants accueillis dans les crèches municipales de la ville de Nantes entre septembre 2014 et juin 2015 ont été inclus rétrospectivement. Le critère d'exclusion était le refus de l'un des parents à ce que son enfant soit examiné.

5.2.2. Déroulement du programme de dépistage entre septembre 2014 et mai 2015

5.2.2.1. Description de l'examen de dépistage

L'examen se déroulait selon les mêmes modalités que les années précédentes (cf. 3.1 Description de l'examen de dépistage). A la différence de la première année, le réfractomètre automatique portable a été remplacé par un vidéoréfractomètre portable (Plusoptix®). La présence d'une anomalie à l'un des tests de dépistage ou l'impossibilité de réaliser un test faisait convoquer l'enfant pour une consultation ophtalmologique.

5.2.2.2. Recueil des données

Concernant les paramètres du dépistage, une base informatique était remplie par les étudiants orthoptistes réalisant le dépistage au fur et à mesure des semaines d'examens et colligeant les résultats de chaque test, la conclusion donnée aux parents et les informations recueillies par la lettre d'information remplie par les parents (antécédents).

Concernant la consultation post-dépistage, les ophtalmologistes libéraux étaient encouragés à renvoyer une conclusion de leur examen de référence au médecin responsable de la petite enfance à la mairie de Nantes. Afin d'augmenter le nombre de conclusions pour l'analyse, il a été recherché pour l'ensemble des enfants dépistés la présence éventuelle d'une observation médicale dans le fichier ophtalmologique informatisé du CHU de Nantes et de certains ophtalmologistes libéraux de la ville ayant accepté la revue de leurs dossiers. Ainsi, il a été relevé pour chaque enfant :

- L'existence d'une consultation de contrôle ou non
- Le lieu de réalisation de cette consultation : CHU ou ophtalmologiste de ville
- Fixation binoculaire et monoculaire : normale ou anormale
- Existence d'une asymétrie de réaction à l'occlusion d'un œil : oui ou non
- Cover-test : normal ou pathologique
- Test des reflets pupillaires : normal ou pathologique
- Cycloplégie réalisée : aucune, cyclopentolate, atropine ou autre cycloplégique

- Mesure de la réfraction cycloplégiée au refractomètre : sphère, cylindre et axe pour chaque œil.

5.2.2.3. *Analyse statistique*

Dans un premier temps les résultats généraux ont été décrits. Puis les données ont été classées, codifiées et l'analyse statistique a été réalisée.

Classification et codification des données :

Chaque enfant a été classé selon :

- Son état au dépistage : dépistage normal ou anormal,
- Et selon son état après l'étape de confirmation : d'après la consultation de contrôle réalisée par un ophtalmologiste : normal (pas de pathologie visuelle) ou pathologique (pathologie visuelle à corriger).

Concernant les données cliniques et l'état final défini à la consultation de contrôle, la normalité a été codée « 0 » et l'anormalité « 1 » pour les analyses statistiques.

Concernant les données numériques :

- Le cylindre a toujours été exprimé positivement
- Afin d'associer la mesure de la sphère non cycloplégiée à un risque linéaire, la sphère non cycloplégiée a été recodée en normale/anormale selon les seuils énoncés plus haut. Si la mesure de la sphère des deux yeux était comprise dans les seuils de normalité, la sphère non cycloplégiée était considérée comme normale et codée « 0 ». Si la sphère de l'un des deux yeux était trop positive ou trop négative au vu des seuils, elle était considérée comme anormale et codée « 1 » pour les analyses statistiques.
- Afin de permettre l'analyse non redondante du cylindre (l'analyse de l'œil droit puis de l'œil gauche entraîne une double information, qui peut artificiellement augmenter son poids dans l'équation ou au contraire le diminuer), le cylindre a également été recodé : si le cylindre mesuré à la réfractométrie du dépistage était dans les seuils fixés il était considéré comme normal et codé « 0 » pour l'analyse. Si au contraire l'une des mesure de l'œil droit ou de l'œil gauche était hors des seuils, il était considéré comme anormal et codé « 1 ».

Etude statistique

Puis nous avons réalisé une analyse statistique en deux temps :

- La première partie de l'analyse statistique comportait une comparaison des résultats des tests de dépistage entre le groupe d'enfants sains et le groupe d'enfants présentant un trouble visuel confirmé. Les échantillons étant grands ($n > 30$), des tests paramétriques

ont été utilisés. Pour les données numériques, une comparaison de moyennes a été réalisée à l'aide d'un test t de Student. Pour les données qualitatives, une comparaison de pourcentages a été réalisée à l'aide d'un test du Chi-2.

- Puis une analyse multivariée a été réalisée : un modèle de régression logistique a été réalisé pour expliquer la variable « état final de l'enfant » (pathologique/non pathologique). Les variables explicatives comprenaient tous les tests utilisés lors du dépistage pour lesquels la variable de rendement p de l'analyse univariée était inférieure à 0.3. Toutes les interactions de premier degré ont été incluses dans le modèle initial. Un modèle de régression logistique comprenant une procédure de régression pas à pas (=stepwise) avec un critère d'information d'Akaike (AIC) comme critère de sélection a été réalisé.

Concernant l'analyse statistique, les enfants ayant eu une consultation ophtalmologique pouvant conclure à leur état final ont été inclus ainsi que les enfants pour lesquels le dépistage était négatif, leur état final a été extrapolé et considéré comme normal.

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec la version 3.0 du logiciel R (R-CRAN, Foundation for Statistical Computing).

5.3. Résultats généraux

Entre septembre 2014 et mai 2015, 1299 enfants ont été vus en examen de dépistage.

<i>Nombre d'enfants (n)</i>	1299
<i>Age moyen au dépistage (mois)</i>	22.8±8.5
<i>0-12 mois (n)</i>	168
<i>12-24 mois (n)</i>	496
<i>>24 mois (n)</i>	635
<i>Poids de naissance moyen (g)</i>	3322±561
<i>Durée de grossesse (SA)</i>	39±2
<i>Conclusion A+B</i>	594 (46%)
<i>Conclusion C</i>	705 (54%)

Tableau 4 Résultats généraux des examens de dépistage entre septembre 2014 et mai 2015

Les conclusions « A » et « B » préconisaient aux parents de consulter un ophtalmologiste

Les conclusions « C » préconisaient un suivi standard par la PMI ou les médecins habituels.

5.4. Résultats des tests de dépistage

Sur les 1299 enfants, 297(23%) présentaient au moins une anomalie lors de l'examen de dépistage et 297(23%) autres enfants n'ont pu passer tous les tests de dépistage (non-faisabilité de tous les tests de dépistage). Au total, 594 enfants ont donc été orientés vers une consultation d'ophtalmologie (46% du total).

5.4.1. Tests subjectifs

	<i>Normal</i>	<i>Anormal</i>	<i>Données manquantes</i>	<i>Total</i>
<i>Reflets</i>	1284 (99%)	11 (<0,1%)	4 (<0,1%)	1299 (100%)
<i>Fixation</i>	1268 (98%)	17 (<0,1%)	14 (<0,1%)	1299 (100%)
<i>Cover test</i>	1230 (95%)	10 (<0,1%)	59 (5%)	1299 (100%)
<i>Motilité</i>	1291 (99%)	3 (<0,1%)	5 (<0,1%)	1299 (100%)
<i>Occlusion d'un oeil</i>	1242 (96%)	4 (<0,1%)	53 (4%)	1299 (100%)
<i>Biprisme</i>	1105 (85%)	19 (1%)	175 (13%)	1299 (100%)
<i>Total tests subjectifs</i>	1055 (81%)	25 (2%)	219 (17%)	1299 (100%)

Tableau 5 Détail des résultats des différents paramètres cliniques (subjectifs) utilisés lors du dépistage visuel

5.4.2. Tests objectifs

Huit cent vingt-trois enfants (63%) présentaient une réfractométrie non cycloplégée normale dans les seuils fixés selon l'âge.

Trois cent cinquante-neuf enfants (28%) présentaient une réfractométrie non cycloplégée hors des seuils. Pour 117 enfants (9%), la mesure était incomplète (faisabilité de la réfractométrie au Plusoptix® = 91%).

Au total, 476 enfants (37%) ont donc été référés pour un examen ophtalmologique suite à une réfractométrie considérée comme anormale ou incomplète.

5.4.2.1. Sphère

	Age 0-12 mois n=168	12-24 mois n=496	>24 mois n=635	Tous âges n=1299
<i>Sphère moyenne OD</i>	-0,38∂	-0,18∂	-0,11∂	-0,17∂
<i>Sphère moyenne OG</i>	-0,31∂	-0,18∂	-0,09∂	-0,15∂
<i>Sphère moyenne ODG</i>	-0,34∂* (p=0,003)	-0,18∂ (p=0,36)	-0,10∂* (p=0,002)	-0,16∂

Tableau 6 Moyenne des sphères non cycloplégiées et comparaison des moyennes de chaque classe d'âge à la moyenne générale par un test paramétrique de Student

	Age 0-12 mois n=168	12-24 mois n=496	>24 mois n=635	Tous âges n=1299
<i>Sphères trop positives</i>	1 enfant (<1%)	18 enfants (4%)	21 enfants (3%)	40 enfants (3%)
<i>Sphères trop négatives</i>	17 enfants (10%)	18 enfants (4%)	21 enfants (3%)	56 enfants (4%)

Tableau 7 Nombre d'enfants présentant une sphère non cycloplégiée pathologique au dépistage en fonction des 3 classes d'âge

5.4.2.2. Cylindre

	Age 0-12 mois n=168	12-24 mois n=496	>24 mois n=635	Tous âges n=1299
<i>Cylindre moyen OD</i>	0,77∂	0,55∂	0,55∂	0,57∂
<i>Cylindre moyen OG</i>	0,77∂	0,59∂	0,56∂	0,60∂
<i>Cylindre moyen ODG</i>	0,77∂	0,57∂	0,57∂	0,56∂

Tableau 8 Moyenne des cylindres mesurés à la réfractométrie non cycloplégiée

Au total, 314(24%) enfants présentaient un cylindre >1∂ (seuil retenu pour l'étude).

5.4.2.3. Anisométrie

Trente-trois enfants (3%) présentaient une anisométrie sphérique définie par une différence de sphère non cycloplégiée entre les deux yeux supérieure ou égale à 1,25∂.

Vingt-trois enfants (2%) présentaient une anisométrie cylindrique supérieure ou égale à 1,25∂.

5.4.2.4. Anomalies organiques

Quatre anomalies organiques ont été dépistées. Elles comprenaient deux anisocories, une anomalie conjonctivale, une anomalie irienne.

5.5. Consultation post-dépistage

Les données de 178 consultations post-dépistage ont été recueillies.

Sur ces 178 consultations, 49 enfants présentaient une anomalie potentiellement amblyogène : anomalie oculomotrice (strabisme), et/ou amétropie nécessitant une correction optique, et/ou anomalie organique.

Le délai moyen entre l'examen de dépistage et la consultation était de 147 jours (± 151).

Soixante-six enfants avaient déjà été vus en consultation avant l'examen de dépistage.

<i>Nombre d'enfants</i>	
Amétropies :	37
- Myopie*	7
- Hypermétropie	4
- Astigmatisme [†]	27
- Anisométrie Sphérique [‡]	4
- Anisométrie cylindrique [§]	3
Strabismes	17
Amblyopies	2
Anomalies organiques	6
Total troubles visuels diagnostiqués	49
Total des cycloplégies	178

Tableau 9 Pathologies diagnostiquées à la consultation de contrôle ophtalmologique après dépistage chez les enfants ayant consulté

- *La myopie était définie par une valeur de la sphère cycloplégée $< -2.00\delta$ quel que soit l'âge ;
- ^{||}L'hypermétropie était définie par une sphère cycloplégée $> 3.25\delta$ quel que soit l'âge ;
- [†]L'astigmatisme était défini par un cylindre $> 1.50\delta$;

- †Une anisométrie sphérique était diagnostiquée lorsque la différence entre les sphères cycloplégées de chaque œil était $>1\delta$ en cas de valeurs de sphères positives, et $>3\delta$ en cas de valeurs de sphères négatives ;
- §Une anisométrie cylindrique était diagnostiquée lorsque la différence entre les cylindres cycloplégés de chaque œil était $>1.50\delta$.

Concernant les anomalies organiques, il a été diagnostiqué 2 anisocories, 2 nystagmus, une mélanose sclérale isolée et une lésion irienne. Ces anomalies ont toutes été diagnostiquées suite à la consultation recommandée par le dépistage, les enfants ont ainsi eu le bilan et le suivi nécessaire.

Le tableau 10 résume les cyclopléants utilisés lors de la consultation de contrôle.

<i>Cyclopléiant</i>	<i>Atropine</i>	<i>Skiacol</i>	<i>Mydriaticum</i>	<i>Aucun</i>	<i>Total</i>
<i>Nombre</i>	25 (14%)	135 (76%)	1 (<1%)	17 (10%)	178 (100%)

Tableau 10 Cyclopléants utilisés lors de la consultation de référence

Parmi les 17 enfants n'ayant eu aucune cycloplégie, 6 devaient revenir en consultation pour une cycloplégie sous atropine (protocole d'une goutte matin et soir 5 jours avant la consultation) et ne sont pas revenus.

5.6. Analyse du dépistage

5.6.1. Analyse monovariée

Le tableau 11 résume la comparaison des résultats des tests du dépistage dans les 2 groupes définis par l'état final de chaque enfant.

	<i>Enfants ne présentant pas de troubles visuels n=768</i>	<i>Enfants présentant un trouble visuel n=49</i>	<i>p-value</i>	<i>Odds-Ratio</i>
Données générales				
<i>Age (mois)</i>	23.7±8.4	22.2±8	0.285	
<i>Poids de naissance moyen (g)</i>	3117±629	3276±733	0.1758	
<i>Durée de grossesse (SA)</i>	38.7±2.5	38.7±2.7	0.941	
<i>Sexe Ratio (M/F)</i>	1.0	1.5	0.1383	
Données objectives du dépistage				
<i>Sphère OD</i>	-0.12±0.98	-0.11±0.70	0.5666	
<i>Sphère OG</i>	-0.11±1.06	-0.31±0.93	0.03286*	
<i>Sphère recodée (% de patho)</i>	3%	13%	0.001738*	5,5
<i>Cylindre OD</i>	0.63±0.57	1.09±1.09	0.0009751*	
<i>Cylindre OG</i>	0.69±0.62	1.15±1.15	0.001032*	
<i>Cylindre recodé</i>	5%	48%	2.2°-16*	16,5
<i>Anisométrie sphérique</i>	0.22±0.52	0.49±0.87	1.089°-06*	
<i>Anisométrie cylindrique</i>	0.18±0.39	0.33±0.48	0.0001562*	
Données subjectives du dépistage				
<i>Fixation (% de pathologique)</i>	<0.1%	2%	0.219	5
<i>Reflets cornéens</i>	0.1%	2%	0.2562	15
<i>Motilité</i>	0%	2%	0.0633	NC
<i>Biprisme</i>	3%	29%	1.182e-15	13
<i>Test à l'écran alterné</i>	1%	10%	3.144e-05	9,5
<i>Réaction à l'occlusion</i>	0,9%	7%	0.01073	7

Tableau 11 Analyse monovariée des paramètres du dépistage. Comparaison des moyennes des paramètres numériques entre le groupe « enfants sains » et « enfants pathologiques » par un test t de Student (données numériques). Comparaison des pourcentages de variables pathologiques entre les 2 groupes par un test du Chi-2. NC=non calculable.

L'Odds Ratio permet d'associer le risque de survenue de la pathologie et la variable étudiée. Par exemple, le risque d'avoir un trouble visuel est 5,5 fois plus important lorsque la sphère mesurée par la réfractométrie non cycloplégiée est en dehors des seuils définis.

5.6.2. Analyse multivariée en régression logistique

Les analyses ont été réalisées sur les 789 patients ayant un recueil de données considéré comme complet. En effet, la régression logistique ne tolère aucune donnée manquante pour l'analyse. Les paramètres prédictifs ayant une valeur p inférieure à 0.3 lors de l'analyse univariée ont été inclus dans l'analyse. Parmi ces 756 patients ayant toutes les variables renseignées, 39 ont été classés comme ayant une pathologie à l'étape de confirmation.

Variables	IC 2.5%	IC 97.5%	p-value
Age	6.555e-03	2.480e-02	0.7916
Poids de naissance	-2.520 ^e -04	4.304 ^e -04	0.5583
Biprisme	2.896 ^e +00	7.393 ^e -01	8.95 ^e -05**
Cover test	-1.432 ^e +02	2.979 ^e +02	0.6307
Réaction à l'occlusion	1.489 ^e +02	1.779 ^e +02	0.4026
Sphère pathologique	-9.509 ^e +01	5.781e+01	0.1000 .
Cylindre pathologique	-4.199 ^e +00	3.451 ^e +00	0.2237
Anisométrie	4.489 ^e +01	2.207 ^e +01	0.0420*
Interactions entre variables	IC 2.5%	IC 97.5%	p-value
AGE:cover.test	6.358 ^e +00	1.318 ^e +01	0.6295
AGE:occlusion	2.104 ^e +00	2.021 ^e +00	0.2977
AGE:sphere.patho	1.363 ^e +00	7.145 ^e -01	0.0564 .
AGE:Anisométrie	-9.030 ^e -01	4.716e-01	0.0555 .
Poids.de.naissance:occlusion	3.613e-02	4.694e-02	0.4415
Poids.de.naissance:sphere.patho	1.507 ^e -02	1.030 ^e -02	0.1434
Poids.de.naissance:cylindre.patho	2.177 ^e -03	1.013 ^e -03	0.0316*
Biprisme:sphere.patho	3.087 ^e +01	1.732 ^e +01	0.0746 .
Biprisme:cylindre.patho	-2.536 ^e +00	1.300e+00	0.0510 .
Cover.test:réaction à l'occlusion	-1.276 ^e +02	1.934e+02	0.5093
Cylindre.patho:anisométrie	-3.311 ^e +01	1.705 ^e +01	0.0521 .

Tableau 12 Analyse en régression logistique incluant les paramètres dont l'analyse monovariée retrouvait $p < 0,3$. La régression logistique inclut 11 variables, et de nombreuses interactions entre ces variables existent.

*significativité statistique de la variable ($p < 0.05$)

**significativité statistique de la variable ($p < 0.01$)

Le modèle final retenu suite à la procédure stepwise (Tableau 12) comporte des interactions importantes entre les variables. En d'autres termes, la valeur pronostique d'une variable dépend de la valeur d'une autre variable. Une interprétation simple, additive de chaque facteur n'est donc pas réalisable. C'est la traduction de l'existence de plusieurs sous-groupes, de plusieurs entités pathologiques qui ne peuvent être mis ensemble, mais auraient dû être

interprétés séparément. Or au moment de la première étape du dépistage, l'objectif est de dépister le risque d'amblyopie, c'est-à-dire l'ensemble des pathologies. Le modèle logistique ne permet pas de le faire simplement.

Ainsi on remarquera que, parmi les paramètres prédictifs analysés, le « biprisme » et « l'anisométrie » étaient statistiquement associés à la présence d'un trouble visuel.

L'analyse utilisée ne permet pas de mettre en évidence que les autres paramètres étaient statistiquement associée à la présence d'une pathologie visuelle.

Si l'analyse considère dans la régression logistique la sphère œil droit, sphère œil gauche, cylindre œil droit et cylindre œil gauche plutôt que la sphère et le cylindre recodées, seuls les cylindres des deux yeux apparaissent statistiquement associés au risque de présenter un facteur amblyogène ($p > 0,1$ pour les sphères OD et OG ; $p < 0,05$ pour les cylindres OD et OG).

5.7. Pertinence du dépistage combiné

Parmi les 49 enfants qui ont eu une anomalie potentiellement amblyogène diagnostiquée,

- 21 avaient uniquement une anomalie à la réfractométrie
- 6 avaient une anomalie uniquement clinique (tests subjectifs)
- 10 avaient une anomalie à la fois clinique et réfractométrique
- 12 avaient un dépistage normal, parmi lesquels
 - o 5 enfants avaient une amétropie subnormale, non équipées en correction optique à l'issue de la consultation
 - o Un enfant avait un strabisme suivi déjà équipé en correction optique totale
 - o Un enfant avait une amétropie corrigée en lunettes suite au dépistage de 2013
 - o Cinq enfants avaient une anomalie oculomotrice (4 strabismes et une exophorie)

Ces 12 enfants ont été amenés à consulter un ophtalmologiste par défaut de compréhension des résultats du dépistage ou par souhait des parents.

5.8. Comparaison des deux années étudiées

	<i>Année 2012/13</i>	<i>Année 2014/15</i>	<i>p-value</i>
<i>Nombre d'enfants (n)</i>	1299	1308	
<i>Age moyen au dépistage (mois)</i>	22.8±8.5	24.5±7.7	>0,1
<i>0-12 mois (n)</i>			
<i>12-24 mois (n)</i>	168	160	
<i>>24 mois (n)</i>	496	437	
	635	711	
<i>Poids de naissance moyen (g)</i>	3322±561	3290±570	>0,1
<i>Durée de grossesse (SA)</i>	39±2	39±2	>0,1
<i>Conclusion A+B</i>	594 (46%)	659(50%)	0,2088
<i>Conclusion C</i>	705 (54%)	649(50%)	0,2088

Tableau 13 Comparaison des données générales entre les deux années étudiées

Le nombre d'enfants vus au dépistage est sensiblement le même entre les 2 années comparées, ainsi que l'âge moyen, le poids de naissance et la durée de grossesse (Tableau 13). Le nombre d'enfants référés suite au dépistage est comparable entre les 2 années ($p>0,1$).

	<i>Anormal 2012/13</i>	<i>Anormal 2014/15</i>	<i>p-value</i>
<i>Reflets</i>	42 (3%)	11 (<0,1%)	<1.877e-05
<i>Fixation</i>	40 (3%)	17 (<0,1%)	0.002902
<i>Cover test</i>	88 (7%)	10 (<0,1%)	<2.2e-16
<i>Motilité</i>	22 (2%)	3 (<0,1%)	0.0001466
<i>Occlusion d'un oeil</i>	16 (1%)	4 (<0,1%)	0.01189
<i>Biprisme</i>	99 (8%)	19 (1%)	4.155e-13
<i>Total tests subjectifs</i>	167 (13%)	25 (2%)	<0.005

Tableau 14 Comparaison des données cliniques (subjectives) du dépistage entre les deux années étudiées

Il existe une différence significative du taux d'anomalies cliniques retrouvées entre les années de fonctionnement, et ce pour chaque test subjectif (Tableau 14).

	<i>Année 2012/13 (Retinomax®)</i>	<i>Année 2014/15 (Plusoptix®)</i>	<i>p-value</i>
<i>Sphère moyenne OD</i>	-2.61 \pm 1.77	-0.17 \pm 0.92	p< 2.2e-16
<i>Sphère moyenne OG</i>	-2.48 \pm 1.71	-0.15 \pm 1.03	p< 2.2e-16
<i>Sphères trop positives</i>	15 enfants (1%)	40 enfants (3%)	
<i>Sphères trop négatives</i>	617 enfants (47%)	56 enfants (4%)	

Tableau 15 Comparaison des sphères non cycloplégées

Il existe une différence statistiquement significative entre les sphères non cycloplégée au dépistage (Tableau 15) : la moyenne de la sphère pour chaque œil est significativement moins négative avec le Plusoptix®. Par conséquent, il y a plus de 10 fois plus de sphères considérées comme trop négatives avec le Retinomax® qu'avec le Plusoptix®.

	<i>Année 2012/13</i>	<i>Année 2014/15</i>
<i>Cylindre moyen OD</i>	0.74 \pm 0.49	0.57 \pm 0.82
<i>Cylindre moyen OG</i>	0.71 \pm 0.48	0.60 \pm 0.82
<i>Nombre de cylindres pathologiques</i>	NA	314 (24%)

Tableau 16 Comparaison des cylindres mesurés au dépistage

La moyenne des cylindres était comparable, il n'y avait pas de différence significative entre les deux années (Tableau 16).

	<i>Année 2012/13</i>	<i>Année 2014/15</i>
<i>Anisométrie sphérique</i>	210 (16%)	33 (3%)
<i>Anisométrie cylindrique</i>	8 (1%)	23 (2%)

Tableau 17 Comparaison du nombre d'anisométries sphériques et cylindriques au dépistage

On constate plus d'anisométries sphériques au Rétinomax® qu'au Plusoptix® (Tableau 17).

Concernant l'analyse en régression logistique, les paramètres inclus dans l'équation ne sont pas les mêmes entre les 2 années (Tableau 18) :

Variabiles 2012/13	Variabiles 2014/15
Test à l'écran alterné	-
Test au biprisme	Test au biprisme
Sphère recodée	-
Cylindre OG	-
Anisométrie sphérique	Anisométrie globale

Tableau 18 Comparaison des paramètres retenus suite à l'analyse en régression logistique. Les paramètres mentionnés dans le tableau sont retrouvés statistiquement associés à la présence d'un trouble amblyogène.

5.9. Conclusion

L'analyse de cette année 2014-2015 du dépistage visuel préverbal confirme la nécessité d'une association de paramètres subjectifs et objectifs afin de dépister l'ensemble des facteurs amblyogènes. Les résultats de notre analyse impliquent une réflexion sur certaines données, que nous discuterons dans le paragraphe suivant.

6. Discussion

Il est désormais admis que le traitement précoce des troubles visuels est la thérapeutique la plus efficace et la plus facile à mettre en œuvre, permettant d'éviter l'installation d'une amblyopie qui devient irréversible quand se termine la période sensible. Or la présence d'un trouble visuel est rarement manifeste durant la période sensible. Par conséquent un dépistage est nécessaire. Comme nous l'avons rappelé dans les généralités, l'amblyopie est une pathologie qui respecte les principes du dépistage énoncés par Wilson en 1968(35), qui justifient le dépistage de certaines maladies. Le dépistage précoce de l'amblyopie pourrait s'inscrire dans une politique de santé publique visant à limiter le nombre d'adultes amblyopes par défaut de traitement précoce.

La systématisation de ce dépistage à une grande partie de la population nécessite néanmoins des améliorations des outils actuellement disponibles. C'est dans cette perspective que s'inscrit notre travail.

Rappel des résultats et comparaison de nos 2 années de fonctionnement du dépistage

Certains paramètres sont comparables entre les 2 années, notamment les données générales car la population examinée est la même (correspondant aux enfants accueillis dans les crèches de la ville).

Certaines différences sont constatées :

- La sphère mesurée est statistiquement moins négative avec le Plusoptix® qu'avec le Retinomax®. Ceci entraîne donc moins d'enfants reconvoqués pour suspicion d'amétropie amblyogène. Pourtant, le nombre total d'enfants référés pour dépistage anormal est comparable entre les 2 années. Ceci est dû au nombre très important de tests subjectifs non interprétables et aux données manquantes qui se répartissent entre la réfractométrie et les tests subjectifs (faisabilité incomplète). La présence d'une donnée manquante sur l'ensemble de l'examen entraînait la convocation de l'enfant pour un examen ophtalmologique, ce qui double le nombre d'enfants référés.
- Concernant la régression logistique, l'équation est liée à l'analyse monovariée des paramètres du dépistage. En raison du nombre important de tests non contributifs et de données manquantes, certains paramètres ne peuvent pas être statistiquement associés à la présence d'un trouble amblyogène, et ne sont donc pas inclus dans la régression logistique. De plus, l'utilisation d'un modèle linéaire tel que la régression logistique ne semble pas être adaptée du fait que la situation pathologique qu'on voudrait dépister correspond à plusieurs situations nosologiques. Cela expliquerait la multitude des interactions significatives, ce qui rend le modèle linéaire peu interprétable. Le modèle linéaire serait adapté si l'on cherchait à dépister une seule pathologie, mais ce ne serait pas optimal car il faudrait développer autant de scores de risque que de pathologies et tous les tester, un à un auprès des enfants. De plus il n'y a pas de linéarité entre l'importance de la valeur d'un paramètre et l'importance du risque de pathologie. Ainsi, la valeur de la sphère est une donnée du dépistage qui permet de suspecter l'existence d'une amétropie (myopie ou hypermétropie, +/- anisométrie : différence entre les 2 yeux). Cette valeur s'étend dans notre étude en 2012/13 de -18.75 à +7.25 dioptries, et la représentation du risque associé adopte une courbe en U (Figure 13) qui n'est pas centrée autour de zéro. Il n'est donc pas possible d'associer un risque linéaire à ce paramètre numérique continu. Nous avons donc essayé de réaliser une régression par morceau, en segmentant les données en valeurs positives associées à un risque croissant d'avoir la maladie, et en valeurs négatives associées

également à un risque croissant d'avoir la maladie. Mais nous nous sommes alors confronté au problème de bilatéralité des mesures, lorsque les yeux droit et gauche ne présentaient pas une valeur de même signe la régression n'était alors plus réalisable. Afin d'inclure ce paramètre dans la régression logistique nous avons été conduit à le recoder selon son appartenance ou non à l'intervalle de normalité défini plus haut. Ainsi cette variable est transformée en variable ordinale, elle peut prendre 2 valeurs : 0 ou 1. Cette méthode permet donc d'utiliser la régression logistique sur ce paramètre, mais entraîne une disparition du niveau de risque : on perd la graduation dans l'anormalité. Il n'existe malheureusement pas de modèle statistique simple et reproductible permettant de modéliser ce risque en conservant sa valeur numérique.

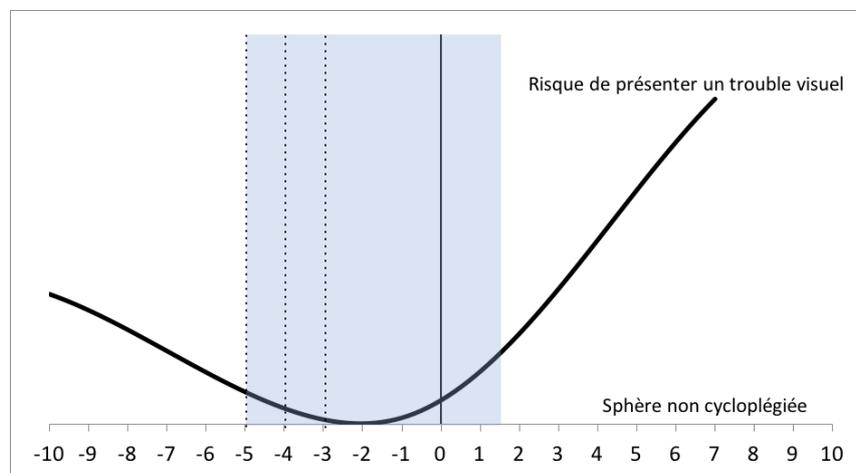


Figure 13 Représentation schématique du risque d'avoir un trouble visuel en fonction des valeurs que peut prendre la sphère non cycloplégée mesurée au Retinomax®. En abscisse, les valeurs de la sphère lors du dépistage. La zone grisée représente les valeurs considérées comme normales, il existe 3 seuils négatifs selon l'âge. En ordonnées, la représentation du risque de facteur amblyogène.

Outils du dépistage

Le dépistage visuel nécessite d'être combiné, associant tests subjectifs et objectifs : comme nous l'avons montré dans notre étude, c'est le seul moyen de dépister les facteurs amblyogènes à la fois réfractifs et oculomoteurs. Chacun est responsable d'une possible amblyopie qui ne serait pas dépistée par un test purement objectif ou subjectif. Or dans la littérature, la plupart des études dépistant les troubles visuels à l'âge préverbal sont basés sur des tests subjectifs comportementaux ou sur une réfractométrie non cycloplégée objective. En effet, l'association de ces tests entraîne une diminution de la spécificité avec un taux d'enfants reconvoqués élevé, et beaucoup de faux positifs qui se surajoutent à des consultations spécialisées déjà bien surchargées. Il est donc nécessaire d'affiner nos outils du dépistage : en évaluant l'apport de chaque test subjectif clinique : sa faisabilité, sa pertinence

et en définissant des seuils de réfractométrie prédisant au mieux la réfraction cycloplégée. L'évaluation des tests subjectifs de notre dépistage rencontre la difficulté du manque d'expérience des examinateurs. En effet, l'organisation du dépistage en crèche entraîne une rotation des étudiants orthoptistes chaque semaine. Leur courbe d'apprentissage est trop courte pour permettre une manipulation efficace des tests subjectifs, et de nombreux tests sont conclu comme non réalisables. Ces tests non réalisables entraînent la convocation de l'enfant en consultation car le dépistage ne peut pas conclure à un examen normal. Pour l'évaluation statistique du dépistage on considère ces tests comme anormaux, pourtant la signification propre du test n'est pas la même entre non réalisable et anormal. De même la réfractométrie non cycloplégée mesurée dans notre étude provoque de nombreux faux-positifs par un taux important de reconvoctions. Certains programmes basés sur un dépistage réfractif retrouvent un taux de positivité du dépistage au réfractomètre moins important(34), pouvant être expliqué par une meilleure efficacité des examinateurs qui sont toujours les mêmes. Le changement du réfractomètre pour un vidéoréfractomètre a permis de diminuer de 10% le taux d'enfants dépistés positifs (632/1308 soit 48% pour le rétinomax et 476/1299 soit 37% au plusoptix). Les études publiées retrouvent une sensibilité équivalente pour les 2 appareils à une spécificité fixée à 90% (68% pour le Retinomax[®] (28) et 60% pour le Plusoptix[®] (18)). Chaque appareil présente des avantages et des inconvénients propres à leur utilisation, on ne peut donc pas ce jour conclure à la supériorité d'un appareil par rapport à l'autre.

Acteurs du dépistage

L'invariabilité des examinateurs semble être un paramètre important pour améliorer l'efficacité du dépistage. En effet, une courbe d'apprentissage s'applique à plusieurs niveaux lors de notre programme de dépistage : dans l'organisation et la réalisation des tests, et dans la décision à prendre à l'issue du dépistage de chaque enfant. En dépend la conclusion du test mais également la possibilité d'évaluer notre programme. Dans l'organisation du déroulement du dépistage pour chaque enfant, la rapidité d'exécution des tests permet d'améliorer la coopération de l'enfant. Un examen trop long fait perdre son attention en quelques minutes, d'autant plus que l'enfant est jeune. La faisabilité des tests est donc d'autant meilleure que l'examineur est rapide. De même la réfractométrie, qui a pour objectif de stimuler au minimum l'accommodation de l'enfant sera plus fiable si elle est réalisée par un examinateur entraîné. Concernant la conclusion du dépistage, un examinateur inexpérimenté sera mis en difficulté dès lors qu'un enfant ne sera pas coopérant pour l'examen et sera alors référé pour

un examen ophtalmologique. Le nombre de conclusions « non réalisable » dans notre étude montre la difficulté de réaliser tous les tests sur un même enfant. Il existe donc un intérêt :

- À diminuer le nombre de tests du dépistage s'ils sont redondants, ou n'apportent pas d'information pertinente pour limiter le temps d'examen aux tests les plus pertinents
- Mais également à une invariance des examinateurs qui permet l'expérience nécessaire pour améliorer la fiabilité des examens.

Il est également indispensable de réaliser une collecte fiable et constante des informations recueillies pour chaque enfant afin de permettre une analyse et une évaluation correcte du programme de dépistage.

Le dépistage des troubles visuels peut être réalisé par un personnel plus ou moins qualifié. Dans les pays anglo-saxons, il s'agit d'orthoptistes. En Suède ce sont des infirmières spécialisées. Aux Etats-Unis, ce sont des pédiatres, des généralistes ou des optométristes ou encore des volontaires dans le cadre des dépistages de photoscreening (associé à une analyse en télémédecine des images par des experts)(13). Certains tests de dépistage peuvent être réalisés par du personnel non qualifié avec une formation minimale (tests stéréoscopiques, réfractométrie non cycloplégée automatisée portable, vidéo/photoréfraction). D'autres tests nécessitent du personnel qualifié et entraîné comme le test à l'écran et le biprisme. Dans notre étude le taux important de non-faisabilité du biprisme (13%) entraîne une difficulté d'analyse statistique car il existe trop peu d'enfant ayant un test anormal et un examen final. La corrélation ne peut donc être démontrée statistiquement. Dans le programme de dépistage à l'âge verbal réalisé dans le nord de la France organisé par l'APESAL (association de prévention et d'éducation sanitaire d'actions locales), le test au biprisme a été abandonné en raison de nombreux cas « douteux ». En Belgique, le biprisme est considéré comme un bon test de dépistage, mais il est utilisé par du personnel qualifié.

En France, il n'existe pas de campagne nationale pour le dépistage des troubles visuels chez l'enfant. En 2002, l'ANAES (nouvellement HAS) éditait un rapport intitulé « Dépistage précoce des troubles de la fonction visuelle chez l'enfant pour prévenir l'amblyopie »(17). Il recommandait de pratiquer systématiquement un bilan visuel aux trois âges suivants : à la naissance, entre 9 et 15 mois, et entre 2 ans et demi et 4 ans (après l'acquisition de la parole). En présence d'une anomalie lors de ce dépistage, l'enfant devrait être adressé à une consultation spécialisée d'ophtalmopédiatrie. A ce jour, le dépistage visuel en France repose donc sur les programmes de surveillance générale de la santé de la population. Ils sont réalisés par les infirmier(e)s, les pédiatres, et les médecins généralistes à travers les examens

obligatoires du nouveau-né et du nourrisson, le suivi des enfants et les examens de la médecine scolaire. Néanmoins, ce personnel soignant ne reçoit pas de formation spécifique, elle serait pourtant indispensable. Les programmes spécifiques de dépistage des déficits visuels en Europe recommandent un personnel qualifié, même si cela augmente le coût du dépistage. En effet un dépistage visuel réalisé par des orthoptistes en comparaison avec un dépistage réalisé par les médecins généralistes semble permettre un meilleur repérage de l'amblyopie et des facteurs amblyogènes(36–38), et une diminution plus importante de la prévalence de l'amblyopie après dépistage de masse(39).

Les parents sont en général très favorables au dépistage visuel de leur enfant, étant donné l'absence de iatrogénie des tests utilisés. Dans notre étude, le nombre de refus du dépistage était estimé à 1 enfant par crèche, soit environ 2% par année, dans la littérature il est en général inférieur à 1% (7,40). Si les parents sont en général enthousiastes pour l'examen de dépistage, le taux de consultation suite à un dépistage positif est bien plus faible. Au cours de l'année 2012-2013, le taux de consultation était de 41% après une recherche exhaustive chez les ophtalmologistes de la ville de Nantes (avec un délai de 12 mois après le dernier examen de dépistage). Pour l'année 2014-2015, le taux est estimé à 30% mais deux éléments sont à prendre en compte : l'ensemble des ophtalmologistes libéraux de la ville n'ont pu être contactés par manque de temps, et il existe une diminution au fil des années du nombre de feuilles de conclusion renvoyées par les médecins libéraux à la mairie de Nantes ; le recueil des données ne peut donc pas être considéré comme exhaustif. De plus, 66 enfants étaient déjà suivis en ophtalmologie avant le dépistage. Bois retrouvait en 2009 lors d'un dépistage sur une population similaire 47.8% de consultation après dépistage positif(33). La plupart des dépistages visuels publiés sont réalisés au sein d'une cohorte d'enfants déjà constituée et suivie, ou sont réalisés au décours d'une consultation hospitalière. On rencontre donc moins cette difficulté dans la littérature. Néanmoins, Tjiam a étudié en 2011 les déterminants et les conséquences d'une absence de consultation post-dépistage positif(41). Ils rapportent le chiffre de 77% de consultation après dépistage positif. Les motifs qui font obstacle à la consultation post dépistage positif peuvent être le refus ou désintéressement des parents, la mauvaise compréhension de la conclusion du dépistage (avec parfois un problème d'illettrisme et/ou de mauvaise connaissance de la langue française), ou la difficulté de trouver un rendez-vous chez un ophtalmologiste. L'étude de ces facteurs nécessite une exploration complémentaire, en recontactant les parents n'ayant pas consulté, qui permettrait d'augmenter ultérieurement l'efficacité du dépistage.

Rôle social du dépistage

Si un certain nombre d'enfants déjà suivis en ophtalmologie ne bénéficient pas réellement du dépistage visuel, il s'agit d'une minorité (environ 5% dans notre étude). Le dépistage des troubles visuels permet à une population socialement défavorisée d'accéder à un bilan visuel de leur enfant, avec à l'issue d'un dépistage anormal une consultation d'ophtalmologie. Le rendez-vous était parfois pris à la demande des parents par les responsables de la crèche, notamment pour les parents maîtrisant mal la langue française. La difficulté à la prise de rendez-vous pour certaines familles peut décourager un examen, qui semble d'autant moins important devant le caractère non manifeste de la plupart des troubles visuels chez l'enfant. Il est incontestable que ce programme de dépistage a facilité à un certain nombre d'enfants l'accès aux soins. De plus, conscient de la difficulté à obtenir un rendez-vous en ophtalmologie et des délais importants, le service d'ophtalmologie du CHU de Nantes a permis aux familles d'obtenir un rendez-vous dans les 15 jours suite à un examen de dépistage anormal.

Coût du dépistage et intérêt socioéconomique

Le coût de notre programme de dépistage n'est pas précisément établi. De plus, il est très difficile d'évaluer l'impact économique des stratégies de dépistage et de traitement précoce des troubles visuels en raison du manque d'études. Dans une étude de 2002, König retrouve un coût du dépistage préverbal en crèche de 50 euros par enfant en incluant toutes les étapes (y compris la consultation spécialisée si nécessaire), le matériel et le personnel(40). Ce coût est néanmoins à considérer au vu du coût de la consultation spécialisée en Allemagne (36,40€). Concernant le dépistage organisé par l'APESAL dans le département du Nord, le coût unitaire par enfant a été évalué à 12,50€ (il s'agit d'un orthoptiste qui se déplace dans les écoles maternelles). De plus afin d'évaluer précisément le coût mais également l'efficacité d'une campagne de dépistage, il est nécessaire de disposer des données de façon exhaustive concernant l'étape de dépistage et la consultation post-dépistage. Une telle évaluation est très difficile à réaliser de façon rétrospective en raison d'une perte d'informations importante. Le bénéfice économique d'un dépistage visuel est donc difficile à établir, mais l'impact sur la qualité de vie a été étudié par des échelles qui la mesurent. Le strabisme altère la qualité de vie psychosociale de l'adulte, et l'amblyopie altèrerait chez l'enfant certaines performances visuomotrices. L'altération de la qualité de vie serait plus liée au traitement de l'amblyopie qu'à la pathologie(42), ce qui plaide pour un traitement précoce préscolaire. L'amblyopie strabique altère les performances d'habileté motrice fine chez l'enfant(43–45).

Continuité d'action

Dans les principes énoncés du dépistage d'une maladie, il est précisé qu'il faut « assurer la continuité d'action dans la recherche des cas et non la considérer comme une opération exécutée une fois pour toute »(35). Les enfants qui sont dépistés positifs sont encouragés à consulter, parfois les parents sont accompagnés à leur demande pour la prise de rendez-vous par le personnel de la crèche ou par le médecin de la mairie. Mais il n'existe pas réellement de contrôle de l'existence d'une consultation ophtalmologique en cas de dépistage positif. Un enfant dépisté positif sera potentiellement dépisté à nouveau les années suivantes tant qu'il est accueilli en crèche, la réalisation d'un dépistage antérieur n'étant pas un critère d'exclusion du dépistage. On peut ainsi espérer que le rôle du dépistage sera renforcé.

7. Perspectives

7.1. Perspectives pratiques

7.1.1. Etape du dépistage

Certaines améliorations seront proposées :

- Une meilleure formation sera faite aux étudiants orthoptistes qui réalisent le dépistage. La pérennisation de l'équipe de dépistage n'est pas envisageable étant donnée l'organisation actuelle du dépistage, celui-ci étant réalisé par des étudiants qui ne peuvent pas rester sur ce même poste d'activité pendant 8 mois. Aussi, une formation plus complète leur sera proposée avec un cours sur le dépistage et les critères précis devant amener à référer l'enfant. Ainsi, nous espérons éviter toute variation inter-examineur.
- Le test au biprisme nécessite une réflexion quant à son maintien dans l'examen de dépistage. En effet s'il est contributif lorsqu'il est utilisé par des examinateurs qualifiés, sa difficulté d'utilisation par les étudiants le rend souvent difficilement interprétable.
- La base de donnée sera améliorée afin de proposer des listes déroulantes de choix pour chaque enfant dépisté. Ainsi le recueil des données sera amélioré, et standardisé. Pour chaque test de dépistage l'examineur choisira entre des réponses déjà proposées, ce qui permet d'éviter les tests non contributifs par réponse ambiguë.

- La conclusion du dépistage sera automatiquement incrémentée suite aux informations rentrées sur chaque test, ainsi il n'y aura pas d'interprétation possible quant à la conclusion à transmettre.
- La base de données contenant les conclusions pour chaque enfant sera transmise aux puéricultrices des crèches. Ainsi elles pourront assurer une transmission orale de l'information aux parents, certaines familles n'ayant pas compris la conclusion transmise sur l'imprimé remis pour chaque enfant. De plus cela permettra au personnel de la crèche d'inciter les parents dont les enfants sont dépistés positifs à réaliser la consultation ophtalmologique de contrôle.

7.1.2. Consultation post-dépistage

- Il est difficile pour les familles d'obtenir un rendez-vous en ophtalmologie chez les praticiens libéraux, dans un contexte de dépistage positif qui peut être anxiogène pour les parents. Il semble nécessaire de maintenir la possibilité d'obtenir un rendez-vous rapide au CHU de Nantes.
- La meilleure transmission des résultats du dépistage aux puéricultrices des crèches et aux responsables de la mairie permettra de suivre pour chaque famille la réalisation de la consultation de contrôle si celle-ci est nécessaire.
- Lors du contrôle ophtalmologique, on constate que 6% des enfants revus (11/178) n'ont pas eu de cycloplégie ou de prescription de cycloplégiant, ce qui signifie qu'ils n'ont pas eu d'examen du fond d'œil dilaté. On peut espérer néanmoins qu'ils ont bénéficié d'une photographie du fond d'œil, certains appareils permettent désormais d'accéder à un examen du fond d'œil sans dilatation pupillaire (rétinographie non mydriatique). 94% des enfants ont néanmoins eu une cycloplégie, taux important car ils ont été examinés la plupart dans un centre de référence d'ophtalmopédiatrie. On rappelle que seuls le cyclopentolate et l'atropine sont considérés comme cycloplégiants forts permettant de s'affranchir au mieux de l'accommodation physiologique (46–49).

7.2. Perspectives de recherche

Un projet de recherche est actuellement en cours d'obtention de financement. Il s'agit d'un suivi de cohorte issue de trois années de fonctionnement du dépistage visuel. L'organisation d'un poste d'attaché de recherche clinique dédié permettra le suivi de chaque enfant avec un contrôle de son état visuel à l'âge de 5 et 7 ans. Ainsi, nous pourrons connaître la prévalence

de l'amblyopie chez ces enfants ayant bénéficié d'un dépistage visuel précoce, et nous pourrions évaluer précisément et de façon prospective notre programme de dépistage visuel préverbal ; et proposer les ajustements nécessaires.

8. Conclusion

Les troubles visuels de l'enfant méritent un diagnostic précoce afin de permettre leur traitement et leur suivi avant la fin de la période sensible. Le caractère latent de la plupart de ces troubles justifie leur dépistage. Il n'existe pas de consensus concernant l'âge et le type de dépistage idéal. Nous pensons qu'un dépistage précoce facilite le traitement des troubles diagnostiqués, et que le dépistage doit combiner des tests objectifs et subjectifs afin de ne pas ignorer une partie des facteurs amblyogènes. Ainsi, un dépistage visuel précoce et combiné organisé à grande échelle permettrait de repérer les facteurs amblyogènes avant même qu'ils ne soient à l'origine d'une amblyopie, nous plaçant alors dans une stratégie de prévention primaire. L'application à la population générale permet de faciliter l'accès aux soins d'une partie de la population la moins favorisée, pour qui la consultation d'ophtalmologie ne fait pas partie du suivi médical essentiel. Néanmoins pour atteindre un tel objectif, le support de tous les participants est indispensable, chacun doit être convaincu de l'utilité de la campagne de dépistage. Les tests doivent être compris, étudiés, et évalués pour permettre de trouver le meilleur compromis entre sensibilité et spécificité. Les évaluations du dépistage en place sont donc indispensables, et une étude prospective permettrait de compléter ce travail et de s'affranchir de ses principaux biais. Ainsi, nous espérons qu'un dépistage efficace et généralisé des troubles visuels de l'enfant pourrait permettre de diminuer encore la prévalence de l'amblyopie.

BIBLIOGRAPHIE

1. Holmes JM, Clarke MP. Amblyopia. *Lancet*. 2006 Apr 22;367(9519):1343–51.
2. Hubel DH, Wiesel TN. The period of susceptibility to the physiological effects of unilateral eye closure in kittens. *J Physiol*. 1970 Feb;206(2):419–36.
3. von Noorden GK, Crawford ML. The sensitive period. *Trans Ophthalmol Soc U K*. 1979;99(3):442–6.
4. Keech RV, Kutschke PJ. Upper age limit for the development of amblyopia. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 1995 Apr;32(2):89–93.
5. Torp-Pedersen T, Boyd HA, Poulsen G, Haargaard B, Wohlfahrt J, Holmes JM, et al. Perinatal risk factors for strabismus. *Int J Epidemiol*. 2010 Oct;39(5):1229–39.
6. Pai AS-I, Rose KA, Leone JF, Sharbini S, Burlutsky G, Varma R, et al. Amblyopia prevalence and risk factors in Australian preschool children. *Ophthalmology*. 2012 Jan;119(1):138–44.
7. Groenewoud JH, Tjiam AM, Lantau VK, Hoogeveen WC, de Faber JTHN, Juttmann RE, et al. Rotterdam AMblyopia screening effectiveness study: detection and causes of amblyopia in a large birth cohort. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2010 Jul;51(7):3476–84.
8. Holmes JM, Lazar EL, Melia BM, Astle WF, Dagi LR, Donahue SP, et al. Effect of age on response to amblyopia treatment in children. *Arch Ophthalmol*. 2011 Nov;129(11):1451–7.
9. Hrisos S, Clarke MP, Kelly T, Henderson J, Wright CM. Unilateral visual impairment and neurodevelopmental performance in preschool children. *Br J Ophthalmol*. 2006 Jul;90(7):836–8.
10. Webber AL, Wood JM, Gole GA, Brown B. The effect of amblyopia on fine motor skills in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2008 Feb;49(2):594–603.
11. Suttle CM, Melmoth DR, Finlay AL, Sloper JJ, Grant S. Eye-hand coordination skills in children with and without amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011 Mar;52(3):1851–64.
12. Ohlsson J, Sjöstrand J. Preschool Vision Screening: Is It Worthwhile? In: *Essentials in Ophthalmology* [Internet]. Springer Berlin Heidelberg. 2006. p. 19–36. (Pediatric Ophthalmology, Neuro-Ophthalmology, Genetics). Available from: http://dx.doi.org/10.1007/3-540-31220-X_2
13. Péchereau A, Denis D, Speeg-Schatz C. *Strabisme*. Masson; 2013.
14. Attebo K, Mitchell P, Cumming R, Smith W, Jolly N, Sparkes R. Prevalence and causes of amblyopia in an adult population. *Ophthalmology*. 1998 Jan;105(1):154–9.
15. Friedman DS, Repka MX, Katz J, Giordano L, Ibrionke J, Hawse P, et al. Prevalence of amblyopia and strabismus in white and African American children aged 6 through 71

- months the Baltimore Pediatric Eye Disease Study. *Ophthalmology*. 2009 Nov;116(11):2128–34.e1–2.
16. Von Noorden G, Campos E. Binocular vision and ocular motility. 2002.
 17. Dépistage précoce des troubles de la fonction visuelle chez l'enfant pour prévenir l'amblyopie. 2002.
 18. The Vision in Preschoolers Study Group. Comparison of preschool vision screening tests as administered by licensed eye care professionals in the vision in preschoolers study. *Ophthalmology*. 2004 Apr;111(4):637–50.
 19. Lim HT, Yu YS, Park S-H, Ahn H, Kim S, Lee M, et al. The Seoul Metropolitan Preschool Vision Screening Programme: results from South Korea. *Br J Ophthalmol*. 2004 Jul;88(7):929–33.
 20. Cordonnier M. Dépistage. In: *Strabisme*. Elsevier. 2013.
 21. Vision in Preschoolers (VIP) Study Group. Effect of age using Lea Symbols or HOTV for preschool vision screening. *Optom Vis Sci Off Publ Am Acad Optom*. 2010 Feb;87(2):87–95.
 22. Köhler L, Stigmar G. Visual disorders in 7-year-old children with and without previous vision screening. *Acta Paediatr Scand*. 1978 May;67(3):373–7.
 23. Frantz KA, Cotter SA, Wick B. Re-evaluation of the four prism diopter base-out test. *Optom Vis Sci Off Publ Am Acad Optom*. 1992 Oct;69(10):777–86.
 24. Lança C. Expert opinion on best practice guidelines and competency framework for visual screening in children. *Strabismus*. 2013 Sep;21(3):169–74.
 25. Roth A, Péchereau A, Gomez A. *La réfraction de l'œil : du diagnostic à l'équipement optique*. Paris, France: Elsevier; 2007. 396 p. (Atlas en ophtalmologie).
 26. Singman E, Matta N, Tian J, Silbert D. A comparison of referral criteria used by the plusoptiX photoscreener. *Strabismus*. 2013 Sep;21(3):190–4.
 27. Matta NS, Singman EL, Silbert DI. Performance of the Plusoptix vision screener for the detection of amblyopia risk factors in children. *J AAPOS*. 2008 Oct;12(5):490–2.
 28. Ying G, Maguire M, Quinn G, Kulp MT, Cyert L. ROC analysis of the accuracy of Noncycloplegic retinoscopy, Retinomax Autorefractor, and SureSight Vision Screener for preschool vision screening. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011 Dec;52(13):9658–64.
 29. Silbert DI, Matta NS, Burkholder D, Gehman A, Fenwick J. Clinical accuracy of the AAPOS pediatric vision screening referral criteria. *J AAPOS Off Publ Am Assoc Pediatr Ophthalmol Strabismus Am Assoc Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2012 Aug;16(4):361–4.
 30. Cordonnier M, Dramaix M. Screening for refractive errors in children: accuracy of the hand held refractor Retinomax to screen for astigmatism. *Br J Ophthalmol*. 1999 Feb;83(2):157–61.

31. Schmucker C, Grosselfinger R, Riemsma R, Antes G, Lange S, Lagrèze W, et al. Effectiveness of screening preschool children for amblyopia: a systematic review. *BMC Ophthalmol.* 2009;9:3.
32. de Koning HJ, Groenewoud JH, Lantau VK, Tjiam AM, Hoogeveen WC, de Faber JTHN, et al. Effectiveness of screening for amblyopia and other eye disorders in a prospective birth cohort study. *J Med Screen.* 2013 Jun;20(2):66–72.
33. Bois C, Binot MC, Jonqua F, Mouret MF, Guillemot G, Bremond-Gignac D. [Early visual screening appears essential to detect complete amblyopia risk and to treat strabismus earlier]. *J Fr Ophtalmol.* 2009 Nov;32(9):629–39.
34. Cordonnier M, Kallay O. Non-cycloplegic screening for refractive errors in children with the hand-held autorefractor Retinomax: final results and comparison with non-cycloplegic photoscreening. *Strabismus.* 2001 Jun;9(2):59–70.
35. Wilson JM, Jungner YG. [Principles and practice of mass screening for disease]. *Bol Oficina Sanit Panam.* 1968 Oct;65(4):281–393.
36. Fathy VC, Elton PJ. Orthoptic screening for three- and four-year-olds. *Public Health.* 1993 Jan;107(1):19–23.
37. Bray LC, Clarke MP, Jarvis SN, Francis PM, Colver A. Preschool vision screening: a prospective comparative evaluation. *Eye Lond.* 1996;10 (Pt 6):714–8.
38. Atkinson J, Braddick O, Robier B, Anker S, Ehrlich D, King J, et al. Two infant vision screening programmes: prediction and prevention of strabismus and amblyopia from photo- and videorefractive screening. *Eye Lond.* 1996;10 (Pt 2):189–98.
39. Williams C, Northstone K, Harrad RA, Sparrow JM, Harvey I. Amblyopia treatment outcomes after preschool screening v school entry screening: observational data from a prospective cohort study. *Br J Ophthalmol.* 2003 Aug;87(8):988–93.
40. König H-H, Barry J-C, Leidl R, Zrenner E. Economic evaluation of orthoptic screening: results of a field study in 121 German kindergartens. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2002 Oct;43(10):3209–15.
41. Tjiam AM, Groenewoud JH, Passchier J, Loudon SE, De Graaf M, Hoogeveen WC, et al. Determinants and outcome of unsuccessful referral after positive screening in a large birth-cohort study of population-based vision screening. *J AAPOS.* 2011 Jun;15(3):256–62.
42. Carlton J, Kaltenthaler E. Amblyopia and quality of life: a systematic review. *Eye Lond.* 2011 Apr;25(4):403–13.
43. Suttle CM, Melmoth DR, Finlay AL, Sloper JJ, Grant S. Eye-hand coordination skills in children with and without amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011 Mar;52(3):1851–64.
44. Webber AL, Wood JM, Gole GA, Brown B. The effect of amblyopia on fine motor skills in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008 Feb;49(2):594–603.

45. Hrisos S, Clarke MP, Kelly T, Henderson J, Wright CM. Unilateral visual impairment and neurodevelopmental performance in preschool children. *Br J Ophthalmol*. 2006 Jul;90(7):836–8.
46. Rosenbaum AL, Bateman JB, Bremer DL, Liu PY. Cycloplegic refraction in esotropic children. Cyclopentolate versus atropine. *Ophthalmology*. 1981 Oct;88(10):1031–4.
47. Celebi S, Aykan U. The comparison of cyclopentolate and atropine in patients with refractive accommodative esotropia by means of retinoscopy, autorefractometry and biometric lens thickness. *Acta Ophthalmol Scand*. 1999 Aug;77(4):426–9.
48. Réfraction Enfant : cycloplégie, atropine, cyclopentolate (Skiacol), homatropine, tropicamide [Internet]. [cited 2016 Aug 4]. Available from: http://www.larefraction.net/Documents/Ref-Enfant/RefEnft_Cycloplegie/RefEnft_Cycloplegie.html
49. Manny RE, Hussein M, Scheiman M, Kurtz D, Niemann K, Zinzer K, et al. Tropicamide (1%): an effective cycloplegic agent for myopic children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2001 Jul;42(8):1728–35.

ANNEXES

Annexe 1. Notice d'information aux parents

Annexe 2. Recueil des antécédents familiaux et individuels de l'enfant

Annexe 3. Autorisation parentale

Annexe 4. Feuille de recueil du dépistage visuel

Annexe 5. Information transmise aux parents suite au dépistage

Annexe 6. Récépissé de déclaration de la base de données à la CNIL

Annexe 1. Notice d'information aux parents



A l'attention des familles

Nantes, le *date*

Madame, Monsieur,

La Direction de la Petite Enfance de la ville de Nantes, en partenariat avec le service d'ophtalmologie du Centre Hospitalier Universitaire et l'école d'orthoptie (Université de Nantes), souhaite proposer aux familles une campagne de prévention des troubles visuels chez les enfants fréquentant les multi-accueils municipaux. Elle se déroulera de novembre 2014 à mai 2015.

En effet, les troubles visuels chez le très jeune enfant sont rarement dépistés avant l'âge verbal. Or certaines anomalies passées inaperçues peuvent avoir des conséquences sur le développement de l'enfant.

Une autorisation parentale est demandée pour cet examen externe. Les résultats seront adressés à chaque famille par courrier.

Si nécessaire, vous pourrez prendre rendez-vous chez votre ophtalmologiste habituel, ou l'ophtalmologiste de votre choix, ou à la consultation du service d'ophtalmologie du CHU (lundi au jeudi - de 9 heures à 17 heures – tel : 02 40 08 36 07).

Le médecin référent des multi-accueils, la puéricultrice et le responsable d'établissement se tiennent à votre disposition pour toutes informations complémentaires :

Docteur Robalo : 06

Je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de ma considération distinguée.

Catherine CHOQUET

Un de ses frères ou sœurs a-t-il un strabisme ? : oui, non, ne sait
pas

Un de ses frères ou sœurs porte-t-il des lunettes : oui, non, ne sait
pas

Si la réponse précédente est oui et si vous possédez le carton concernant les verres que vous a remis l'opticien, pourriez-vous écrire ci-dessous les chiffres de ce carton :

OD :.....

OG :.....

Un de ses frères ou sœurs voit-il moins bien d'un de ses deux yeux même avec le port de lunettes ? : oui, non, ne sait
pas

L'équipe de prévention des troubles visuels

Annexe 3. Autorisation parentale

AUTORISATION PARENTALE
DÉPISTAGE DES TROUBLES DE LA VISION
MULTI-ACCUEILS PETITE ENFANCE

Je soussigné, M

Je soussignée, Mme

Parents de l'enfant (Nom Prénom) :

- Autorisons l'examen ophtalmologique de notre enfant
- Autorisons la prise de photo des yeux de notre enfant afin de rechercher un strabisme
- Refusons l'examen ophtalmologique de notre enfant

Fait à Nantes, le :

Signature des deux parents :

Annexe 4. Feuille de recueil du dépistage visuel

Action de prévention des troubles visuels chez l'enfant
Mairie de Nantes – Université de Nantes – CHR de Nantes

Nom :

Prénom :

Date de naissance :

Date d'examen :

Numéro de dossier :

Numéro de dossier : année de naissance (deux derniers chiffres), mois de naissance, jour de naissance, trois première lettre du nom, trois première lettre du prénom, tiret bas, année d'examen (deux derniers chiffres), mois d'examen, jour d'examen

Exemple : Matthieu Coyne né le 01/11/2011 et examiné le 01/12/2012 : 111101CoyMat_121201

Crèche :

1. Fixation

Nystagmus : oui, non, incertitude

Strabisme : oui, non, incertitude

2. Le cover-test (strabisme) : normal, incertain, pathologique

3. Motilité oculaire : normal, incertain, pathologique

4. Réaction à l'épreuve d'occlusion

OD (occlusion OG) : normale, incertaine, pathologique

OG (occlusion OD) : normale, incertaine, pathologique

5. Epreuve de Bruckner (reflet pupillaire) : normal, incertain, pathologique

6. Le bi-prisme de Gracis : normal, incertain, pathologique

7. Rétinomax

OD :

OG :

8. Photographie : ODG Odf OGf

Commentaires :

Annexe 5. Information transmise aux parents suite au dépistage

Action de prévention des troubles visuels chez l'enfant
Mairie de Nantes – Université de Nantes – CHR de Nantes

Madame, Monsieur,

Suite à votre accord, votre enfant
Nom & Prénom

a été vu dans une action de prévention des troubles visuels le :
à la crèche :

L'examen a été : Facile – Difficile – Très difficile / Complet – Incomplet
De ce fait sa valeur peut être considérée comme : bonne, incertaine, mauvaise.
Les paramètres suivants ont été étudiés :

- Le test du reflet pupillaire : bon, incertain, mauvais
- La fixation (acuité visuelle) : bonne, incertaine, mauvaise
- La réaction à l'épreuve d'occlusion (acuité visuelle)
 - OD (occlusion OG) : bonne, incertaine, mauvaise
 - OG (occlusion OD) : bonne, incertaine, mauvaise
- Le cover-test (strabisme) : bon, incertain, mauvais
- Le test de la lueur pupillaire : bon, incertain, mauvais
- La réfraction automatique sans cycloplégique (défaut optique) :
 - OD : bon, incertain, mauvais
 - OG : bon, incertain, mauvais

Conclusions pratiques de cette évaluation :

- Un examen par un ophtalmologiste doit être réalisé rapidement (A)
- Un examen par un ophtalmologiste doit être réalisé (B)
- Sauf apparition d'éléments nouveaux, la surveillance prévue par la réglementation semble suffisante (carnet de santé, PMI, médecine scolaire et médecin généraliste) (C).

NB. Un examen ne peut être considéré comme normal qu'à la suite d'un examen ophtalmologique complet. Cette réponse ne peut pas être donnée par une action de prévention.

Si nécessaire, vous pouvez prendre rendez-vous chez votre ophtalmologiste habituel, ou l'ophtalmologiste de votre choix, ou à la consultation du service d'ophtalmologie du CHU (lundi au jeudi - de 9 heures à 17 heures – tel : 02 40 08 36 07).

L'équipe de prévention des troubles visuels

Annexe 6. Récépissé de déclaration de la base de données à la CNIL



RÉCÉPISSÉ

DÉCLARATION NORMALE

Numéro de déclaration

1729435 v 0

du 19-12-2013

Madame ORDUREAU Aline
CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE
NANTES - site HOTEL DIEU
DEPARTEMENT PROMOTION DE LA DIRECTION
DE LA RECHERCHE
1 PLACE ALEXIS RICORDEAU
44093 NANTES

A LIRE IMPERATIVEMENT

La délivrance de ce récépissé atteste que vous avez effectué une déclaration de votre traitement à la CNIL et que votre dossier est formellement complet. Vous pouvez mettre en œuvre votre traitement. Cependant, la CNIL peut à tout moment vérifier, par courrier ou par la voie d'un contrôle sur place, que ce traitement respecte l'ensemble des dispositions de la loi du 6 janvier 1978 modifiée en 2004. En tout état de cause, vous êtes tenu de respecter les obligations prévues par la loi et notamment :

- 1) La définition et le respect de la finalité du traitement,
- 2) La pertinence des données traitées,
- 3) La conservation pendant une durée limitée des données,
- 4) La sécurité et la confidentialité des données,
- 5) Le respect des droits des intéressés : information sur leur droit d'accès, de rectification et d'opposition.

Organisme déclarant

Nom : CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE NANTES - site
HOTEL DIEU

Service : DEPARTEMENT PROMOTION DE LA DIRECTION DE LA
RECHERCHE

Adresse : 1 PLACE ALEXIS RICORDEAU

Code postal : 44093

Ville : NANTES

N° SIREN ou SIRET :

264400136 00018

Code NAF ou APE :

8610Z

Tél. : 02 40 41 29 03

Fax. : 02 40 20 18 67

Traitement déclaré

Finalité : ANALYSE DE LA PREVALENCE DES TROUBLES VISUELS DE L'ENFANT AGE DE 6 MOIS A 3 ANS DANS
L'AGGLOMERATION NANTAISE PAR L'ANALYSE DES DONNEES D'UN PROGRAMME DE PREVENTION DES TROUBLES
VISUELS EN MULTI-ACCUEILS DANS LES CRECHES DE LA VILLE DE NANTES

Fait à Paris, le 19 décembre 2013
Par délégation de la commission

Isabelle FALQUE PIERROTIN
Présidente

Vu, le Président du Jury,
(tampon et signature)

Vu, le Directeur de Thèse,
(tampon et signature)

Vu, le Doyen de la Faculté,
(tampon et signature)

NOM : ZAMORA épouse BLÉRIOT

PRENOM : ALICE

**DÉPISTAGE PRÉVERBAL DES TROUBLES VISUELS DE L'ENFANT :
NÉCESSITÉ DE COMBINER TESTS OBJECTIFS ET SUBJECTIFS.
ANALYSE RÉTROSPECTIVE DE 2 ANNÉES DE LA CAMPAGNE DE DÉPISTAGE
VISUEL MENÉE AU SEIN DES CRÈCHES MUNICIPALES DE LA VILLE DE NANTES**

RESUME

L'amblyopie correspond à une baisse de vision qui nécessite une prise en charge précoce chez l'enfant afin de ne pas devenir irrémédiable. Si son dépistage précoce est souhaitable, aucun dépistage national n'est organisé. À Nantes, il existe un dépistage préverbal de l'amblyopie réalisé dans les crèches municipales de la ville depuis 2012. Notre étude a pour objectif l'évaluation rétrospective de 2 années non consécutives de ce dépistage. Nos résultats montrent qu'une combinaison de tests est nécessaire pour ne pas méconnaître des situations pouvant entraîner une amblyopie, mais la multiplication des tests augmente le nombre d'enfants dépistés positifs. Le dépistage réalisé a permis de diagnostiquer sur deux années 117 troubles visuels chez l'enfant de moins de 3 ans.

MOTS-CLES

Amblyopie, dépistage visuel, déficits visuels, amétropie, strabisme