

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Oran 1, Ahmed Ben Bella

Institut des Sciences et Techniques Appliquées

Projet de Fin d'Etudes

Présenté par :

BOUNAB Nihad

MAHIEDDINE Hiba

En vue de l'obtention du diplôme de

Master Professionnel

Spécialité : Optométrie

Thème :

« Prévalence de l'insuffisance de convergence chez les enfants
d'âge scolaire »

Soutenu le 21 juin 2026 devant le jury composé de :

Pr KAIL Fatiha	Institut des Sciences et Techniques Appliquées	Présidente
Université d'Oran 1		
Dr HABANI Sawssen	Institut des Sciences et Techniques Appliquées	Examinatrice
Université d'Oran 1		
Dr BOULEZAZEN Assia	Institut des Sciences et Techniques Appliquées	Encadreur
Université d'Oran 1		

Année universitaire 2025-2026

Remerciement

Tout d'abord, ce travail n'aurait pu voir le jour sans l'aide précieuse et l'encadrement de Madame Boulezazene. Nous lui adressons nos sincères remerciements pour la qualité exceptionnelle de son accompagnement, sa rigueur scientifique, sa disponibilité et ses précieux conseils tout au long de la préparation de ce mémoire.

Nous remercions également Pr Kail d'avoir accepté de présider le jury de soutenance, ainsi que **Dr HABANI** d'avoir accepté d'examiner notre travail. Nous sommes profondément honorées de l'intérêt qu'ils portent à cette étude et du temps qu'ils consacrent à son évaluation.

Nos remerciements s'adressent également à l'ensemble de nos professeurs et enseignants qui nous ont accompagnées tout au long de notre cursus universitaire. Grâce à leurs enseignements, leur expérience et leur expertise, nous avons pu acquérir les connaissances et les compétences nécessaires à notre formation en optométrie. Leur patience et leur générosité ont grandement contribué à notre réussite académique.

Nous exprimons aussi notre profonde gratitude à toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire. Nous remercions particulièrement l'optométriste Khouane Leila ainsi que l'ophtalmologiste Dr Aboukodaier pour leur accueil chaleureux, leur disponibilité et leur compréhension.

Nous tenons également à remercier chaleureusement nos familles, nos amis et tous nos proches pour leur soutien moral, leurs encouragements et leur confiance tout au long de ce parcours.

Enfin, nous adressons notre sincère reconnaissance à tous les patients ayant accepté de participer à cette étude. Leur collaboration, leur disponibilité et leur patience ont été essentielles à la réalisation de ce travail.

À toutes celles et à tous ceux qui ont contribué, directement ou indirectement, à l'aboutissement de ce mémoire, nous adressons nos plus vifs remerciements.

Dédicace

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail...

À mon cher père, *Ton soutien indéfectible, ta sagesse et tes encouragements constants ont été pour moi une véritable source d'inspiration. Que ce travail soit le reflet de toute ma gratitude et de mon profond respect.*

A ma chère mère *Je te remercie pour tous le soutien et l'amour que tu me portes depuis mon enfance et pour les sacrifices que tu as consentie pour mon bien être. Ce modeste travail est le fruit de ton innombrable sacrifices. Repose ton cœur, enfin ta petite fille a réalisé ton rêve*

À mes frères Salah Eddine, Abderrezzak et au petit Sohaib, *Merci pour votre présence rassurante et votre soutien sincère, toujours discrets mais profondément réconfortants.*

À mon très cher ami Omar, *Merci pour ton soutien moral durant les moments difficiles. Ta confiance en moi m'a donné la force et la motivation nécessaires pour poursuivre ce parcours et atteindre mes objectifs.*

À mes meilleure amies Meriem et Marwa, *Votre écoute, vos conseils et votre présence durant les périodes les plus exigeantes de ce parcours ont été d'un soutien précieux. Je vous en suis profondément reconnaissante.*

À ma binôme et amie Hiba, *Merci de m'avoir accompagné pour y réussir dans cette phase de notre vie*

À toute ma famille, *Pour l'amour, la chaleur et les valeurs que vous m'avez transmis, je vous dédie une part de cette réussite.*

Dédicace

À mon père et à ma mère,

Les piliers de ma vie, qui ont toujours cru en moi, m'ont soutenue sans relâche et m'ont donné la force d'avancer malgré les difficultés. Ce travail est le fruit de leurs sacrifices et de leur amour inconditionnel.

À mes sœurs Zineb, Khadîdja et Yasmin, ainsi qu'à mon frère Amine,

Pour leur présence précieuse, leur tendresse et leurs encouragements qui m'ont accompagnée à chaque étape de mon parcours.

À mes beaux-frères Mehdi, Abdenour et Abdesslem,

Pour leur gentillesse, leur respect et leur soutien discret mais sincère, que j'ai toujours profondément apprécié.

À mes neveux et nièces, Mohamed, Amin, Hania et Yaakoub,

Qui apportent tant de joie et de lumière dans ma vie. Leur innocence, leurs sourires et leur énergie rendent chaque moment plus beau, et je leur souhaite tout le bonheur du monde.

À mes amies Meroua, Meriem, Malek et Kheira,

Pour leur présence sincère, leur soutien sans faille et tous les moments précieux partagés ensemble. Votre amitié est un véritable trésor qui m'accompagne à chaque étape de ma vie.

À mon binôme et amie Nihad,

Pour sa patience, son sérieux et sa belle énergie tout au long de ce travail. Travailler à ses côtés a rendu ce parcours plus simple et plus agréable.

Résumé

La vision binoculaire est la capacité des deux yeux à fonctionner de manière coordonnée afin de produire une image unique, nette et stable. Son dysfonctionnement peut entraîner plusieurs anomalies tel que l'insuffisance de convergence.

L'insuffisance de convergence est un trouble fréquent de la vision binoculaire caractérisé par une difficulté à maintenir une convergence adéquate lors des activités en vision de près. Elle peut entraîner divers symptômes tels que la fatigue visuelle, les céphalées, la vision floue, la diplopie et les difficultés de lecture, pouvant ainsi affecter le confort visuel et les performances scolaires des enfants.

Ce travail a pour objectif d'étudier l'insuffisance de convergence chez les enfants scolarisés et d'évaluer sa prévalence au sein de la population étudiée. La partie théorique présente les bases de la vision binoculaire, les mécanismes de la convergence, les critères diagnostiques de l'insuffisance de convergence ainsi que ses principales modalités de prise en charge. Une revue de la littérature a également permis de comparer les résultats des différentes études publiées.

La partie pratique a porté sur 86 enfants âgés de 5 à 15 ans ayant bénéficié d'un examen optométrique complet comprenant l'évaluation du point proche de convergence, des phories et des réserves fusionnelles positives. Les résultats obtenus soulignent l'importance du dépistage précoce de cette anomalie afin d'assurer une prise en charge adaptée et d'améliorer le confort visuel des enfants et de limiter les répercussions sur les activités scolaires et la qualité de vie.

Tableau des figures

Figure 1: La vision binoculaire et le champ visuel [4].....	1
Figure 2: Développement de la vision binoculaire chez l'enfant [6]	4
Figure 3: Mécanisme de convergence oculaire en vision de près [8]	6
Figure 4: La correspondance rétinienne anormale [2].....	9
Figure 5 l'insuffisance de convergence [9].....	11
Figure 6 le point proche de convergence [3].....	17
Figure 7 : mesure des réserves fusionnelles positives[2]	17
Figure 8 fiche d'examen clinique	34
Figure 10: Cover test	35
Figure 11 : L'autoréfractomètre	36
Figure 14: Lunette et boîte d'essai.....	36
Figure 12: Test d'acuité visuelle.....	36
Figure 13: Le réfracteur.....	36
Figure 17 : les barres de prisme	38
Figure 15: Verre strié de Maddox et filtre rouge	38
Figure 16 : mesure de la phorie	38
Figure 18: mesure la phorie par le réfracteur	39
Figure 19 : Prévalence de l'insuffisance de convergence chez les enfants	42
Figure 20: Répartition de l'insuffisance de convergence selon le nombre de signes cliniques	43
Figure 21 : Répartition de l'insuffisance de convergence selon le sexe	43
Figure 22 : Répartition de l'IC selon PPC.....	44
Figure 23 : Répartition de l'insuffisance de convergence selon RFP	45
Figure 24 : Répartition de l'insuffisance de convergence selon la phorie de près.....	45
Figure 25 : Répartition de l'insuffisance de convergence selon la réfraction	46
Figure 26: l'utilisation des écrans chez les enfants.	46
Figure 27 evaluation de l'ic selon l'utilisation des ecrans	47

Sommaire

Introduction	
--------------------	--

Partie théorique

Chapitre I: La vision binoculaire

I.1	La définition de la vision binoculaire.....	1
I.2	Vision binoculaire normale et anormale	2
I.2.1	Vision binoculaire normale.....	2
I.2.2	Vision binoculaire anormale	2
I.3	Développement de la vision binoculaire chez l'enfant	2
I.4	La fusion sensorielle et la fusion motrice	4
I.4.1	La fusion sensorielle	4
I.3.1	La fusion motrice	5
I.5	Disparité rétinienne	5
I.6	La convergence :	6
I.6.1	Les différents types de convergence	6
I.6.2	Caractéristiques de la convergence	7
I.6.3	Rôle de la convergence	7
I.7	Troubles de la vision binoculaire	8
I.7.1	Troubles de l'alignement oculaire.....	8
I.7.2	Les troubles de la fusion (Sensoriel)	9
I.7.3	Les troubles de la convergence et de l'accommodation	10
I.8	CONCLUSION	10

Chapitre II : L'insuffisance de convergence

II.1	Définition	11
II.2	Les différents types d'insuffisance de convergence	12
	Insuffisance de convergence isolée	12

Pseudo-insuffisance de convergence	12
Insuffisance de convergence associée à un trouble accommodatif	12
II.3 Hétérophories et leur relation avec l'insuffisance de convergence	13
II.3.1 Définition de hétérophories	13
II.3.2 Relation entre hétérophories et IC	13
II.4 Étiologie de l'insuffisance de convergence.....	14
➤ Antécédents de strabisme	14
➤ Insuffisance de stimulation binoculaire	15
➤ Présence d'une phorie verticale	15
Altération de l'état général	15
Paralysie de la convergence	15
II.5 Critères diagnostiques de IC	16
II.5.1 Le Point Proche de Convergence (PPC)	16
II.5.2 Les Amplitudes de Fusion en Convergence	17
II.5.3 L'Exophorie de près	18
II.6 Signes de l'insuffisance de convergence.....	18
II.7 Prise en charge de IC	19

Chapitre III: La prévalence de l'insuffisance de convergence

III.1 Les méthodes et les critères diagnostiques de l'IC utilisés dans chaque étude.....	21
III.1.1 Point Proche de Convergence (PPC)	21
III.1.2 Les réserves fusionnelles positives (RFP)	22
III.1.3 Hétérophorie	22
III.2.1 Prévalence de l'insuffisance de convergence en milieu scolaire et chez les adolescents :.....	25
III.2.2 Prévalence de l'insuffisance de convergence chez les étudiants universitaires et jeunes adultes.....	26

III.2.3	Prévalence de l'insuffisance de convergence dans les populations générales et cliniques	26
III.3	Discussion	29
Partie Pratique		
I.	Introduction.....	31
II.	Objectif de l'étude	31
III.	Protocol d'étude	32
III.1	Lieu et période de l'étude	32
III.2	Population étudiée	32
III.3	Critères d'inclusion.....	32
III.4	Critères d'exclusion	32
IV.	Matériel et méthode.....	33
IV.1	Anamnèse	33
IV.2	Examens préliminaires.....	34
IV.2.1	Test de Hirschberg	34
IV.2.2	Cover test.....	34
IV.3	Examen de réfraction	35
IV.3.1	Objective	35
IV.3.2	Subjective.....	36
IV.4	Examen de la vergence	37
IV.4.	Mesure du Point Proche de Convergence (PPC)	37
IV.4.2	Mesure des phories de loin et de près	38
IV.4.3	Mesure des Réserves Fusionnelles Positives (RFP).....	39
IIV.	Résultats	42
IIIV.	Discussion	47
VI.	Conclusion.....	51

Conclusion générale	52
---------------------------	----

Introduction générale

La vision binoculaire constitue l'un des fondements essentiels de la fonction visuelle. Elle permet aux deux yeux de travailler de manière coordonnée afin de produire une image unique, nette et en relief. Cette capacité repose sur l'intégration harmonieuse de plusieurs mécanismes sensoriels et moteurs, notamment la fusion, l'accommodation et la convergence. Lorsque ces mécanismes fonctionnent correctement, ils assurent un confort visuel optimal et permettent la réalisation efficace des activités quotidiennes nécessitant une vision de près ou de loin. Parmi les troubles de la vision binoculaire, l'insuffisance de convergence (IC) représente l'une des anomalies les plus fréquentes.

L'insuffisance de convergence (IC), décrite pour la première fois par Von Graefe en 1855 et précisée ultérieurement par Duane, est un trouble fréquent de la vision binoculaire. Elle provoque une asthénopie musculaire et une gêne oculaire, et revêt donc une importance clinique considérable. Evans a défini l'IC comme une affection caractérisée par l'incapacité d'obtenir ou de maintenir une convergence suffisante pour une vision binoculaire confortable de près.[1]

L'IC peut entraîner de nombreux symptômes tels que la fatigue visuelle, les céphalées, la vision floue ou double, ainsi que des difficultés de concentration lors des tâches de près. Chez l'enfant d'âge scolaire, ces manifestations peuvent affecter les performances académiques et le confort visuel, en particulier lors de la lecture, de l'écriture et de l'utilisation prolongée des écrans numériques.

Dans ce contexte, notre travail a pour objectif d'évaluer la prévalence de l'insuffisance de convergence chez une population d'enfants scolarisés et d'étudier sa relation avec certains paramètres de la vision binoculaire ainsi qu'avec les habitudes de travail en vision de près, notamment l'utilisation des écrans.

Pour répondre à ces objectifs, ce mémoire est organisé en une partie théorique comprenant trois chapitres consacrés à la vision binoculaire, à l'insuffisance de convergence et aux données de la littérature relatives à sa prévalence, suivie d'une partie pratique présentant la méthodologie de l'étude, les résultats obtenus, leur discussion et les principales conclusions.

Partie Théorique

Chapitre I

La vision binoculaire chez l'enfant est une image nette et unique et son développement indispensable à une vision confortable. Chaque déséquilibre peut conduire à des troubles. Ce premier chapitre vise donc à présenter les fondements anatomiques, physiologiques et fonctionnels de la vision binoculaire.

I.1 La définition de la vision binoculaire :

La vision binoculaire est la capacité des deux yeux à travailler ensemble en même temps pour voir un objet et à fonctionner de manière coordonnée afin de former une image unique et nette à partir des deux images rétiniennes. Cette capacité repose sur un processus sensoriel complexe aboutissant à l'unicité de l'image formé.

Les deux yeux regardent deux images différentes en raison de leur position spatiale distincte. Ces images sont projetées sur les deux fovéas, Ou le cerveau fusionner ces deux images pour former une seule image claire, stable et en relief offrent une image tridimensionnelle. Donc la vision binoculaire s'agit d'une fusion de deux images fovéales d'un objet en une perception unifiée d'une seule image.

La vision binoculaire réside dans l'amélioration des performances visuelles grâce à l'utilisation simultanée des deux yeux. Elle permet une meilleure acuité visuelle, une perception précise du relief et des distances (stéréopsie), ainsi qu'un élargissement du champ visuel par la superposition des images rétiniennes. Elle contribue également à compenser certaines déficiences visuelles en réduisant l'impact des scotomes et en optimisant la perception spatiale.[2]

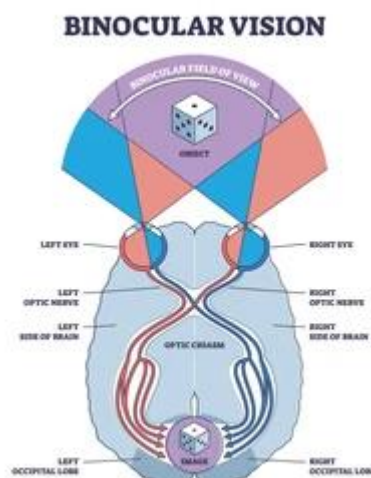


FIGURE 1: LA VISION BINOCULAIRE ET LE CHAMP VISUEL [4]

I.2 Vision binoculaire normale et anormale

I.2.1 Vision binoculaire normale

La vision binoculaire normale correspond à un fonctionnement harmonieux des deux yeux permettant la perception unifiée de l'environnement visuel. Elle repose sur la coordination des systèmes sensoriel et moteur, assurant l'alignement oculaire, la fusion des images rétiniennes et la perception du relief. Elle nécessite une correspondance rétinienne normale et une intégration corticale efficace des deux images. Dans ce cas, les deux yeux fonctionnent comme un système unique, permettant une perception stable, précise et en trois dimensions. La vision binoculaire normale contribue ainsi à la perception de la profondeur, à la localisation spatiale et à une meilleure qualité visuelle globale, notamment dans les activités quotidiennes nécessitant une bonne estimation des distances. [3]

I.2.2 Vision binoculaire anormale

La vision binoculaire est dite anormale lorsqu'il existe une altération de la coordination sensorimotrice entre les deux yeux, empêchant une intégration correcte des deux images. Cette anomalie peut résulter de troubles moteurs, sensoriels ou neuro-visuels. Elle se manifeste généralement par une absence ou une perturbation de la fusion, pouvant entraîner une suppression d'un œil, une diplopie, une correspondance rétinienne anormale ou encore un strabisme. Dans certains cas, ces anomalies empêchent le développement normal de la stéréopsie et altèrent la perception du relief.[4]

Les études montrent également que toute perturbation précoce du système visuel peut empêcher la mise en place d'une vision binoculaire fonctionnelle, entraînant une réduction durable des capacités visuelles binoculaires et une adaptation sensorielle compensatoire.[5]

I.3 Développement de la vision binoculaire chez l'enfant :

Le développement visuel est un processus progressif qui débute à la naissance et se poursuit durant les premières années de vie.

À la naissance : l'acuité visuelle est faible en raison de l'immaturation des photorécepteurs rétiniens et des voies visuelles centrales. Les mouvements oculaires sont encore mal coordonnés et les réponses binoculaires sont limitées.

Entre 1 et 2 mois : durant cette période :

- La fixation devient plus stable.
- Les mouvements conjugués s'améliorent.
- Les vergences commencent à apparaître mais restent de faible amplitude.

L'enfant commence à coordonner légèrement les deux yeux, mais la binocularité reste fragile.

Entre 2 et 3 mois

- La convergence devient plus précise.
- L'accommodation apparaît progressivement.
- La fusion sensorielle débute.
- La coordination œil-tête s'améliore.
- Le contact visuel devient plus soutenu.

À ce stade, le système visuel commence à fonctionner de manière plus intégrée.

Entre 4 et 6 mois : Cette période est considérée comme fondamentale pour l'installation de la vision binoculaire.

- La symétrisation du réflexe optocinétique.
- L'apparition de la stéréopsie (vision du relief).
- La mise en place de la synergie accommodation–convergence–myosis.
- Une amélioration significative de la coordination œil-main.
- Un affinement de la discrimination chromatique.

À partir d'un an

- Le champ visuel binoculaire s'élargit considérablement.
- L'acuité visuelle progresse grâce à la maturation fovéolaire.
- La stéréoscopie devient plus fine.

La vision binoculaire continue à se perfectionner jusqu'à environ 6–8 ans [6].



FIGURE 2: DEVELOPPEMENT DE LA VISION BINOCULAIRE CHEZ L'ENFANT [6]

I.4 La fusion sensorielle et la fusion motrice :

La fusion est un processus sensori-moteur global : la composante motrice soutient la sensorielle pour une vision binoculaire efficace et stéréoscopique. Des déficits dans l'une ou l'autre affecte la binocularité.

I.4.1 La fusion sensorielle :

La fusion sensorielle est un processus neurologique qui se déroule principalement dans le cortex visuel du cerveau. Elle consiste à combiner les deux images légèrement différentes captées par chaque œil pour n'en former qu'une seule perception claire et stable. Comme les yeux sont espacés de quelques centimètres, chacun voit l'objet sous un angle légèrement différent. Le cerveau reçoit ces deux images et les superpose, créant ainsi une vision unifiée. Cette intégration est possible grâce à la correspondance des points rétinien, où chaque point d'un œil est associé à un point précis de l'autre œil. Le résultat de cette fusion est la vision stéréoscopique, qui permet de percevoir le relief et la profondeur des objets dans l'espace.

En cas de défaillance de la fusion sensorielle, plusieurs troubles peuvent apparaître :

- Diplopie : vision double, lorsque le cerveau n'arrive pas à fusionner les images.
- Neutralisation : le cerveau ignore l'image d'un œil pour éviter la confusion visuelle.
- À long terme, une absence persistante peut contribuer à des anomalies comme l'amblyopie ou le strabisme[7], [8].

I.3.1 La fusion motrice : « L'alignement »

La fusion motrice correspond à la capacité des yeux à s'aligner physiquement afin de permettre la fusion sensorielle. Il s'agit d'un mécanisme oculomoteur qui dépend des muscles oculomoteurs, lesquels déplacent les globes oculaires pour que chaque image soit projetée sur la fovéa des deux yeux. Le cerveau envoie des commandes aux muscles oculomoteurs pour effectuer des mouvements de convergence ou de divergence. Ces ajustements permettent de maintenir les images des deux yeux sur les points réiniens correspondants, garantissant ainsi une fusion sensorielle efficace.

Le but principal de la fusion motrice est de maintenir un alignement précis des yeux malgré les mouvements de la tête ou le déplacement de l'objet observé. Elle permet de diriger simultanément les fovéas des deux yeux sur le même point de fixation, ce qui prévient la vision double et assure une vision confortable. L'amplitude de fusion définit l'étendue dans laquelle les yeux peuvent s'ajuster pour maintenir cet alignement. Sur le plan clinique, l'évaluation de la fusion motrice est essentielle pour diagnostiquer les déséquilibres oculomoteurs[9], [10].

I.5 Disparité rétinienne

La disparité binoculaire correspond aux différences subtiles entre les images reçues par les deux yeux et constitue un indice essentiel pour percevoir la profondeur des objets dans notre environnement. On distingue principalement deux types de disparité :

Disparité rétinienne horizontale :

Correspondent aux différences entre les images des deux yeux dans le plan horizontal. Elles permettent la vision stéréoscopique et la perception fine des reliefs et des volumes. On distingue deux types de disparité horizontale, relative et absolue.

La disparité absolue : qui correspond à la distance rétinienne des objets par rapport au point de fixation actuel de l'observateur.

La disparité relative : est donnée par la différence des projections angulaires réiniennes, indépendamment du point de fixation et des mouvements oculaires.

Disparité rétinienne verticale :

La disparité verticale intervient également dans la perception de la profondeur. Elle résulte de la différence de taille de l'image d'un objet situé en périphérie du champ visuel sur les deux rétines. L'œil le plus proche perçoit une image légèrement plus grande[11], [12].

I.6 La convergence :

La convergence est un mécanisme de vergence essentiel dans la vision binoculaire, elle s'agit de diriger simultanément les axes visuels vers un objet proche ou l'image se forme sur les points correspondants rétinienne pour avoir une image nette, stable et précis[13].

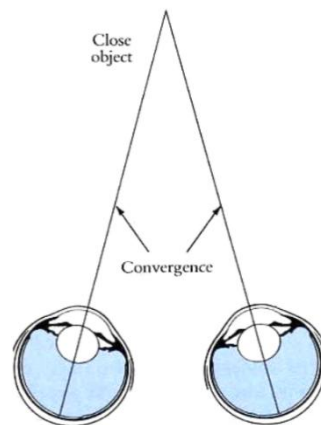


FIGURE 3: MECANISME DE CONVERGENCE OCULAIRE EN VISION DE PRES [8]

I.6.1 Les différents types de convergence

La convergence ne correspond pas à un processus unique, mais plutôt à un ensemble de mécanismes complémentaires. On distingue généralement quatre formes principales :

- **La convergence tonique** : elle reflète l'état de tonus de base des muscles oculaires. Cette forme est particulièrement marquée durant la première année de vie, puis elle diminue progressivement avec le temps. Un déséquilibre à ce niveau peut entraîner l'apparition de phories, c'est-à-dire des déviations latentes des axes visuels.
- **La convergence fusionnelle** : elle intervient en soutien de la convergence tonique. Grâce au mécanisme de fusion sensorielle, elle permet de maintenir l'alignement des yeux lors de la vision binoculaire. En absence de cette capacité de fusion, une phorie peut évoluer vers une tropie fixe

- **La convergence accommodative** : elle est étroitement liée au processus d'accommodation. Elle se déclenche lors de l'effort accommodatif, notamment lors du passage de la vision de loin à la vision de près, et inversement.
- **La convergence proximale** : elle dépend de la perception de la distance d'un objet. Même si son rôle dans les mouvements de vergence reste limité, elle peut néanmoins participer au déclenchement de spasmes de convergence indépendants de l'accommodation[14].

I.6.2 Caractéristiques de la convergence

La convergence possède plusieurs caractéristiques qui illustrent la complexité de son fonctionnement :

- **Une composante volontaire** : chez un sujet sain, il est possible d'initier volontairement la convergence à tout moment. Toutefois, ce mécanisme reste difficile à maintenir sur une longue durée, car il sollicite fortement le système visuel et peut rapidement entraîner une fatigue oculaire.
- **Une composante involontaire (réflexe)** : lors des activités en vision de près, la convergence s'active de manière automatique, sans contrôle conscient. L'individu adapte spontanément l'orientation de ses yeux en fonction de la distance d'observation. Avec la répétition quotidienne des passages entre vision de près et de loin, ce processus devient totalement inconscient.
- **Un mouvement relativement lent** : les vergences, dont fait partie la convergence, figurent parmi les mouvements les plus lents du système oculomoteur. Leur vitesse est inférieure à celle des autres types de mouvements oculaires.
- **Une relation étroite avec l'accommodation** : la convergence est intimement liée à l'accommodation. Ces deux mécanismes fonctionnent en synergie et sont difficilement dissociables. Ainsi, toute sollicitation de la convergence s'accompagne généralement d'un effort accommodatif [15].

I.6.3 Rôle de la convergence :

La convergence joue un rôle essentiel dans le maintien de la projection des images sur la fovéa lors de la vision de près. Une altération de ce mécanisme peut se traduire par une gêne visuelle chez le patient. Cependant, elle n'intervient pas seule dans les activités de près. La netteté de

l'image dépend également de l'accommodation, processus assuré par la contraction des muscles ciliaires. Le pouvoir accommodatif varie en fonction de la distance de l'objet observé et peut être estimé par la relation suivante : P_{acco} (en dioptries) = $1 / \text{distance}$ (en mètres)

Ainsi, un objet situé à 1 mètre nécessite une accommodation de 1 dioptrie, tandis qu'un objet placé à 0,33 mètre requiert environ 3 dioptries.

La convergence et l'accommodation fonctionnent en étroite interaction, formant un couple indissociable appelé synergie convergence-accommodation. Cette coordination est indispensable pour assurer une perception correcte des objets en vision intermédiaire et rapprochée.

Dans ce contexte, la convergence comporte une composante accommodative, mise en évidence à travers le rapport AC/A, introduit par Donders. Ce rapport permet d'évaluer la variation de la convergence accommodative en fonction de l'effort accommodatif. Il est particulièrement utile dans l'étude des strabismes accommodatifs.

Un rapport AC/A est considéré comme normal lorsqu'il est proche de 5. Une valeur supérieure traduit un excès de convergence, tandis qu'une valeur inférieure indique une insuffisance de convergence. Il est important, lors de son évaluation, de prendre en compte l'état moteur oculaire du patient. En effet, la présence d'une ésochorie ou d'une ésoptropie en vision de près tend à augmenter ce rapport, alors qu'une exophorie ou une exotropie est généralement associée à une diminution de celui-ci. Ainsi, l'analyse du rapport AC/A constitue un outil pertinent pour apprécier l'efficacité de la composante accommodative de la convergence[16].

I.7 Troubles de la vision binoculaire :

Les troubles de la vision binoculaire regroupent l'ensemble des anomalies affectant l'alignement oculaire, la fusion des images et la coordination des yeux.

I.7.1 Troubles de l'alignement oculaire

➤ Troubles latents (hétérophories) :

L'hétérophorie est un strabisme latent (déviation non permanente) des axes visuels, qui apparaît uniquement lorsque la vision binoculaire est dissociée.

➤ Troubles manifestes (strabismes) :

Le strabisme est un défaut d'alignement oculaire (strabisme manifeste ou tropie) où les axes visuels ne sont pas parallèles.

Le strabisme concomitant :

Il se caractérise par une motilité oculaire normale et un angle de déviation constant dans toutes les directions du regard, indépendamment de l'œil fixateur.

Le strabisme incomitant :

Il est associé à une limitation de la motilité oculaire, avec un angle de déviation variable selon la direction du regard, ainsi qu'une différence entre la déviation primaire et secondaire [16]

I.7.2 Les troubles de la fusion (Sensoriel)

Ces troubles sont liés à une anomalie du traitement des images par le cerveau.

- **Neutralisation (suppression) :**

Le cerveau inhibe l'image provenant d'un œil afin d'éviter la diplopie ou la confusion. Ce mécanisme peut conduire à une amblyopie.

- **Diplopie :**

Il s'agit d'une vision double due à l'incapacité du cerveau à fusionner les deux images. Elle survient fréquemment lors d'une paralysie oculomotrice.

Correspondance rétinienne anormale (CRA) :

Le cerveau s'adapte au strabisme en établissant une correspondance anormale entre les deux rétines. Cette adaptation permet une forme de vision binoculaire, mais de qualité réduite.

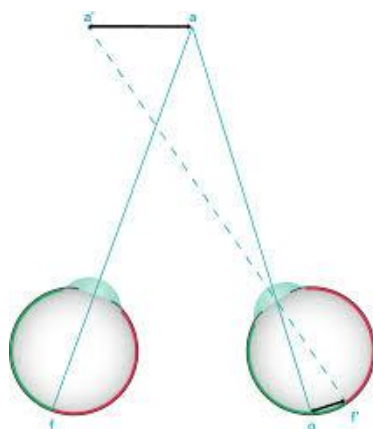


FIGURE 4: LA CORRESPONDANCE RETINIENNE ANORMALE [2]

I.7.3 Les troubles de la convergence et de l'accommodation

Ces anomalies sont très fréquentes avec l'utilisation intensive des écrans.

➤ Troubles de la convergence

- **Insuffisance de convergence :** Les yeux ont du mal à se tourner vers l'intérieur pour regarder un objet de près (lecture, smartphone). Cela cause une fatigue visuelle rapide.
- **Excès de convergence :** Les yeux forcent trop vers l'intérieur, ce qui brouille la vision de loin après un travail prolongé de près.

➤ Troubles de la divergence

- **Insuffisance de divergence :**
Difficulté à maintenir la divergence des yeux pour voir un objet éloigné, pouvant provoquer strabisme latent ou diplopie de loin.
- **Excès de divergence :**
Divergence excessive des yeux lors de la vision de loin, entraînant fatigue visuelle et gêne en vision de loin[17], [18].

I.8 CONCLUSION :

La vision binoculaire est un système complexe qui permet aux deux yeux de fonctionner ensemble afin de produire une image unique, nette et en relief. Elle repose sur l'intégration de plusieurs mécanismes essentiels comme la fusion sensorielle et motrice, l'accommodation et la convergence.

Son développement commence dès la naissance et se perfectionne progressivement durant l'enfance, avec une période critique pour l'installation de la stéréopsie. Toute perturbation de ces mécanismes peut entraîner des troubles de la vision binoculaire tels que le strabisme, la diplopie ou l'insuffisance de convergence.

Ce chapitre a présenté les bases de la vision binoculaire ainsi que ses principaux troubles, notamment l'insuffisance de convergence, qui sera développée dans le chapitre suivant.

Chapitre II

L'insuffisance de convergence, décrite pour la première fois en 1855 par Von Graefe puis approfondie par Duane, est un trouble de la vision binoculaire caractérisé par une convergence oculaire insuffisante[19].

Elle se manifeste par une incapacité à atteindre ou maintenir une vision binoculaire simple, nette et confortable lors des activités de près. Dans ce chapitre, nous aborderons l'insuffisance de convergence et son impact sur la vision binoculaire.

II.1 Définition :

L'insuffisance de convergence est une anomalie fonctionnelle ou un trouble de la vision binoculaire qui difficulté la convergence oculaire nécessaire liée au fonctionnement du système oculomoteur, plutôt qu'une déviation de repos des yeux, elle affecte la capacité des deux yeux à se tourner vers l'intérieur pour effectuer des tâches nécessitant une vision de près, Cela la distingue clairement des hétérophories (exophories), qui représentent des déviations latentes des axes visuels, compensées en permanence par le mécanisme de fusion et ne traduisant pas directement une incapacité fonctionnelle, elle provoque une vision floue ou diplopie lors l'utilisation de la vision de près comme l'écriture et l'utilisation des écrans.

L'insuffisance de convergence se caractérise par une réduction de l'amplitude de fusion en convergence. Autrement dit, le système visuel ne parvient pas à mobiliser suffisamment la convergence pour maintenir les axes visuels correctement alignés lors de l'observation d'objets proches. Cette limitation entraîne un effort oculaire accru, qui peut se traduire par une fatigue rapide, une difficulté à fixer les objets de près, voire l'impossibilité de maintenir une fixation stable[20].

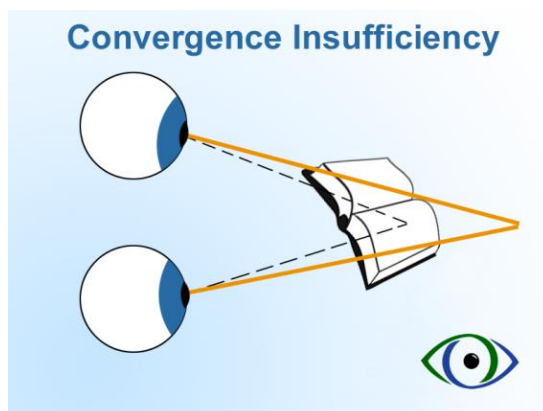


FIGURE 5 L'INSUFFISANCE DE CONVERGENCE [9]

II.2 Les différents types d'insuffisance de convergence

➤ Insuffisance de convergence isolée :

L'insuffisance de convergence est une anomalie relativement fréquente, caractérisée par une difficulté à obtenir ou à maintenir une convergence suffisante pour assurer une vision binoculaire confortable en vision de près. Elle ne correspond pas strictement à une hétérophorie, mais plutôt à un trouble de la convergence elle-même.

➤ Pseudo-insuffisance de convergence :

La pseudo-insuffisance de convergence présente des signes cliniques similaires à ceux de l'insuffisance de convergence, notamment un point proche de convergence (PPC) reculé et/ou une exophorie importante en vision de près. Elle s'accompagne cependant d'une insuffisance accommodative, avec une amplitude d'accommodation diminuée et un retard accommodatif augmenté. Le rapport AC/A peut paraître faible, en raison d'une faible stimulation accommodative lors de l'évaluation de la phorie de près, ce qui entraîne une réduction de la convergence accommodative.

Un élément diagnostique essentiel est l'amélioration du PPC après introduction d'une addition convexe. Cette amélioration s'explique par une meilleure mise au point optique, favorisant une stimulation plus efficace de la fusion binoculaire. Ainsi, la pseudo-insuffisance de convergence correspond en réalité à une insuffisance accommodative masquant un tableau d'IC. Elle disparaît avec une correction par addition convexe. La prise en charge repose donc essentiellement sur le traitement de l'insuffisance accommodative.

➤ Insuffisance de convergence associée à un trouble accommodatif :

Dans ce dysfonctionnement, l'insuffisance de convergence est associée à une atteinte accommodative concomitante. Contrairement à la pseudo-insuffisance de convergence, l'ajout d'une addition convexe ne permet pas d'améliorer significativement les signes cliniques.

L'étiologie de ce syndrome reste incertaine. Sur le plan thérapeutique, ces cas sont souvent plus résistants à la rééducation visuelle. La prise en charge initiale repose généralement sur une correction optique associant une addition convexe et, dans certains cas, des prismes à base interne. Par la suite, une diminution progressive des aides optiques peut être envisagée, avec

introduction éventuelle d'un entraînement visuel. L'évolution est variable et peut parfois se faire spontanément après une période allant de plusieurs mois à plusieurs années [21].

II.3 Hétérophories et leur relation avec l'insuffisance de convergence

II.3.1 Définition de hétérophories :

Une hétérophorie correspond à une déviation oculaire latente, maintenue sous contrôle grâce au mécanisme de fusion binoculaire. Ce phénomène est fréquent et considéré comme physiologique dans la majorité des cas, puisqu'il concerne une grande partie de la population. À l'inverse, l'orthophorie stricte, caractérisée par l'absence totale de déviation même après dissociation, reste relativement rare.

Les hétérophories se distinguent selon la direction de la déviation :

- L'ésophorie : déviation horizontale dirigée vers l'intérieur,
- L'exophorie : déviation horizontale vers l'extérieur,
- L'hyperphorie : déviation verticale vers le haut,
- L'hypophorie : déviation verticale vers le bas
- La cyclophorie : déviation rotatoire.

Les hétérophories, lorsqu'elles sont minimales, sont souvent bien compensées grâce à une fusion de bonne qualité. Lorsqu'elles sont plus importantes, les hétérophories tendent à se décompenser, amenant ainsi des troubles fonctionnels proches de ceux de l'IC.

II.3.2 Relation entre hétérophories et IC :

L'insuffisance de convergence (IC) est une forme d'hétérophorie, spécifiquement une exophorie qui devient symptomatique principalement lors du travail de près.

Elle se caractérise par une incapacité à maintenir une convergence oculaire confortable, provoquant fatigue, maux de tête et vision double.

Ainsi, toujours d'après le Professeur Hugonnier, le sujet peut être orthoporique et être atteint d'insuffisance de convergence ; à l'inverse, le sujet peut avoir une hétérophorie et ne pas souffrir d'IC. Néanmoins, il existe un lien fort entre les troubles de la convergence et certaines hétérophories peuvent être à l'origine d'IC et lui sont souvent associées, en particulier les exophories[22], [23].

II.4 Étiologie de l'insuffisance de convergence

➤ Utilisation prolongée des écrans :

L'utilisation prolongée des écrans (ordinateur, smartphone, tablette) est associée à une augmentation des symptômes liés à l'insuffisance de convergence. Le travail prolongé en vision de près sollicite fortement le système accommodatif et vergentiel, ce qui peut entraîner une fatigue oculomotrice, une diminution de la réserve de convergence et une décompensation des mécanismes binoculaires[16].

➤ Diminution de la convergence accommodative :

Une réduction de l'effort accommodatif peut entraîner une diminution de la convergence accommodative, participant ainsi au développement d'une insuffisance de convergence.

Cette situation peut être observée chez les myopes non corrigés en vision de près, chez les presbytes correctement corrigés pour la vision rapprochée ou encore chez les patients présentant une hypermétropie absolue. Un faible rapport AC/A peut également favoriser ce trouble.

➤ Facteurs anatomiques :

Certains facteurs anatomiques peuvent prédisposer à une insuffisance de convergence. Un écart interpupillaire important augmente la demande de convergence en vision de près, ce qui peut rendre le maintien de la fusion plus difficile. De plus, une position de repos oculaire naturellement divergente pourrait constituer un facteur contributif.

➤ Facteurs développementaux :

Selon certains auteurs, notamment Sir Stewart Duke-Elder, un retard dans le développement de la convergence pourrait être l'une des causes les plus fréquentes de cette anomalie. La convergence, fonction binoculaire acquise relativement tardivement au cours du développement, serait plus vulnérable aux effets du stress et de la fatigue.

➤ Antécédents de strabisme :

Les patients ayant présenté un strabisme durant l'enfance, qu'il soit convergent ou divergent, présentent un risque plus élevé d'insuffisance de convergence. Cette association pourrait s'expliquer par une fonction binoculaire fragilisée ou incomplètement développée.

➤ **Insuffisance de stimulation binoculaire :**

Toute situation limitant la stimulation de la vision binoculaire peut favoriser l'apparition d'une insuffisance de convergence. Cela inclut notamment l'anisométrie non corrigée, la correction en monovision, le travail monoculaire prolongé (comme l'utilisation d'un microscope), l'amblyopie ou encore certaines pathologies oculaires.

➤ **Présence d'une phorie verticale :**

Une phorie verticale non compensée peut perturber l'équilibre oculomoteur et favoriser l'apparition d'une insuffisance de convergence, en augmentant l'effort nécessaire au maintien de la fusion binoculaire.

➤ **Altération de l'état général :**

Certaines affections systémiques peuvent contribuer à l'apparition ou à l'aggravation d'une insuffisance de convergence. Parmi elles figurent les maladies générales entraînant une fatigue importante, ainsi que certaines pathologies spécifiques telles que le diabète, l'hyperthyroïdie, les affections ORL chroniques, l'alcoolisme ou certaines intoxications.

➤ **Paralysie de la convergence :**

La paralysie de la convergence constitue une forme rare mais sévère, généralement liée à une atteinte neurologique centrale. Elle peut être observée dans certaines pathologies du tronc cérébral, la Sclérose en plaques ou après un traumatisme crânien. Elle se manifeste souvent par une diplopie brutale en vision de près, associée à d'autres signes neurologiques[21].

➤ **Facteurs neuromusculaires et neurologiques :**

L'insuffisance de convergence peut être liée à un dysfonctionnement neuromusculaire affectant la coordination entre les muscles oculaires et les voies nerveuses responsables des mouvements de convergence. Une faiblesse musculaire ou une altération de la transmission nerveuse peut empêcher un alignement correct des yeux en vision de près[24].

II.5 Critères diagnostiques de IC

Le diagnostic de l'insuffisance de convergence repose sur l'association de signes cliniques objectifs et de mesures précises réalisées en orthoptie ou en ophtalmologie. Certains auteurs se basent uniquement sur un point proximal de convergence (PPC) éloigné, tandis que d'autres considèrent nécessaire l'association d'une exophorie de près, d'un PPC reculé et de réserves fusionnelles positives diminuées en vision de près doivent être présente pour diagnostiquer une IC comme Duane le proposait déjà à la fin du 19eme siècle[25].

D'après l'étude de Rouse MW et groupe de CIRS (the convergence insufficiency and reading study) Ils définissent l'insuffisance de convergence comme :

II.5.1 Le Point Proche de Convergence (PPC) :

Le Punctum Proximum de Convergence (PPC) constitue l'un des critères les plus déterminants dans l'évaluation de la convergence oculaire.

Il est défini comme la distance minimale à laquelle un patient est capable de maintenir une vision binoculaire simple et stable, lors du rapprochement progressif d'une cible vers les yeux, sans apparition de diplopie.

Autrement dit, il correspond au point le plus proche de l'œil où la fusion binoculaire reste maintenue, grâce à l'action coordonnée des muscles oculomoteurs responsables de la convergence.

On distingue deux paramètres :

- **Point de bris (break point)** : distance à laquelle le patient perd la fusion binoculaire et perçoit une diplopie ou une déviation oculaire.
- **Point de recouvrement (recovery point)** : distance à laquelle la vision simple est rétablie lors de l'éloignement de la cible.

Critère d'IC : D'après l'étude de Rouse MW et groupe de CIRS chez les enfants présentant une Insuffisance de convergence, le point proche de convergence (PPC) a tendance à s'éloigner lors des mesures répétées, ce qui montre une fatigue du mécanisme de convergence.

Chez l'enfant atteint d'insuffisance de convergence, le PPC éloigné, avec un bris $\geq 7.5\text{cm}$ ou $\geq 10.5\text{cm}$ en recouvrement, lorsqu'il est mesuré à partir du canthus[16], [26].

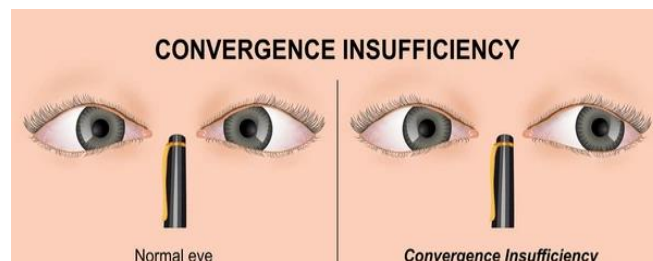


FIGURE 6 LE POINT PROCHE DE CONVERGENCE [3]

II.5.2 Les Amplitudes de Fusion en Convergence :

Aussi appelées les réserves fusionnelles positives (RFP) permettent d'évaluer la capacité du système visuel à augmenter la convergence pour maintenir une vision simple et nette en vision de près. On évalue la capacité des yeux à converger à l'aide de prismes (souvent une barre de prismes) en vision de près (40 cm) et comprennent point de flou, point de bris et point de récupération. Une diminution des RFP traduit une incapacité du système vergentiel à compenser une exophorie de près.

Critère de Sheard

Le critère de Sheard est utilisé pour évaluer l'équilibre entre la phorie et les réserves fusionnelles. Il stipule que pour assurer un confort visuel, l'amplitude des réserves fusionnelles positives doit être au moins deux fois supérieure à la phorie : $RFP \geq 2 \times \text{Phorie}$

Lorsque ce critère n'est pas respecté (critère de Sheard négatif), cela signifie que les réserves fusionnelles sont insuffisantes pour compenser la déviation latente[27].

Critère d'IC : Une diminution des amplitudes de fusion positive. Si le patient ne peut pas compenser plus de 15 dioptries prismatiques en vision de près, l'insuffisance de convergence est marquée[26].



FIGURE 7 : MESURE DES RESERVES FUSIONNELLES POSITIVES[2]

II.5.3 L'Exophorie de près :

L'un des critères fondamentaux de l'insuffisance de convergence est la présence d'une exophorie en vision de près (tendance des yeux à dévier vers l'extérieur lors de la fixation d'un objet rapproché) plus importante qu'en vision de loin, traduisant un déséquilibre du système de vergence.

- **Critère d'IC :** Une exophorie plus importante de près que de loin

Exophorie de près $\geq 4\Delta$ par rapport à la phorie de loin [26], [28], [29].

II.6 Signes de l'insuffisance de convergence

L'insuffisance de convergence se manifeste par un ensemble de symptômes visuels et asthénopiques, principalement lors des activités en vision de près.

Signes Visuels :

- **Vision floue :** Le texte devient flou par intermittence car l'effort pour faire la mise au point (accommodation) est lié à l'effort de convergence.
- **Diplopie (Vision double) :** Les images des deux yeux ne se superposent plus parfaitement. Les lettres semblent se dédoubler ou se chevaucher.
- **Instabilité du texte :** Le patient a l'impression que les lignes "sautent" ou que les mots "bougent" sur la page.

Signes Asthénopiques :

- Fatigue visuelle lors des activités de près (lecture, écrans)
- Inconfort ou douleur oculaire
- Céphalées (maux de tête)
- Vertiges et nausées avec sensation de malaise général après un effort visuel prolongé[30].

II.7 Prise en charge de IC

Un examen ophtalmologique préalable est nécessaire afin d'écarter tout trouble structurel ou toute atteinte des milieux transparents pouvant altérer la qualité de la vision binoculaire.

La prise en charge de l'insuffisance de convergence vise à améliorer la vision de près et à rétablir une bonne coordination entre les deux yeux. Elle repose sur un bilan complet permettant de poser le diagnostic, suivi de la mise en place d'un traitement adapté à chaque patient.

En cas d'insuffisance de convergence, plusieurs options thérapeutiques peuvent être envisagées:

➤ **Correction optique :**

Première étape du traitement, elle permet d'améliorer l'accommodation, la fusion sensorielle et les vergences en corrigeant les amétropies significatives.

➤ **Prismation et chirurgie :**

Les prismes sont utilisés surtout en cas de déviation verticale, tandis que les prismes base interne ont une efficacité limitée. La chirurgie reste indiquée uniquement dans les formes sévères (phories importantes $>30\Delta$) ou aux échecs thérapeutiques.

➤ **Rééducation orthoptique :**

La rééducation orthoptique constitue le traitement de référence, en particulier chez l'enfant. Elle associe des séances réalisées en cabinet à des exercices quotidiens à domicile, dans le but d'améliorer les vergences.

Les exercices sont principalement orientés vers le développement de la convergence proximale et tonique, permettant d'augmenter les amplitudes et la vitesse des vergences.

La rééducation se déroule en trois phases :

- **Initialisation** : compréhension des mécanismes, développement du PPC, normaliser VFP et de l'accommodation.
- **Travail de fond** : normalisation des vergences fusionnelles négatives (VFN) et amélioration de la souplesse des vergences.

- **Consolidation** : intégration de la divergence, des mouvements oculaires (saccades et poursuites) ainsi que des variations accommodatives[19], [28]

Chapitre III

La prévalence de l'insuffisance de convergence (IC) a été largement étudiée dans différentes populations, notamment chez les enfants en âge scolaire et les jeunes adultes, avec des résultats variables selon les études. Ce chapitre se concentrera sur l'analyse des méthodes et des résultats des différentes recherches portant sur la prévalence de l'IC. Il présentera les principaux travaux scientifiques réalisés dans différentes populations, en détaillant pour chaque étude la méthodologie, l'échantillon et les critères diagnostiques utilisés. Les résultats obtenus seront ensuite comparés afin de mettre en évidence les variations de prévalence rapportées dans la littérature.

III.1 Les méthodes et les critères diagnostiques de l'IC utilisés dans chaque étude

L'insuffisance de convergence est diagnostiquée selon différents critères cliniques qui varient légèrement d'une étude à une autre. Les auteurs utilisent principalement une combinaison de signes cliniques tels que la phorie en vision de près, le point proche de convergence (PPC) et la vergence fusionnelle positive, ainsi que les symptômes du patient.

III.1.1 Point Proche de Convergence (PPC) :

Le point proche de convergence (PPC) constitue l'un des critères essentiels dans le diagnostic de l'insuffisance de convergence. Il est mesuré en rapprochant progressivement une cible (par exemple un stylo lumineux ou la règle de RAF Rule, initialement placée à 40 cm sur la ligne médiane) vers le nez du patient jusqu'à l'apparition d'une diplopie ou d'une perte de fixation. Le point de rupture puis le point de récupération sont ensuite notés afin d'évaluer la capacité de convergence [10]. Dans une étude récente, Mitchell Scheiman *et al.* ont montré que la répétition de la mesure du PPC apporte des informations cliniques utiles et recommandent de la répéter environ 10 fois pour une meilleure évaluation [31].

Selon les valeurs rapportées dans des études, un PPC normal se situe généralement entre 8 et 10 cm. Une distance inférieure à 5 cm traduit un excès de convergence, tandis qu'une distance supérieure à 10 cm est considérée comme anormale et suggère une insuffisance de convergence [31].

Pour Scheimann *et al.* ainsi que pour l'étude CITT, le PPC est considéré comme reculé lorsque le point de bris est supérieur ou égal à 6 cm (≥ 6 cm) [19], [32]. Cette valeur est proche de celle rapportée par Hayes *et al.* qui situent le point de bris entre 6 et 10 cm (6-10 cm) [33], tandis

qu'Arnoldi et al retiennent le point de récupération plus éloigné et supérieur à 10 cm (> 10 cm) [34].

De son côté, Duane qui considère le PPC comme éloigné lorsqu'il est supérieur à 3 pouces (> 3 in), ce qui correspond à environ 7,6 cm [35]. Enfin, pour Rouse et le groupe CIRS (Convergence Insufficiency and Reading Study Group), un PPC est considéré comme éloigné lorsque le point de rupture est $\geq 7,5$ cm ou que le point de recouvrement est $\geq 10,5$ cm [26].

III.1.2 Les réserves fusionnelles positives (RFP) :

Pour sa mesure, le patient est invité à fixer une ligne de lettres de Snellen (placée à 40 cm) correspondant à une acuité visuelle définie, de façon stable et sans flou, tandis que des prismes à base externe sont ajoutés progressivement jusqu'à l'apparition d'une diplopie (point de rupture), puis en diminuant la puissance prismatique jusqu'au rétablissement de la fusion (point de récupération).

Pour Scheiman et al. Ainsi que l'étude CITT, la RFP de près est considérée comme insuffisante ou réduite, se traduisant soit par un échec au critère de Sheard, soit par une valeur de flou ou de rupture $\leq 15 \Delta$ avec des prismes à base externe [19], [32]. De leur côté, Rouse et al. Incluent comme critère une RFP anormale définie par un critère de Sheard non respecté ou une amplitude de convergence réduite, avec un flou $< 12 \Delta$ et un point de rupture $< 15 \Delta$ [26].

Enfin, Arnoldi et al. Définissent ce déficit par une faible amplitude de convergence caractérisée par une rupture $\geq 15 \Delta$, associée à une récupération située à plus de 4 dioptries prismatiques depuis ce point de bris[34].

III.1.3 Hétérophorie :

Dans la majorité des études, l'insuffisance de convergence est caractérisée par une exophorie plus importante en vision de près qu'en vision de loin. Toutefois, les critères diagnostiques varient d'une étude à une autre. Certaines recherches considèrent qu'une exophorie de près supérieure à 6 dioptries prismatiques est significative, tandis que d'autres définissent l'insuffisance de convergence par une différence d'au moins 4Δ entre la phorie de près et celle de loin. Les études de Rouse et al., Borsting et al., Hashemi et al., Menjivar et al. Ainsi que celles du CITT utilisent principalement ce critère de différence entre la phorie de près et la phorie de loin pour identifier l'insuffisance de convergence. D'autres auteurs, comme Garcia-

Munoz et Porcar, considèrent également une exophorie de près supérieure à 6Δ comme un signe clinique important[26], [32], [36].

Il y'a plusieurs techniques peuvent être utilisées pour mesurer la phorie, notamment le cover test, le test de Von Graefe, le Maddox rod, le Maddox Rod avec carte de Thorington et le Maddox Wing. Cependant, les résultats obtenus varient selon la méthode employée. Plusieurs études ont montré que le Maddox-Thorington présente une meilleure répétabilité que les autres méthodes subjectives pour la mesure de la phorie de près. Malgré cela, les auteurs considèrent que le cover test neutralisé par prismes demeure la méthode la plus objective puisqu'il ne dépend pas des réponses subjectives du patient. Ils soulignent également que l'expérience de l'examineur influence les résultats du cover test et peut modifier l'interprétation clinique.

Les auteurs rapportent aussi que l'âge influence la phorie. Certaines études montrent que la phorie devient progressivement plus exophorique avec l'âge, principalement en raison de la diminution de l'accommodation et de la convergence accommodative. Pickwell ainsi que Ghadban et al. Ont observé une augmentation de l'exophorie de près chez les adultes et les sujets âgés. Enfin, les auteurs concluent qu'il est nécessaire de standardiser les méthodes de mesure et les critères diagnostiques afin d'obtenir des résultats plus fiables et comparables entre les différentes études sur l'insuffisance de convergence[37].

Le tableau ci-dessous résume les critères diagnostiques de l'IC utilisés dans chaque étude :

Auteur	Critères diagnostiques IC
Scheimann et al.	• Exophorie de près > 4 dioptries prismatiques par rapport à la phorie de loin • Point proximal de convergence (PPC) reculé bris ≥ 6 cm • Réserve de fusion positive (RFP) insuffisante de près (échec au critère de Sheard) • RFP réduite $\leq 15 \Delta$ au flou ou au point de bris • Score au questionnaire des symptômes de l'IC (CI Symptom Survey Score) ≥ 16 • Amplitude d'accommodation monoculaire < 5D exclue
CITT :	• Exophorie de près > 4 Δ par rapport à la phorie de loin • PPC reculé bris ≥ 6 cm • Réserve de fusion positive insuffisante de près (échec au critère de Sheard) • RFP réduite $\leq 15 \Delta$ au flou ou au point de bris • Score au questionnaire des symptômes de l'IC ≥ 16 • Amplitude d'accommodation monoculaire < 5D exclue
Rouse et al. :	• Exophorie de près $\geq 4\Delta$ par rapport à la phorie de loin • PPC éloigné avec un bris ≥ 7.5cm ou ≥ 10.5cm en recouvrement • RFP < 12Δ pour la valeur de flou et < 15Δ pour la valeur de bris
Porcar et Martinez-Palomera	• Exophorie de près > 6Δ par rapport à la phorie de loin • PPC reculé • RFP réduite
Hayes et al. :	• Point de bris entre 6 et 10 cm
Arnoldi et al. :	• PPC > 10cm • Faible amplitude de convergence (bris $\geq 15\Delta$ avec une récupération de plus de 4Δ par rapport au point de bris) • Exophorie de près $\geq 10\Delta$ par rapport à la phorie de loin • Rapport AC/A faible • Faible flexibilité de vergence
Duane :	• Exophorie de près > à celle de loin • PPC éloigné > 3 pouces (in) • RFP réduite de près

TABEAU 1 : LES CRITERES DIAGNOSTIQUES DE L'IC DANS CHAQUE ETUDE

III.2.1 Prévalence de l'insuffisance de convergence en milieu scolaire et chez les adolescents :

Plusieurs études ont évalué la prévalence de l'insuffisance de convergence (IC) chez les enfants et les adolescents scolarisés. Une étude prospective transversale réalisée à Madrid en Espagne auprès de 628 enfants âgés de 6 à 14 ans a montré que 5,30 % des enfants présentaient une IC confirmée avec trois signes cliniques, tandis que 23,76 % présentaient un seul signe et 12,15 % deux signes. Aucune différence significative entre les sexes n'a été retrouvée. Les auteurs ont souligné l'importance du dépistage précoce de l'IC en milieu scolaire[38].

De même, une étude transversale menée à Khartoum durant l'année scolaire 2013–2014 a concerné 4 211 élèves âgés de 13 à 18 ans. La prévalence de l'insuffisance de convergence était de 7,8 % (329 élèves), sans différence significative entre garçons (52,6 %) et filles (47,4 %). Une variation de la prévalence a été observée selon le niveau scolaire, avec une fréquence plus élevée chez les élèves de première année. La majorité des cas était associée à la présence conjointe d'un PPC éloigné et d'une RFP réduite. Chez 20,36 % des élèves, l'IC était uniquement liée à un PPC éloigné, tandis que dans une très faible proportion (1,22 %), elle était uniquement due à une diminution de la RFP. Cette étude conclut que l'insuffisance de convergence est relativement fréquente chez les élèves du secondaire et souligne l'importance d'intégrer l'évaluation de la vision binoculaire dans les programmes de dépistage scolaire[1].

Par ailleurs, l'étude réalisée aux United States dans trois sites scolaires a évalué la fréquence de l'insuffisance de convergence chez 684 enfants âgés de 9 à 13 ans. Les résultats ont montré que 4,2 % présentaient une insuffisance de convergence confirmée (3 signes cliniques), 8,8 % une IC hautement suspecte (2 signes) et 8,4 % une IC faiblement suspecte (1 signe), soit une fréquence globale de 13 % pour l'IC (formes suspectes élevées + confirmées). L'étude a également montré que 78,9 % des enfants présentant une IC confirmée avaient une insuffisance accommodative associée. Les auteurs concluent que l'insuffisance de convergence est un trouble fréquent chez les enfants scolarisés, justifiant un dépistage précoce en milieu scolaire[26].

Une autre étude prospective transversale menée à Guangzhou en China en 2015 a porté sur 928 lycéens âgés en moyenne de $15,9 \pm 0,8$ ans, dont 580 filles (62,5 %) et 348 garçons (37,5 %).

Les résultats ont montré que 48,2 % des élèves présentaient au moins un signe d'insuffisance de convergence, avec une prévalence de 2,7 % pour l'IC confirmée (3 signes), 12,8 % pour l'IC suspecte (2 signes) et 32,6 % pour l'IC faiblement suspecte (1 signe). L'insuffisance accommodative était retrouvée chez 9,5 % des participants et était significativement associée à l'IC, particulièrement dans les formes sévères. Les garçons ainsi que les sujets hypermétropes présentaient un risque plus élevé d'IC confirmée, alors que cette fréquence était plus faible chez les myopes. Cette étude conclut que la prévalence de l'IC confirmée chez les lycéens chinois est relativement faible (2,7 %), mais souligne l'importance d'un dépistage binoculaire complet associé à l'examen visuel standard[22].

III.2.2 Prévalence de l'insuffisance de convergence chez les étudiants universitaires et jeunes adultes :

Plusieurs études se sont intéressées à l'IC chez les étudiants universitaires en raison des exigences importantes en vision de près. Une étude menée à Université de Limpopo en South Africa a inclus 150 étudiants universitaires. Les résultats ont montré une prévalence de l'insuffisance de convergence de 12 % (18 étudiants), avec une prédominance féminine (55,6 %) et (44,4 %) des hommes. Parmi les cas diagnostiqués, 88,9 % présentaient des symptômes visuels tels que fatigue oculaire, céphalées et vision floue de près. Cette étude montre que l'insuffisance de convergence est fréquente chez les étudiants universitaires et peut affecter leurs performances académiques. Elle souligne l'importance d'un dépistage précoce en milieu universitaire pour améliorer le confort visuel[39].

Dans le même contexte, une étude prospective transversale réalisée au Ghana inclus 300 étudiants universitaires de première année, avec un âge moyen de 21,58 ans, dont 55,7 % d'hommes et 44,3 % de femmes. L'objectif était d'évaluer la capacité du questionnaire (CISS) à prédire la sévérité clinique de l'insuffisance de convergence chez les jeunes adultes. Les résultats ont montré une prévalence de l'IC de 9,7 % (29 participants), diagnostiquée sur la base de trois signes cliniques ou plus. Parmi les sujets atteints, 89,6 % étaient symptomatiques. Le score moyen au CISS était significativement plus élevé chez les sujets avec IC (30,24%) que chez les sujets sains (13,61%). Cette étude conclut que le score CISS constitue un excellent outil prédictif de la sévérité de l'IC, utile pour le dépistage des symptômes, mais qu'il doit être complété par des tests cliniques pour confirmer le diagnostic.

III.2.3 Prévalence de l'insuffisance de convergence dans les populations générales et cliniques :

Certaines études ont évalué l'IC dans la population générale ou chez des patients présentant des symptômes spécifiques. Une étude transversale menée à Mashhad, en Iran, a inclus 2 219 participants âgés de 10 à 69 ans. La prévalence de l'insuffisance de convergence était de 5,51 %, avec des taux 4,78 % chez les hommes et 5,86 % chez les femmes. Les résultats montrent que l'insuffisance de convergence n'est pas significativement associée à l'âge, au sexe ou aux erreurs de réfraction, bien qu'une augmentation de la prévalence soit observée après l'âge de 60 ans[36].

En revanche, une étude descriptive menée à Multan entre août 2020 et janvier 2021, a porté sur 95 patients âgés de 8 à 62 ans (âge moyen : 27,8 ans) souffrant de céphalées. Les résultats ont montré une prévalence élevée de l'insuffisance de convergence (72,6 %), avec 28,4 % de convergence faible et 44,2 % de convergence réduite ; la majorité présentait un PPC ≥ 11 cm. L'étude conclut à une forte association entre céphalées et IC, recommandant un dépistage systématique de la vision binoculaire chez les patients céphaliques [40].

Le tableau ci-dessous résume les principales études portant sur la prévalence de l'insuffisance de convergence (IC) dans différentes populations :

Premier auteur	Année d'étude	Le Pays	L'âge	Population	Taille échantillon	Prévalence de l'IC (%)
Chaudhary MA et al	2020	Pakistan (Multan)	8 à 62 ans	Céphaliques	95	27 %
Maribeng et al	2025	Afrique du Sud (limpopo)	18 et 25 ans.	Universitaires	150	12 %
Hassan Hashemi et al	2017	Iran	10 à 69 ans	Population générale	2219	5,51 %,
García-Muñoz Á et al	2020	Espagne (Madrid)	6 à 14 ans	Enfants scolarisés	628	5,30 %
Hassan LI et al	2013	Soudan (Khartoum)	13 à 18 ans.	Élèves du secondaire	329	7,8 %
Charles Darko	2020	Ghana	21 a 58ans	Etudiants universitaires	300	9,7 %
Rouse MW et al	1999	États-Unis	9–13 ans	Enfants scolarisés	453	4.2%
Martin Mingleug	2015	La chine	15 a 18ans	Élèves du secondaire	928	2.7 %

TABEAU 2: PREVALENCE DE L'INSUFFISANCE DE CONVERGENCE SELON LES DIFFERENTES POPULATIONS ET ETUDES

III.3 Discussion

L'analyse comparative des différentes études montre une grande variabilité de la prévalence de l'insuffisance de convergence (IC), avec des taux allant de 2,7 % jusqu'à plus de 27 % selon les populations étudiées et les critères diagnostiques utilisés. Les études réalisées sur des populations symptomatiques, comme celle menée au Pakistan chez des patients souffrant de céphalées, rapportent des prévalences très élevées atteignant 27 %, contrairement aux études populationnelles générales réalisées en Iran ou en Espagne où les taux restent relativement faibles. Cette différence peut être expliquée par le fait que les céphalées, l'asthénopie et les difficultés de lecture représentent des symptômes fréquemment associés à l'IC, entraînant ainsi une surestimation de la prévalence dans les populations cliniques symptomatiques.

Plusieurs auteurs soulignent également l'influence du contexte visuel et des exigences scolaires sur la fréquence de l'IC. Les études menées chez les étudiants universitaires et les élèves du secondaire montrent généralement des prévalences plus élevées que dans la population générale, probablement en raison de l'utilisation prolongée de la vision de près lors de la lecture, des activités académiques et de l'exposition croissante aux écrans numériques. Chez les enfants scolarisés, certaines études rapportent des formes partielles ou des signes isolés d'IC, suggérant qu'un nombre important de cas pourrait rester sous-diagnostiqué où correspondre à des formes débutantes de la pathologie.

Les différences observées entre les études sont également fortement liées à l'absence d'uniformité des critères diagnostiques. Certaines recherches utilisent des critères stricts basés sur la présence simultanée de trois signes cliniques majeurs : une exophorie de près augmentée, un point proche de convergence (PPC) reculé et des vergences fusionnelles positives réduites. D'autres études se basent uniquement sur un seul paramètre, notamment le PPC reculé, ce qui peut conduire à une surestimation ou une sous-estimation de la prévalence réelle. L'étude comparative de Liat Gantz met particulièrement en évidence cette problématique en montrant qu'un même patient peut être classé comme atteint ou non d'IC selon les critères diagnostiques appliqués. Selon les critères de Holland, certains patients seraient diagnostiqués IC, tandis qu'ils ne répondraient pas aux critères plus stricts de Scheiman et Wick ou du CITT. Les auteurs soulignent ainsi qu'il existe une variabilité importante non seulement dans les critères diagnostiques mais également dans les techniques de mesure et les seuils considérés comme anormaux.

Plusieurs travaux insistent également sur l'importance des paramètres fusionnels dans l'évaluation de la sévérité de l'IC. L'étude de Lavrich et al. Montre notamment que les patients présentant un PPC très éloigné possèdent des amplitudes fusionnelles convergentes plus faibles, indiquant qu'une IC plus sévère est associée à une réduction importante des capacités fusionnelles. Cependant, certains patients peuvent rester symptomatiques malgré un PPC relativement normal, ce qui démontre que le PPC seul ne suffit pas toujours pour poser le diagnostic.

Concernant les facteurs associés, plusieurs études mettent en évidence une relation entre l'IC et certains états réfractifs. Dans plusieurs études, Les patients myopiques sont les plus aggravés par l'IC. Au contraire, certaines études chinoises suggèrent que la forte prévalence de la myopie pourrait masquer partiellement les signes d'IC. Plusieurs auteurs rapportent également une association fréquente entre l'IC et l'insuffisance accommodative, soulignant l'interdépendance entre les systèmes accommodatif et vergence. Cette relation explique pourquoi de nombreux patients présentent simultanément fatigue visuelle, céphalées, vision floue de près et difficultés de concentration.

Enfin, l'ensemble des études souligne l'importance des symptômes dans l'évaluation clinique de l'insuffisance de convergence. En effet, l'IC ne constitue pas seulement une anomalie motrice mesurable, mais également un trouble fonctionnel pouvant avoir un impact significatif sur la qualité de vie, les performances scolaires et les capacités de lecture.

Ainsi, ces données bibliographiques représentent une base scientifique essentielle pour analyser, comparer et interpréter les résultats de notre partie pratique, dont l'objectif principal est d'évaluer la prévalence de l'insuffisance de convergence au sein de notre population d'étude.

Partie pratique

PARTIE PRATIQUE :

I. Introduction

L'insuffisance de convergence est une anomalie fréquente de la vision binoculaire pouvant entraîner une gêne lors du travail de près, surtout chez les l'enfant. Après avoir présenté les bases théoriques, cette partie pratique a pour objectif d'évaluer la prévalence de cette anomalie chez une population d'enfants scolarisés. Elle vise également à étudier cette anomalie dans le terrain.

Pour cela, des examens d'optométries ont été réalisés afin d'analyser les principaux paramètres de la vision binoculaire, tels que le point proche de convergence, les phories et les amplitudes de fusion.

Les résultats obtenus permettront de déterminer la prévalence de l'insuffisance de convergence dans cette population.

II. Objectif de l'étude :

Cette étude a pour principaux objectifs de :

- Évaluer les comportements des vergences afin de mettre en évidence de la présence de l'insuffisance de convergence.
- Déterminer la prévalence de l'insuffisance de convergence chez une population d'enfants scolarisés.
- Évaluer les paramètres de la vision binoculaire, notamment le point proche de convergence (PPC), les phories de près et les amplitudes de fusion, afin d'identifier les cas d'insuffisance de convergence.
- Analyser la relation entre l'insuffisance de convergence et certains facteurs visuels tels que les troubles de la réfraction (myopie, hypermétropie, astigmatisme).
- Mettre en évidence l'importance du dépistage précoce de l'insuffisance de convergence en milieu scolaire.

III. Protocol d'étude

III.1 Lieu et période de l'étude :

Cette étude transversale menée en milieu clinique avait pour objectif de dépister les enfants présentant une insuffisance de convergence. L'étude a été réalisée au niveau de deux structures cliniques : la clinique El Oumaraa à Mascara ainsi qu'un cabinet d'ophtalmologie Aboukodaier Aid situé à Chlef, en Algérie. La collecte des données s'est déroulée sur une période allant du 1er février au 1er mai 2026.

Chaque participant a bénéficié d'un examen optométrique complet d'une durée moyenne d'environ 1 heure. Cet examen comprenait une anamnèse détaillée permettant de recueillir les informations générales ainsi que les symptômes visuels, suivie d'une évaluation de la réfraction, indispensable pour garantir une correction optique optimale et assurer la fiabilité des tests de la vision binoculaire. Par la suite, des tests cliniques spécifiques ont été réalisés afin d'évaluer l'insuffisance de convergence.

III.2 Population étudiée :

L'échantillon de cette étude est composé de 86 enfants scolarisés. Parmi eux, 44 garçons (51,2 %) et 42 filles (48,8 %), âgés de 5 à 15 ans. Les participants ont été examinés dans les mêmes conditions afin d'assurer la fiabilité des résultats.

III.3 Critères d'inclusion :

Les participants devaient répondre aux conditions suivantes :

- Enfants âgés de 5 à 15 ans
- Être scolarisés
- Être en bonne santé générale
- Être bien corrigé
- Ne pas présenter de pathologie oculaire organique.

III.4 Critères d'exclusion :

Ont été exclus de l'étude les enfants présentant :

- Un strabisme manifeste ou des antécédents de strabisme

- Une amblyopie
- Une anisométrie
- Des pathologies oculaires (kératocône, cataracte, etc.) ;
- Des maladies neurologiques ou musculaires affectant la motilité oculaire
- Nystagmus manifeste ou latent.
- Antécédents de chirurgie du strabisme ou de chirurgie réfractive.

IV. Matériel et méthode

Les examens ont été réalisés à l'aide des plusieurs instruments de l'optométrie et d'autres équipements complémentaires pour permettre une évaluation précise et fiable de la vision binoculaire et des paramètres liés à l'insuffisance de convergence chez les enfants de l'âge scolaire. A la présence d'un parent durant l'examen pour aider à compléter certaines informations importantes recueillies lors de l'anamnèse.

IV.1 Anamnèse :

Nous avons réalisé l'anamnèse à partir des réponses de l'enfant et des observations des parents. Nous avons recherché plusieurs éléments, notamment les difficultés rencontrées lors de la lecture ou du travail scolaire de près. Nous avons interrogé les enfants sur la présence de fatigue visuelle, de maux de tête, de vision floue ou de lettres semblant bouger ou se mélanger après une lecture prolongée. Nous avons également questionné les parents sur certains comportements, tels que le refus de lire ou de faire les devoirs, ainsi que sur des signes observés à la maison, comme le frottement fréquent des yeux, le clignement excessif ou l'inclinaison de la tête pendant la lecture.

Nous avons aussi vérifié les antécédents visuels et médicaux afin de rechercher d'éventuels troubles visuels non corrigés ou des problèmes oculaires antérieurs pouvant influencer les résultats des tests. Pour évaluer les symptômes liés à l'insuffisance de convergence, nous avons expliqué les questions de manière simple, en utilisant des exemples faciles à comprendre, afin d'aider l'enfant à répondre correctement.

FAMAMMUC		
Etat civil		
Nom :		
Prénom :		
Age :		
Raison de la visit		
☐ Difficulté de lecture	☐ Maux tête	☐ Vision floue de près
☐ Vision double de près	☐ Fatigue visuelle	☐ Aucun
Autre :		
Utilisation des écrans : ☐ Oui ☐ Non		
Antécédents visuels		
Port des lunettes : ☐ oui ☐ non		
Correction actuelle :		
Antécédents de strabisme : ☐ Oui ☐ Non		
Suivre des séances d'orthoptie : ☐ oui ☐ non		
Examens préliminaire		
Acuité visuelle		
AV Brute		
• Vision monoculaire : OD :		OG :
• Vision binoculaire :		
AV avec correction ancienne		
• Vision monoculaire : OD :		OG :
• Vision binoculaire :		
AV avec nouvelle correction (après réfraction) :		
• Vision monoculaire : OD :		OG :
• Vision binoculaire :		
Cover test : OD :		OG :
Remarques :		
Croix du Maddox :		
• Phorie de loin :		
• Phorie de près :		
PPC :		
Point de bris :		point de recouvrement :
Les réserves fusionnelles positives :		
Point de bris :		point de recouvrement :

FIGURE 8 FICHE D'EXAMEN CLINIQUE

IV.2 EXAMENS PRELIMINAIRES

IV.2.1 Test de Hirschberg :

Nous avons réalisé le test de Hirschberg afin d'évaluer l'alignement oculaire et de dépister la présence d'une éventuelle déviation manifeste. Pour ce faire, nous avons utilisé une source lumineuse ponctuelle placée à environ 40 cm devant les yeux de l'enfant. Celui-ci devait fixer la lumière en maintenant la tête droite et le regard stable.

Nous avons ensuite observé la position des reflets cornéens dans les deux yeux. Chez un sujet présentant un bon alignement oculaire, les reflets lumineux apparaissent symétriques et occupent la même position dans chaque œil. En revanche, une asymétrie des reflets cornéens peut traduire la présence d'une déviation oculaire. Ce test nous a permis d'obtenir une première

appréciation de l'alignement des axes visuels avant la réalisation des autres examens de la vision binoculaire.

IV.2.2 Cover Test :

Nous avons réalisé le cover test afin d'évaluer l'alignement oculaire et de rechercher la présence d'une déviation manifeste (tropie) ou latente (phorie). Cet examen a été effectué en vision de loin et en vision de près, avec la correction optique habituelle du sujet.

Pour la vision de loin, nous avons demandé à l'enfant de fixer une cible située à environ 5 mètres. Pour la vision de près, une cible a été utilisée à une distance de 40 cm. À l'aide d'un cache opaque, nous avons successivement occulté un œil puis l'autre tout en observant les mouvements de refixation de l'œil couvert.

Pendant l'examen, nous avons observé les mouvements de refixation des yeux lors du retrait du cache. La présence d'un mouvement de refixation indiquait l'existence d'une déviation latente ou phorie.

Les observations obtenues nous ont permis d'orienter l'évaluation vers une ésophorie, une exophorie ou une phorie verticale. Les valeurs précises de la déviation ont ensuite été quantifiées à l'aide du test de Maddox et des barres de prismes en vision de loin et de près.



FIGURE 9: COVER TEST

IV.3 Examen de réfraction

IV.3.1 Objective :

Les examens de réfraction ont été réalisés sous cycloplégie afin de neutraliser l'accommodation et d'obtenir des mesures plus fiables. Nous avons commencé par une réfraction objective à

l'aide d'un auto-réfractomètre. Pour cela, nous avons installé l'enfant correctement devant l'appareil. Nous lui avons demandé de fixer la cible de l'appareil tout au long de la mesure.

Cet examen nous a permis d'obtenir une première estimation de l'état réfractif de chaque enfant, notamment les valeurs sphériques et cylindriques. Il nous a également permis de détecter la présence d'une éventuelle amétropie susceptible d'influencer la qualité de la vision et les résultats des examens de vision binoculaire.



FIGURE 10 : L'AUTOREFRACTOMETRE

IV.3.2 Subjective :

Nous avons évalué l'acuité visuelle de loin à une distance de 6 mètres à l'aide d'un phoropter ou d'une valise avec lunettes d'essai, en utilisant la meilleure correction optique de chaque participant. Nous avons utilisé des échelles d'acuité visuelle adaptées à l'âge des enfants, telles que les échelles de Snellen ou de Monoyer, afin de faciliter leur compréhension du test.

Cet examen nous a permis d'apprécier les performances visuelles de chaque enfant et de vérifier la qualité de sa vision de loin avant la réalisation des autres examens de la vision binoculaire.



FIGURE 13: LE REFRACTEUR



FIGURE 12: TEST D'ACUITE VISUELLE



FIGURE 11: LUNETTE ET BOITE D'ESSAI

IV.4 Examen de la vergence

Une fois la réfraction est terminée, nous avons réalisé les différents examens de vergence effectués sans cycloplégie

IV.4.1 Mesure du Point Proche de Convergence (PPC) :

Nous avons évalué le point proche de convergence (PPC) afin de mesurer la capacité de l'enfant à maintenir une vision binoculaire simple lors du rapprochement d'une cible vers les yeux. Ce test constitue l'un des examens les plus importants dans le diagnostic des anomalies de la vision binoculaire.

Pour sa réalisation, nous avons utilisé une cible non accommodative sous forme d'un stylo lumineux fixé à un mètre ruban. La cible était placée initialement à environ 40 cm devant les yeux de l'enfant. Nous nous sommes d'abord assurés que l'enfant percevait une image simple à cette distance, puis nous avons rapproché progressivement la cible vers ses yeux à une vitesse régulière tout en observant attentivement les mouvements oculaires.

Nous avons demandé à l'enfant de signaler le moment où l'image devenait double. Le rapprochement de la cible était poursuivi jusqu'à l'apparition d'une diplopie ou jusqu'à l'observation d'une déviation oculaire. La distance à laquelle survenait cette rupture correspondait au point de bris, c'est-à-dire la distance la plus proche à laquelle l'enfant pouvait maintenir une vision binoculaire double.

Après l'identification du point de bris, nous avons éloigné progressivement la cible jusqu'au rétablissement de la vision simple et de l'alignement oculaire normal. La distance à laquelle l'enfant retrouvait une vision binoculaire simple correspondait au point de recouvrement.

Afin d'obtenir des résultats plus fiables et d'évaluer la stabilité de la convergence, nous avons répété la mesure trois fois pour chaque enfant et calculé la valeur moyenne.

D'après Rouse et le groupe CIRS (Convergence Insufficiency and Reading Study Group), un PPC est considéré comme éloigné lorsque le point de rupture est $\geq 7,5$ cm ou que le point de recouvrement est $\geq 10,5$ cm. [8]

IV.4.2 Mesure des phories de loin et de près :

Nous avons réalisé la mesure des phories en vision de loin et en vision de près afin d'évaluer l'équilibre oculomoteur et le fonctionnement de la vision binoculaire. Cet examen nous a permis de rechercher une éventuelle déviation latente des yeux, notamment en vision de près.

- **Phorie de loin :**

Nous avons évalué la phorie de loin à l'aide du test de Maddox afin de mesurer une éventuelle déviation latente en vision de loin. Avec une cible l'examen a été réalisé avec la correction optique habituelle du sujet afin d'obtenir des résultats précis. Après avoir vérifié l'absence de difficulté de fixation, nous avons placé un verre de Maddox rouge strié devant un œil, tandis que l'autre œil fixait une source lumineuse située à une distance d'environ 5 à 6 mètres.

Une ligne lumineuse rouge perçue par l'œil portant le verre, alors que l'autre œil continuait à percevoir le point lumineux. Selon la position de la ligne par rapport au point, nous pouvions déterminer le type de phorie. Lorsque la ligne passait exactement par le point lumineux, ça indique l'absence de la déviation. Par contre, un décalage horizontal indiquait une ésoptorie ou une exoptorie.

Chez les sujets présentant une insuffisance de convergence, la phorie de loin est souvent normale ou exophorique. La valeur de la phorie a ensuite été mesurée à l'aide de barres de prismes ou des prismes de Risley du phoroptère. La puissance prismatique était augmentée progressivement jusqu'à ce que la ligne lumineuse soit alignée avec le point lumineux, permettant ainsi de quantifier la déviation en dioptries prismatiques.



FIGURE 14 : LES BARRES DE PRISME



FIGURE 15: VERRE STRIE DE MADDOX ET
FILTRE ROUGE



FIGURE 16 : MESURE DE LA PHORIE

- **Phorie de près :**

Nous avons évalué la phorie de près à une distance de 40 cm à l'aide d'une cible.

Le test a été réalisé selon le même principe que la mesure de la phorie de loin, en utilisant un verre de Maddox et des barres de prismes.

L'enfant devait fixer la cible tout au long de l'examen tandis qu'il observe la position relative de la ligne et du point lumineux. La puissance prismatique était ensuite augmentée progressivement jusqu'à la neutralisation de la déviation afin de déterminer la valeur de la phorie de près.

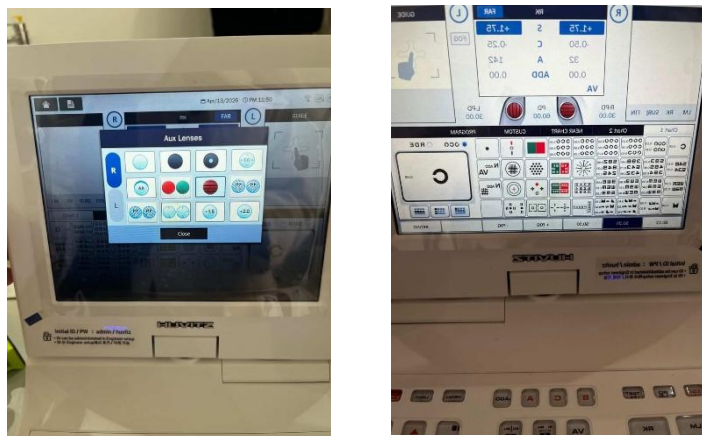


FIGURE 17: MESURE LA PHORIE PAR LE REFRACTEUR

D'après les critères proposés par Rouse et al., une différence d'au moins 4 Δ prismatiques entre l'exophorie de près et l'exophorie de loin, avec une exophorie plus importante en vision de près, est considérée comme un signe caractéristique de l'insuffisance de convergence.

IV.4.3 Mesure des Réserves Fusionnelles Positives (RFP) :

Nous avons réalisé l'étude des réserves fusionnelles positives afin d'évaluer la capacité des yeux à maintenir une vision simple lorsque la demande de convergence augmente. Ce test nous a permis d'analyser la force de la convergence fusionnelle ainsi que la stabilité de la vision binoculaire.

L'examen a été effectué en vision de près, à une distance de 40 cm, à l'aide d'une cible accommodative de type texte Parinaud, et avec la correction optique habituelle de l'enfant. Une

barre de prismes de Berens ou des prismes de Risley à base externe ont été utilisés afin d'augmenter progressivement l'effort de convergence.

Pendant l'examen, nous avons demandé à l'enfant de fixer la cible et de signaler tout changement visuel. Trois valeurs principales ont été relevées :

- Le point de flou, nous commence à passer la barre du prisme et demande à l'enfant de dire quand une fois il voit le flou
- Le point de bris, nous augmente la valeur du prisme jusqu'à l'enfant voit une vision double
- Le point de recouvrement, le retour de la vision simple après diminution de la puissance prismatique

Les résultats ont ensuite été interprétés selon la loi de Sheard, selon laquelle les réserves fusionnelles doivent être au moins deux fois supérieures à la valeur de la phorie afin d'assurer un bon confort visuel. Par exemple, un enfant présentant une exophorie de 10 dioptries prismatiques doit disposer d'au moins 20 dioptries prismatiques de réserves fusionnelles positives. Une diminution des réserves fusionnelles ou un recouvrement difficile peut traduire une faiblesse du système binoculaire et constituer un signe d'insuffisance de convergence.

De plus, une valeur de réserves fusionnelles positives inférieure à 15 dioptries prismatiques a été considérée comme un signe en faveur d'une insuffisance de convergence.

Rouse et al. Incluent comme critère une RFP a un flou $< 12 \Delta$ et un point de rupture $< 15 \Delta$. [8]

Le tableau suivant présente les valeurs normales de la phorie de loin, de la phorie de près, des réserves fusionnelles positives de près et du point proche de convergence chez l'enfant, selon les données rapportées par Rouse et al.

Paramètre	Norme chez les enfants
Phorie de loin	Orthophorie ou légère exophorie (0 à 2 Δ X)
Phorie de près	Exophorie faible (0 à 6 Δ X)
Réserves fusionnelles positives de près (RFP)	Respect du critère de Sheard ; Bris $\geq 15 \Delta$ a 20 Δ et recouvrement 8 a 10 Δ
Point Proche de Convergence (PPC)	Bris < 7,5 cm et Recouvrement < 10,5 cm

TABEAU 3 : LES VALEURS NORMALES DE LA PHORIE, PPC, RFP

IIV. Résultats :

Dans cette partie, nous présentons les résultats obtenus à partir des données recueillies auprès des enfants d'âge scolaire inclus dans notre étude. Les résultats sont d'abord décrits selon les caractéristiques générales de l'échantillon, puis selon les différents critères utilisés pour l'évaluation de l'insuffisance de convergence.

Notre étude a porté sur 86 enfants d'âge scolaire, âgés de 5 à 15 ans. L'échantillon comprenait 42 filles (48,8 %) et 44 garçons (51,2 %).

1. Évaluation du taux d'insuffisance de convergence :

Le graphique suivant présente le taux d'insuffisance de convergence observé au sein de la population étudiée.

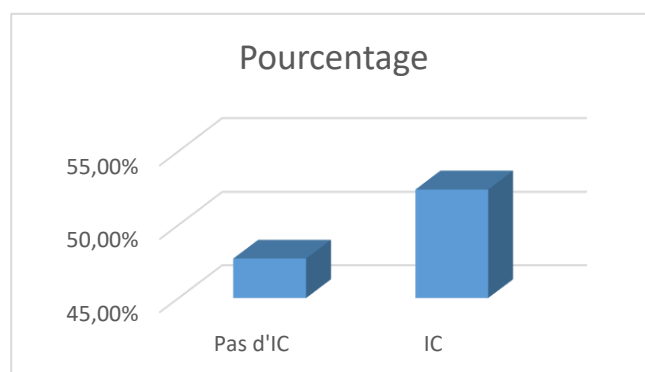


FIGURE 18 : PREVALENCE DE L'INSUFFISANCE DE CONVERGENCE CHEZ LES ENFANTS

Les résultats montrent que près de la moitié des sujets inclus dans l'étude, soit **47,7 % (n = 41)**, ne présentaient aucun signe d'insuffisance de convergence (IC). À l'inverse, **52,3 % (n = 45)** des participants présentaient au moins un signe d'IC (1 signe, 2 signe, 3 signe de IC), indiquant une fréquence légèrement plus élevée des sujets suspects ou atteints d'insuffisance de convergence au sein de la population étudiée.

2. Evaluation du l'insuffisance de convergence selon les signes :

Le graphe ci-dessous illustre la répartition de l'insuffisance de convergence selon le nombre de signes cliniques.

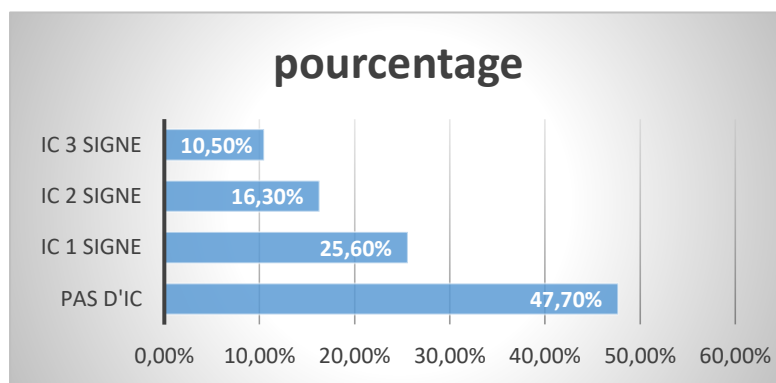


FIGURE 19: REPARTITION DE L'INSUFFISANCE DE CONVERGENCE SELON LE NOMBRE DE SIGNES CLINIQUES

La répartition des sujets selon le nombre de signes d'IC montre donc une diminution progressive des effectifs lorsque le nombre de signes augmente. En effet, la fréquence passe de 25,6 % (n = 22) pour un signe, à 16,3 % (n = 14) pour deux signes, puis à 10,5 % (n = 9) pour trois signes. Ces résultats indiquent que les formes présentant un seul signe d'IC étaient les plus fréquentes parmi les sujets atteints, alors que les formes associées à plusieurs signes étaient moins représentées.

3. Evaluation du l'insuffisance de convergence selon le sexe :

La figure suivante illustre la distribution de l'insuffisance de convergence chez les filles et les garçons

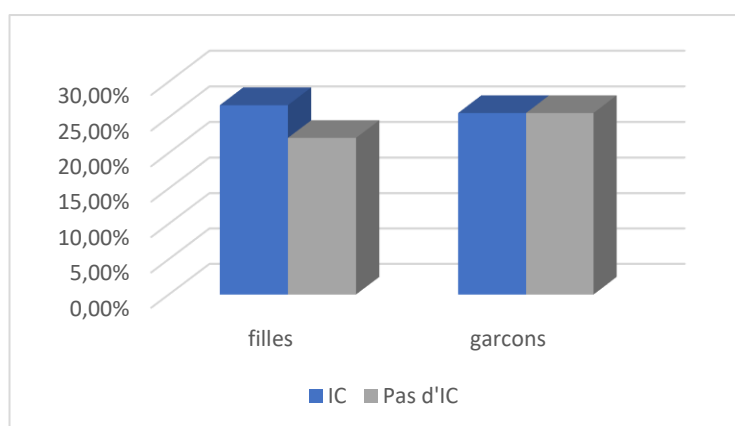


FIGURE 20 : REPARTITION DE L'INSUFFISANCE DE CONVERGENCE SELON LE SEXE

La relation entre l'IC et le sexe a montré que l'absence d'IC était observée chez 22,1 % des filles et 25,6 % des garçons. Pour les sujets présentant un signe d'IC, les filles représentaient 14,0 % contre 11,6 % chez les garçons. Les sujets ayant deux signes d'IC représentaient 7,0 % des filles et 9,3 % des garçons, tandis que trois signes d'IC étaient retrouvés chez 5,8 % des filles et 4,7 % des garçons. Toutefois, l'analyse statistique n'a pas montré d'association significative entre le sexe et l'IC ($\chi^2 = 0,75$; $p = 0,861$).

4. Evaluation du l'insuffisance de convergence selon les critères de diagnostic :

Résultats du l'insuffisance de convergence selon PPC : Le graphe suivant illustre les résultats de l'insuffisance de convergence selon le punctum proximum de convergence.

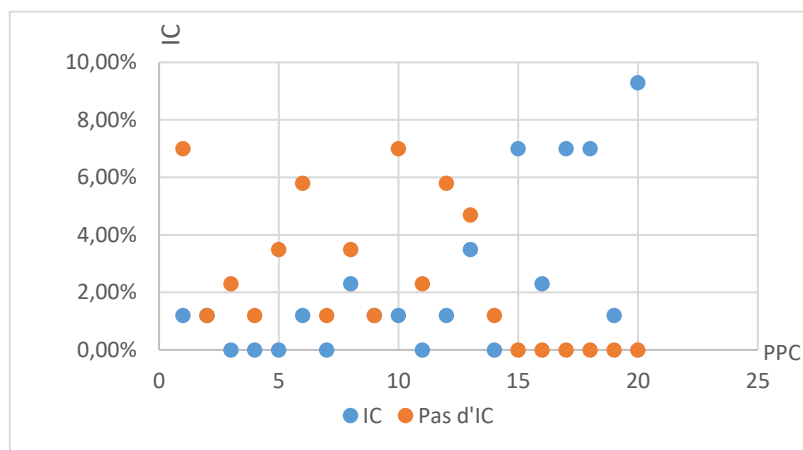


FIGURE 21 : REPARTITION DE L'IC SELON PPC

Les résultats montrent une différence des valeurs du PPC entre les sujets présentant une insuffisance de convergence et ceux ne présentant pas d'IC. Chez tous les sujets, les valeurs du PPC variaient entre 4 cm et 20 cm. Les fréquences les plus élevées de l'IC ont été observées pour les valeurs de 11 cm et 20 cm. Chez les sujets ne présentant pas d'IC, les valeurs du PPC étaient comprises entre 4 cm et 10 cm.

Ces résultats montrent qu'une augmentation des valeurs du PPC est un signe d'insuffisance de convergence.

Résultats du l'insuffisance de convergence selon le RFP : Le graphe suivant illustre les résultats de l'insuffisance de convergence selon la réserve fusionnelle positive.

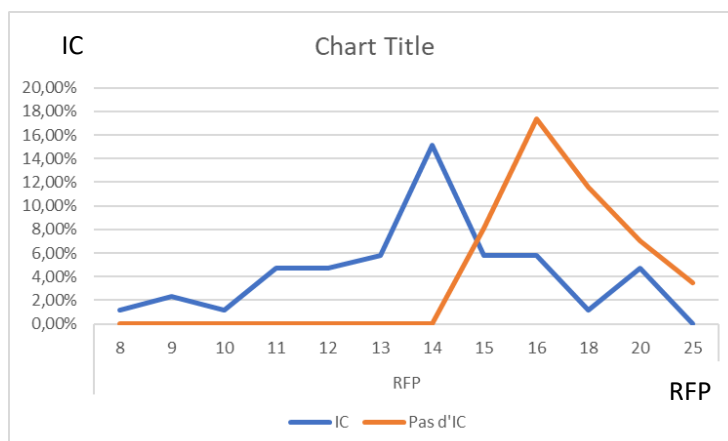


FIGURE 22 : REPARTITION DE L'INSUFFISANCE DE CONVERGENCE SELON RFP

Dans notre étude, les résultats des réserves fusionnelles positives ont montré que chez tous les sujets, les valeurs des RFP variaient entre 8Δ et 25Δ. Chez les personnes qui ayant d'IC, les valeurs de RFP sont moins de 15 Δ alors que la fréquence la plus élevée a été observée pour la valeur de 14Δ. En revanche, chez les sujets ne présentant pas d'IC, les valeurs des RFP étaient comprises entre 15Δ et 25Δ.

Résultats du l'insuffisance de convergence selon la phorie : Le graphe suivant illustre les résultats de l'insuffisance de convergence selon la phorie de près.

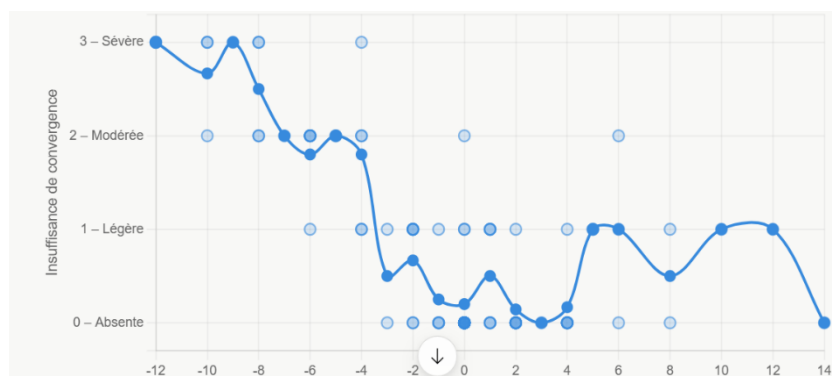


FIGURE 23 : REPARTITION DE L'INSUFFISANCE DE CONVERGENCE SELON LA PHORIE DE PRES

Les résultats montrent une association entre la phorie de près et l'insuffisance de convergence. La fréquence de l'IC est plus élevée chez les sujets présentant une exophorie de près marquée, notamment pour les valeurs comprises entre -12Δ et -4Δ. Cette fréquence diminue progressivement à mesure que les valeurs phoriques se rapprochent de l'orthophorie. Les sujets orthophoriques ou ésophoriques présentent une faible prévalence d'IC. Ces résultats confirment

le rôle de l'exophorie de près comme l'un des principaux signes cliniques associés à l'insuffisance de convergence.

Evaluation du l'insuffisance de convergence selon la réfraction :

Le graphe suivant illustre les résultats de l'insuffisance de convergence selon la réfraction

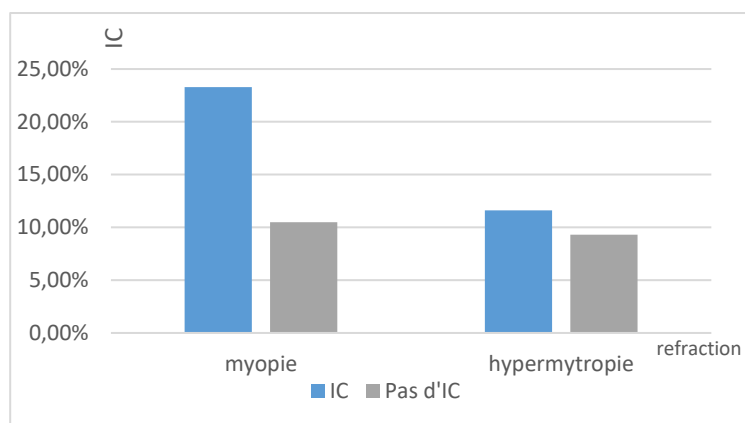


FIGURE 24 : REPARTITION DE L'INSUFFISANCE DE CONVERGENCE SELON LA REFRACTION

Concernant l'état réfractif, les myopes étaient les plus fréquents avec 33,7 % (n = 29), puis des hypermétropes avec 20,9 % (n = 18).

Par ailleurs, l'étude de l'association entre l'IC et la réfraction a montré que les sujets myopes, 23,30 % présentaient une insuffisance de convergence, tandis que 10,50 % ne présentaient pas d'IC. Concernant les hypermétropes il y'a 11,60 % qui présentant l'insuffisance de convergence au contraire le pourcentage des patients qui n'ont pas de IC est de 11,60 %. Les myopes semblaient présenter plus fréquemment des formes sévères d'IC, notamment pour les cas avec trois signes d'IC (5,8 %).

Répartition de l'utilisation des écrans chez les enfants : Le graphe suivant montre l'utilisation des écrans chez les enfants.

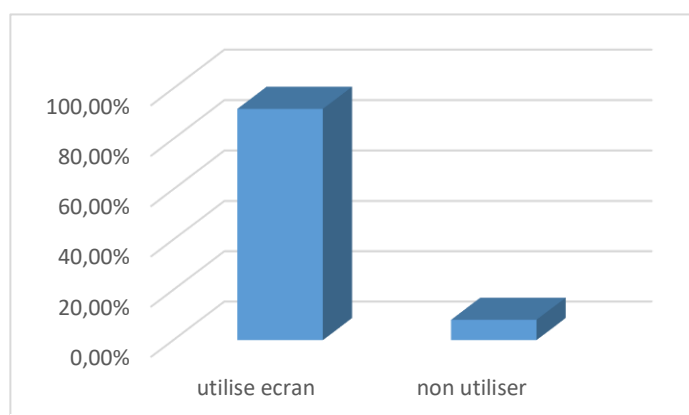


FIGURE 25: L'UTILISATION DES ECRANS CHEZ LES ENFANTS.

Les résultats montrent que la grande majorité des participants à partir des réponses des parents montrent que 92 % des enfants inclus dans l'étude utilisaient des écrans, tandis que seulement 8 % n'en utilisaient pas. Parmi les enfants utilisateurs, la durée minimale d'exposition aux écrans était de 4 heures par jour. Ces données indiquent qu'une très grande majorité des enfants de la population étudiée étaient régulièrement exposés aux écrans, alors qu'une faible proportion seulement n'y était pas exposée.

Ainsi, l'utilisation des écrans constituait une caractéristique prédominante de la population étudiée, avec plus de neuf participants sur dix rapportant une exposition quotidienne aux dispositifs numériques.

Evaluation du l'IC selon l'utilisation des écrans :

Le graphe suivant illustre les résultats de l'insuffisance de convergence selon l'utilisation des écrans

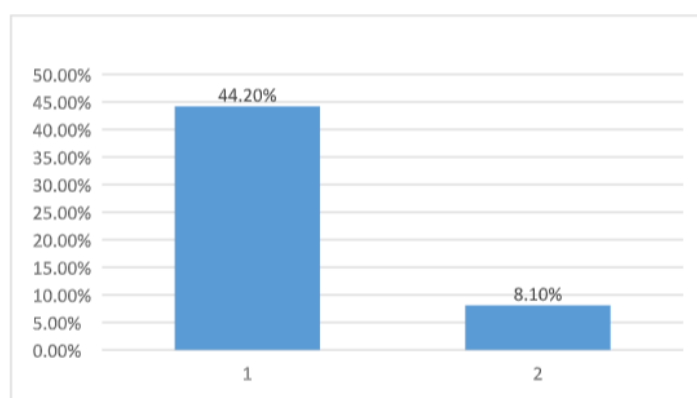


FIGURE 26 EVALUATION DE L'IC SELON L'UTILISATION DES ECRANS

Les résultats montrent que 44,20 % d'insuffisance de convergence ont été enregistrés chez les utilisateurs d'écrans. En revanche, seuls 8,10 % ont été observés chez les non-utilisateurs. Ces résultats suggèrent une association entre l'utilisation des écrans et la présence de l'insuffisance de convergence.

IIIV. Discussion :

Notre étude devrait fournir une estimation plus réaliste de la prévalence de l'IC chez les enfants d'âge scolaire, car la définition de l'IC était basée sur les signes les plus fréquents, des méthodes cliniques standardisées et des seuils cliniques plus actuels et validés.

Dragomir *et al*, et Aziz *et al*. ont montré que l'IC était plus fréquente chez les filles que chez les garçons[41], [42]. Cependant, les résultats de notre étude n'ont montré aucune différence significative de la prévalence de l'insuffisance de convergence entre les filles et les garçons. Ce résultat est en accord avec les données rapportées par Kaiti *et al*. ainsi que par (CIRS) Group, qui n'ont également mis en évidence aucune association significative entre le sexe et la classification de l'insuffisance de convergence[26], [43].

À partir de nos résultats, on observe que la prévalence de l'insuffisance de convergence varie selon les valeurs du point proche de convergence (PPC), des réserves fusionnelles positives (RFP) et de la phorie, ce qui confirme l'importance de ces trois paramètres dans le diagnostic de l'IC[44].

Concernant le PPC, la proportion d'enfants présentant une IC tend à augmenter lorsque le PPC s'éloigne. Les fréquences les plus élevées ont été observées pour des valeurs de PPC de 11 à 14 cm. Ces résultats sont cohérents avec les données de Hayes GJ et Rouse, qui considèrent un PPC reculé comme l'un des principaux signes cliniques de l'insuffisance de convergence. En effet, un PPC éloigné traduit une difficulté des yeux à maintenir une convergence adéquate lors des tâches en vision de près. Cette observation confirme que le recul du PPC constitue un indicateur important de la présence d'une anomalie de convergence[45].

Concernant les réserves fusionnelles positives, nos résultats montrent que la fréquence de l'IC est plus importante chez les sujets présentant des valeurs faibles de RFP. La prévalence de l'IC diminue progressivement lorsque les réserves fusionnelles augmentent. Une diminution de ces réserves réduit les capacités de compensation binoculaire et favorise l'apparition des signes cliniques de l'IC. Ces résultats sont en accord avec les critères diagnostiques proposés par Scheiman et Wick ainsi que par le Convergence Insufficiency Treatment Trial (CITT), qui considèrent la présence de réserves fusionnelles positives insuffisantes à la vision de près comme l'un des principaux signes diagnostiques de l'insuffisance de convergence.

Dans notre étude, une association statistiquement significative a été observée entre l'insuffisance de convergence et la phorie, cette association était plus marquée en vision de près, où les sujets atteints d'IC présentaient majoritairement une exophorie de près. Ces résultats sont cohérents avec les caractéristiques cliniques de l'insuffisance de convergence, qui se manifeste généralement par une difficulté à maintenir l'alignement binoculaire lors des activités en vision rapprochée. L'exophorie de près reflète une tendance accrue des axes visuels à diverger,

nécessitant un effort de convergence plus important pour maintenir une vision simple et confortable.

Ces observations sont en accord avec les critères diagnostiques proposés par le groupe CITT et par Scheiman et Wick, qui considèrent l'exophorie de près supérieure à celle de loin comme l'un des principaux signes cliniques de l'insuffisance de convergence[16], [32].

Cependant, nos résultats mettent également en évidence des cas d'insuffisance de convergence isolée, c'est-à-dire des sujets présentant une IC en l'absence de déséquilibre phorique (orthophorie ou phorie peu marquée). Cette observation suggère que l'IC ne dépend pas uniquement de la phorie statique, mais également d'un dysfonctionnement des mécanismes de convergence dynamique, notamment le point proche de convergence (PPC) et les réserves fusionnelles positives (RFP). Ainsi, la présence d'une IC isolée renforce l'idée que le diagnostic de cette anomalie doit reposer sur une approche globale de la vision binoculaire, intégrant la phorie, le PPC et les RFP, plutôt que sur un seul paramètre.

L'étude a révélé que 10,5 % des enfants présentaient les trois signes d'IC et 16,3 % en présentaient deux signes. La prévalence de l'IC cliniquement significative a été estimée à 26,8 % (sujets présentant 2 ou 3 signes) au sein de cet échantillon scolaire. Ces estimations de prévalence sont presque similaires à celles rapportées par Maribeng et al qui ont rapporté une prévalence de 12 % des enfants présentaient les trois signes d'IC [39]. En revanche, notre prévalence apparaît plus élevée que celle décrite dans plusieurs études internationales menées en population scolaire, où les valeurs varient généralement entre 2,7 % et 5,3 % selon les critères utilisés[22], [23], [38].

Ces différences de prévalence peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs méthodologiques et populationnels. En effet, les variations de résultats entre les études sont souvent liées à la taille de l'échantillon, à la nature de la population étudiée (clinique vs scolaire générale), ainsi qu'aux protocoles d'évaluation et aux critères diagnostiques utilisés. Par exemple, Hayes et al. ont utilisé un critère de PPC de 6 cm (point de bris) associé à une cible accommodative, ce qui peut influencer directement la sensibilité du diagnostic[45]. Dans notre étude, nous avons utilisé un critère de Rouse et al PPC de 7,5 cm avec une cible non accommodative, ce qui peut expliquer une proportion plus élevée de sujets classés comme IC [26]. D'autres études utilisent également des méthodes différentes pour la mesure du PPC (crayon, règle de RAF), ce qui contribue encore à la variabilité des résultats.

Par ailleurs, des données normatives récentes du PPC en fonction de l'âge chez l'enfant montrent que les critères proposés par le groupe CIRS (rupture $\geq 7,5$ cm ou récupération $\geq 10,5$ cm). Ainsi que les variations méthodologiques entre les études, peuvent contribuer aux différences de prévalence observées dans la littérature.

Dans notre étude, la majorité des enfants présentant une insuffisance de convergence rapportaient une utilisation quotidienne des écrans d'au moins 4 heures, souvent de manière continue. Cette observation est cohérente avec les résultats rapportés par Namrata Srivastava et Nitesh Srivastava (2024), qui ont mis en évidence une relation étroite entre l'utilisation prolongée des appareils électroniques et l'apparition de troubles de la vision binoculaire, en particulier l'insuffisance de convergence [46]. Une autre étude importante menée par Hashemi et al. (2016) a examiné la relation entre l'insuffisance de convergence et l'utilisation du téléphone mobile dans une population âgée de 5 à 20 ans. Les résultats ont montré une corrélation statistiquement significative entre une utilisation prolongée du téléphone mobile (plus de 6 heures par jour) et une augmentation des symptômes de l'insuffisance de convergence, tels que les maux de tête, la fatigue oculaire et les difficultés de lecture[16].

Par ailleurs, les activités réalisées sur les écrans, telles que les jeux vidéo, l'utilisation des réseaux sociaux ou l'apprentissage en ligne, imposent un effort soutenu de fixation en vision de près. Cette sollicitation prolongée augmente la demande vergentielle, ce qui peut entraîner une fatigue des mécanismes de convergence et favoriser l'apparition de symptômes d'asthénopie, de céphalées, de vision floue intermittente, de diplopie occasionnelle ainsi que des difficultés de concentration lors des tâches de près.

Selon la revue de la littérature de Mon-López et al. (2020), l'utilisation intensive des appareils numériques est également associée au syndrome de vision numérique, caractérisé par une combinaison de symptômes oculaires et visuels résultant d'un travail prolongé sur écran. Les auteurs rapportent que la fixation continue des écrans s'accompagne souvent d'une diminution de la fréquence de clignement, entraînant une instabilité du film lacrymal et une sécheresse oculaire. Cette gêne oculaire peut accentuer la fatigue visuelle et réduire la capacité du sujet à maintenir une convergence efficace pendant les tâches de près. De plus, les longues périodes de travail rapproché sans interruption augmentent la charge exercée sur les systèmes vergentiels, ce qui pourrait contribuer au développement ou à l'aggravation de l'insuffisance de convergence chez les enfants et les adolescents[47].

Les résultats de notre étude suggèrent que l'utilisation fréquente des écrans chez les enfants pourrait favoriser l'apparition des signes cliniques d'insuffisance de convergence. Des mesures préventives telles que la réduction du temps d'exposition continu, et l'application de la règle du 20-20-20 pourraient contribuer à diminuer la sollicitation vergentielle et à préserver le confort visuel ainsi que la vision binoculaire[46], [48].

VI. Conclusion

En conclusion, notre étude met en évidence une prévalence non négligeable de l'insuffisance de convergence chez les enfants d'âge scolaire, ainsi qu'une association significative avec les principaux paramètres cliniques de la vision binoculaire, notamment le PPC, les réserves fusionnelles positives et la phorie de près. Les résultats soulignent également l'importance d'une évaluation globale de ces paramètres dans le diagnostic de l'IC. Les variations observées par rapport à la littérature peuvent s'expliquer par les différences méthodologiques et les critères diagnostiques utilisés. Enfin, ces données renforcent l'intérêt d'un dépistage précoce de l'insuffisance de convergence afin de mieux prévenir son impact sur le confort visuel et les performances visuelles des enfants.

Conclusion générale

L'insuffisance de convergence constitue l'un des troubles les plus fréquents de la vision binoculaire. Elle se caractérise par une difficulté à maintenir une convergence oculaire efficace lors des activités en vision de près, pouvant entraîner divers symptômes tels que la fatigue visuelle, les céphalées, la vision floue, la diplopie et les difficultés de lecture.

À travers cette étude, nous avons mis en évidence l'importance des différents paramètres de la vision binoculaire dans le diagnostic de l'insuffisance de convergence, en particulier le point proche de convergence, les phories de près et les réserves fusionnelles positives. La revue de la littérature a montré une grande variabilité de la prévalence de ce trouble selon les populations étudiées et les critères diagnostiques utilisés, soulignant la nécessité d'une standardisation des méthodes d'évaluation.

L'étude pratique réalisée auprès d'enfants scolarisés a permis d'évaluer les paramètres essentiels de la vision binoculaire et d'identifier les sujets présentant des signes compatibles avec une insuffisance de convergence. Les résultats obtenus confirment que cette anomalie n'est pas rare chez l'enfant et qu'elle peut avoir des conséquences sur le confort visuel, les capacités de lecture et le rendement scolaire lorsqu'elle n'est pas détectée à temps.

Au regard de ces observations, le dépistage précoce de l'insuffisance de convergence apparaît indispensable. L'intégration systématique de l'évaluation des vergences et de la vision binoculaire dans les examens visuels de routine permettrait une meilleure identification des enfants à risque et une prise en charge plus rapide. Ainsi, une correction adaptée et une rééducation orthoptique précoce peuvent contribuer à améliorer significativement le confort visuel et les performances scolaires des jeunes patients.

En conclusion, l'insuffisance de convergence représente un véritable enjeu de santé visuelle. Son dépistage précoce, associé à une prise en charge adaptée reposant sur la correction optique lorsque nécessaire et la rééducation orthoptique, permet d'améliorer significativement la qualité de vie des patients. Ainsi, l'intégration systématique de l'évaluation de la vision binoculaire dans les examens visuels de routine, particulièrement en milieu scolaire, apparaît essentielle pour prévenir les répercussions fonctionnelles et favoriser un développement visuel chez l'enfant.

Liste des abréviations :

IC : Insuffisance de convergence

PPC : Punctum proximum de convergence

RFP : Reserve fusionnelle positive (convergence)

Δ : dioptrie prismatique

VL : vision de loin

VP : vision de près

OD : œil droit

OG : œil gauche

Ortho : orthophorie

X : exophorie

CIRS: THE CONVERGENCE INSUFFICIENCY AND READING STUDY

CITT: Convergence Insufficiency Treatment Trial

CISS: Convergence Insufficiency Symptom Survey

Bibliographies:

- [1] L. I. Hassan, S. M. Ibrahim, M. Abdu, ET A. MohamedSharif, « Prevalence of convergence insufficiency among secondary school students in Khartoum, Sudan », *Oman J Ophthalmol*, vol. 11, n° 2, p. 129-133, 2018, doi: 10.4103/ojo.OJO_170_2017.
- [2] Bour, L. et Brémont-Gignac, D., *Analyse de la vision – BTS Opticien-Lunetier*. Elsevier Masson, 2018.
- [3] T. R. Candy et L. K. Cormack, « Recent understanding of binocular vision in the natural environment with clinical implications », *Progress in Retinal and Eye Research*, vol. 88, p. 101014, mai 2022, doi: 10.1016/j.preteyeres.2021.101014.
- [4] G. Kommerell, « Normal and abnormal binocular vision », *Eye*, vol. 10, n° 2, p. v-vi, mars 1996, doi: 10.1038/eye.1996.39.
- [5] E. Bui Quoc, « Vision binoculaire », *Revue Francophone d'Orthoptie*, vol. 13, n° 2, p. 62-69, avr. 2020, doi: 10.1016/j.rfo.2020.05.009.
- [6] Wright, Kenneth W. ET Spiegel, Peter H., *Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, 2^e éd. 2003. [En ligne]. Disponible sur: [https://books.google.dz/books?hl=fr&lr=&id=QBbnBwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR11&dq=Wright,+K.+W.,+%26+Spiegel,+P.+H.+\(2003\).+Pediatric+Ophthalmology+and+Strabismus&ots=kGq0F4Z7p3&sig=P2Zu7C5RzQkfF3mYWWoQz4iqyss&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.dz/books?hl=fr&lr=&id=QBbnBwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR11&dq=Wright,+K.+W.,+%26+Spiegel,+P.+H.+(2003).+Pediatric+Ophthalmology+and+Strabismus&ots=kGq0F4Z7p3&sig=P2Zu7C5RzQkfF3mYWWoQz4iqyss&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- [7] Michael Dorr ET Miyoung Kwon, « Binocular Summation and Suppression of Contrast Sensitivity in Strabismus, Fusion and Amblyopia », *ResearchGate*, mai 2026, doi: 10.3389/fnhum.2019.00234.
- [8] D. Spiegel, A. Baldwin, et R. Hess, « The Relationship Between Fusion, Suppression, and Diplopia in Normal and Amblyopic Vision », *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, vol. 57, p. 5810, oct. 2016, doi: 10.1167/iovs.16-20438.
- [9] L. R. H. Santos, P. D. C. Pérez, L. P. Castro, S. S. Deustua, et M. G. Duquesne, « Vergencias fusionales. Exploración e importancia en la práctica clínica », *Revista Cubana de Oftalmología*, vol. 35, n° 1, juill. 2022, Consulté le: 6 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://revoftalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/view/1199>
- [10] G. K. Von Noorden ET E. C. Campos, *Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus*, 6th ed. St. Louis, Mo: Mosby, 2002.
- [11] M. Patten ET A. Murphy, « Relative Disparity Processing in the Dorsal Visual Pathway », *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, vol. 32, p. 5353-5, avr. 2012, doi: 10.1523/JNEUROSCI.0588-12.2012.
- [12] Y. Trotter, « Neurobiologie de la perception tridimensionnelle », *Revue Francophone d'Orthoptie*, vol. 6, n° 4, p. 148-154, oct. 2013, doi: 10.1016/j.rfo.2013.10.005.
- [13] F. C. (Franciscus C. Donders, *on the anomalies of accommodation and refraction of the eye, with a preliminary essay on physiological dioptrics*. London : The New Sydenham Society, 1864. Consulté le: 6 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur: <http://archive.org/details/onanomaliesofacc00dond>
- [14] E. F. Fincham ET J. Walton, « The reciprocal actions of accommodation and convergence », *The Journal of Physiology*, vol. 137, n° 3, p. 488-508, 1957, doi: 10.1113/jphysiol.1957.sp005829.
- [15] *Borish's clinical refraction*. Philadelphia : W.B. Saunders, 1998. Consulté le: 6 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur: <http://archive.org/details/borishsclinicalr0000unse>
- [16] M. Scheiman, B. Wick, ET B. Steinman, *Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders*, 5th edition. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2020.
- [17] H. Kaufmann, « Terminologie et caractéristiques des différents troubles de l'oculomotricité », in *Troubles de la vision binoculaire*, Elsevier Masson, 2021.
- [18] « The Accommodation-Vergence conflict and how it affects your kids (and yourself) », Packet39. Consulté le: 5 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://packet39.com/blog/the-accommodation-vergence-conflict-and-how-it-affects-your-kids-and-yourself/>
- [19] G. Rémi et F. Maillet, « L'insuffisance de convergence : Diagnostic et prise en charge orthoptique », juin 2024.
- [20] « C'est quoi insuffisance de convergence ? » Consulté le: 5 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.synonyme-du-mot.com/les-articles/cest-quoi-insuffisance-de->

convergence?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAYnJpZBExYzVYYVFzTjIHZE1qUkxYSnNydGMGYXBwX2lkEDlyMjAzOTE3ODgyMDA4OTIAAR5SxK4Fv1P6-83bCwke-adqFHnGhZkOrvvLJESKsPdBZC50ZzuaBgcr7aYUw_aem_C_xa8xMYpIERuqAXgfhxWA#google_vignette

- [21] *Réfraction oculaire et vision binoculaire*. Paris: Lavoisier Tec & doc, 2018.
- [22] Martin Ming-Leung Ma* BSc *et al.*, « Convergence insufficiency in Chinese high school students », 2018.
- [23] L. Gantz et H. Stiebel-Kalish, « Convergence insufficiency: Review of clinical diagnostic signs », *J Optom*, vol. 15, n° 4, p. 256-270, 2022, doi: 10.1016/j.optom.2021.11.002.
- [24] F. H. Roy, F. W. Fraunfelder, F. T. Fraunfelder, et Ralph Erskine Conrad Memorial Fund, Éd., *Roy and Fraunfelder's current ocular therapy*, Sixth edition. Philadelphia, Pa Edinburgh: Elsevier Saunders, 2008.
- [25] S. Sathyan, N. Beena, D. Nair, et A. Varughese, « Convergence insufficiency », *Kerala J Ophthalmol*, vol. 28, n° 2, p. 88, 2016, doi: 10.4103/kjo.kjo_3_17.
- [26] M. Rouse *et al.*, « Frequency of convergence insufficiency among fifth and sixth graders. The Convergence Insufficiency and Reading Study (CIRS) group », *Optometry and vision science : official publication of the American Academy of Optometry*, vol. 76, p. 643-9, oct. 1999.
- [27] P. F. Daniel, « Dysfonctionnements de la synergie vergence et accommodation chez les jeunes adultes : impact sur les saccades, la lecture et la cognition », 2017.
- [28] C. Darko-Takyi, N. Ebrahim Khan, et U. Nirghin, « A review of the classification of nonstrabismic binocular vision anomalies », *Optometry Reports*, vol. 5, juin 2016, doi: 10.4081/optometry.2016.5626.
- [29] « Exophorie – Causes, diagnostic et traitement ». Consulté le: 5 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.apollohospitals.com/fr/symptoms/exophoria>
- [30] Brian Dornbos, OD, FAAO, Gregory Kitchener, OD, et Vassilis Kokotas, BSc, DOptom, DHP, « Insuffisance de convergence », *Points de Vue – International Review of Ophthalmic Optics*, oct. 2019, [En ligne]. Disponible sur: <https://www.optiqueduvillard.ch/images/blog/pdf/insuffisance-de-convergence.pdf>
- [31] Scheiman Mitchell, Michael Gallaway, Gallaway M, et Peters RJ, « Nearpoint of Convergence: Test Procedure, Target Selection, and Normative Data | Request PDF », *ResearchGate*, avr. 2003, doi: 10.1097/00006324-200303000-00011.
- [32] M. Scheiman, Rouse, Michael, et Kulp, Marjean, « A Randomized Clinical Trial of Treatments for Convergence Insufficiency in Children », *Arch Ophthalmol*, vol. 123, n° 1, p. 14, janv. 2005, doi: 10.1001/archophth.123.1.14.
- [33] R. Rodríguez, M. Pérez, J. García, et M. González, « Statistical normal values of visual parameters that characterize binocular function in children », *Ophthalmic & physiological optics : the journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*, vol. 24, p. 528-42, déc. 2004, doi: 10.1111/j.1475-1313.2004.00234.x.
- [34] K. Arnoldi et J. Reynolds, « A Review of Convergence Insufficiency: What Are We Really Accomplishing with Exercises? », *The American orthoptic journal*, vol. 57, p. 123-30, janv. 2007, doi: 10.3368/aoj.57.1.123.
- [35] Duane et Alexander, « A new classification of the motor anomalies of the eye based upon physiological principles », *Annals of Ophthalmology and Otology*, p. 247-260, Consulté le: 6 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur: <https://collections.nlm.nih.gov/bookviewer?PID=nlm:nlmuid-67910660R-bk>
- [36] H. Hashemi *et al.*, « The Prevalence of Fusional Vergence Dysfunction in a Population in Iran », *Journal of Current Ophthalmology*, vol. 33, p. 112-117, juill. 2021, doi: 10.4103/JOCO.JOCO_61_20.
- [37] R. Ghadban, J. Martinez, N. Diehl, et B. Mohny, « The Incidence and Clinical Characteristics of Adult-Onset Convergence Insufficiency », *Ophthalmology*, vol. 122, janv. 2015, doi: 10.1016/j.ophtha.2014.12.010.
- [38] S.-C. Carla, B.-F. Sara, C.-R. Jm, et P.-Á. Catalina, « Prevalence of convergence insufficiency among Spanish school children aged 6 to 14 years », *Journal of Optometry*, vol. 15, n° 4, p. 278-283, oct. 2022, doi: 10.1016/j.optom.2021.11.004.

- [39] Maribeng, Ennie Raesibe, « Prevalence of Convergence Insufficiency among University of Limpopo students: A cross sectional study », University of Limpopo, Polokwane, South Africa, 2025.
- [40] M. Ajmal Chaudhary, S. Arbi, I. Waheed, M. Ch, N. Ahmad, et S. Haneef, « Prevalence of Convergence Insufficiency in Patients Suffering from Headache. », *The Professional Medical Journal*, vol. 30, juill. 2023, doi: 10.29309/TPMJ/2023.30.07.7520.
- [41] S. Aziz, M. Cleary, H. K. Stewart, et C. R. Weir, « Are Orthoptic Exercises an Effective Treatment for Convergence and Fusion Deficiencies? », *Strabismus*, vol. 14, n° 4, p. 183-189, janv. 2006, doi: 10.1080/09273970601026185.
- [42] M. Dragomir, L. Truş, D. Chirilă, et C. Stîngu, « [Orthoptic treatment efficiency in convergence insufficiency treatment] », *Oftalmologia*, vol. 53, n° 3, p. 66-69, 2001.
- [43] Raju Kaiti, Ranjila Shyangbo, This person is not on ResearchGate, or hasn't claimed this research yet., Nepal Eye Hospital, Nepal Eye Hospital, et Bishal Hamal, « Convergence Insufficiency - Perception », *ResearchGate*, mai 2026, doi: 10.33140/JOCR.04.02.01.
- [44] Raimundo Jiménez Rodríguez *et al.*, « Statistical normal values of visual parameters that characterize binocular function in children », *ResearchGate*, Consulté le: 6 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur:
https://www.researchgate.net/publication/8226506_Statistical_normal_values_of_visual_parameters_that_characterize_binocular_function_in_children
- [45] G. J. Hayes, B. E. Cohen, M. W. Rouse, et P. N. De Land, « Normative values for the nearpoint of convergence of elementary schoolchildren », *Optom Vis Sci*, vol. 75, n° 7, p. 506-512, juill. 1998, doi: 10.1097/00006324-199807000-00019.
- [46] Namrata Srivastava 1, * and Nitesh Srivastava, « Exploring the link between convergence insufficiency and electronic device use », *International Journal of Science and Research Archive*, p. 1339-1348, 2024, doi: <https://ijsra.net/node/3872>.
- [47] D. Mon-López, R. Bernardez-Vilaboa, A. A. Fernandez-Balbuena, et M. Sillero-Quintana, « The Influence of COVID-19 Isolation on Physical Activity Habits and Its Relationship with Convergence Insufficiency », *Int J Environ Res Public Health*, vol. 17, n° 20, p. 7406, oct. 2020, doi: 10.3390/ijerph17207406.
- [48] M. Rosenfield, « Computer vision syndrome (a.k.a. digital eye strain) », *Optometry in practice*, vol. 17, p. 1-10, janv. 2016.