



ELSEVIER
MASSON



Disponible en ligne sur

ScienceDirect

www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte

www.em-consulte.com

Neuropsychiatrie de l'enfance et de l'adolescence 63 (2015) 302–309

*neuropsychiatrie
de l'enfance
et de l'adolescence*

Éditorial/Point de vue

Effets positifs d'une exposition à des séquences vidéo ralenties sur l'attention, la communication sociale et les troubles du comportement chez 4 enfants autistes sévères : une étude translationnelle pilote

Positive impact of slowed down video sequences on attention, social communication and behaviour in four children with severe autism: A pilot translational study

Mots clés : Autisme ; Étude de cas ; Ralentissement ; Recherche translationnelle ; Communication sociale ; Attention ; Interaction

Keywords: Autism; Case study; Slow down; Translational research; Social Communication; Attention; Social interaction

1. Introduction

Depuis la première description de l'autisme infantile par Kanner en 1943 [1], ce syndrome a été progressivement étendu à un ensemble relativement hétérogène de manifestations cliniques appelées troubles envahissants du développement (TED), caractérisés par des déficits plus ou moins sévères et envahissants de la communication verbale et non verbale et des interactions sociales, et par des intérêts atypiques et des comportements restreints et répétitifs [2,3].

Plusieurs théories sensorielles, cognitives ou socio-émotionnelles ont été proposées depuis 40 ans pour expliquer ces difficultés et particularités développementales et comportementales dans l'autisme, en particulier celles s'appuyant sur un déficit de la reconnaissance et de l'appariement trans-modal des indices émotionnels contenus dans les mouvements du visage et du corps, la voix et le contexte socio-émotionnel [4], des troubles complexes de l'imitation [5], des troubles du fonctionnement exécutif (inhibition, anticipation, planification) [6], un déficit de perception et de compréhension des états mentaux d'autrui via l'observation de visages, de scènes sociales ou de scénarios sollicitant normalement l'empathie (déficit de construction d'une théorie de l'esprit, déficit d'empathisation, avec a contrario excès de systématisation) [7], une faiblesse de la cohérence centrale (difficulté à grouper les percepts en un tout cohérent et unifié) [8], un sur-fonctionnement perceptif (visuel et auditif) et intellectuel dans certains domaines de prédilection [9].

Notre approche psychopathologique développementale de l'autisme, en partie compatible avec l'ensemble de ces théories,

<http://dx.doi.org/10.1016/j.neurenf.2015.01.004>

0222-9617/© 2015 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

s'appuie quant à elle sur l'existence de déficits du traitement perceptif et intégratif des informations environnementales de fréquences temporelles élevées, qu'il s'agisse du mouvement visuel [10] ou encore des sons de la parole et des informations proprioceptives [11]. Autrement dit, les informations en provenance de l'environnement humain et non humain sont trop rapidement mouvantes ou changeantes pour être traitées en temps réel, de manière simultanée, globale et cohérente, par de nombreuses personnes autistes. Par exemple, les signaux audio-visuels émis par un interlocuteur et a fortiori plusieurs interlocuteurs lors d'une interaction sociale impliquant de multiples paroles, gestes, mimiques faciales et mouvements corporels rapides, difficilement prévisibles et interprétables, seraient soit évités du fait de leur charge sensorielle, émotionnelle et informationnelle excessive, soit traités plus lentement, générant des troubles de la compréhension des signaux de communication verbale, faciale, émotionnelle, et une désynchronisation dans les échanges avec l'interlocuteur.

Parallèlement, les personnes autistes développent des capacités parfois hors du commun (en intensité, rapidité, efficacité) pour détecter, observer, percevoir et mémoriser des détails informationnels multiples, notamment les détails visuels ou sonores (biais local et sur-fonctionnement perceptif [9]). Cette focalisation de leur attention sur les détails prend du temps, se fait au détriment d'une perception globale, mais elle peut aussi aboutir à des performances accrues, voire de véritables prouesses mnésiques pour les dates, les lettres, les mots, les langues, ou pour les chiffres et le calcul, où les synesthésies jouent un rôle important.

Ce puzzle de déficits et de lenteur pour traiter les informations dynamiques rapides, et de sur-fonctionnement et de rapidité pour

traiter les détails a abouti au concept de « désordres du traitement temporo-spatial » (DTTS) des stimuli multi-sensoriels [11] qui pourrait être au cœur des principaux troubles moteurs, cognitifs, socio-émotionnels et comportementaux de nombreuses personnes atteintes de troubles du spectre de l'autisme.

Plusieurs études expérimentales semblent confirmer cette approche, en montrant le bénéfice pour certains enfants autistes d'une présentation ralentie des signaux audio-visuels par rapport à une présentation en temps réel. En effet, une présentation ralentie d'expressions faciales émotionnelles et non émotionnelles leur permet de mieux identifier l'expression, et en induit davantage d'imitation immédiate [12,13]. Une présentation ralentie de mimiques faciales et de gestes génère une augmentation de la production de comportements d'imitation volontaire de ces mouvements et gestes par certains enfants autistes (sévères) [14]. Enfin, le ralentissement de phonèmes ambigus en améliore la catégorisation [15], et le ralentissement de consignes verbales simples et complexes en améliore la compréhension, pour certains enfants autistes [16]. En contexte expérimental, le ralentissement via un ordinateur des signaux visuels et sonores semble donc accroître et améliorer la perception visuelle et auditive et leur association bimodale chez les enfants autistes, et plus particulièrement chez ceux ayant un degré relativement sévère d'autisme et/ou un faible niveau développemental verbal. Le monde va trop vite pour de nombreux enfants autistes [17] mais aussi pour nombre d'adultes autistes [18], et le ralentissement (naturel ou artificiel) de l'environnement pourrait les aider à mieux le percevoir et le décoder.

Dans la continuité de ces travaux, l'application numérique LogiralTM a été développée pour permettre de ralentir de façon synchrone le son et l'image de séquences présentées à l'écran d'un ordinateur PC [19] ou d'une tablette numérique [20], sans déformation de la fréquence acoustique du son, c'est-à-dire sans modification de la tonalité de la voix.

Dans la présente recherche translationnelle pilote, nous testons la plateforme LogiralTM auprès de quatre enfants autistes afin de déterminer si une exposition répétée et ciblée à des stimuli audio-visuels présentés au ralenti leur permet d'améliorer certains comportements au cours des séances, au fil du temps. Nous faisons l'hypothèse que cette exposition répétée pourrait accroître leur engagement attentionnel sur les supports audio-visuels proposés, améliorer leur compréhension et leur communication verbale et émotionnelle, leur imitation spontanée et intentionnelle, et leur réciprocité socio-émotionnelle et, ce faisant, diminuer leurs troubles du comportement au fil du temps.

2. Méthode

2.1. Participants

Quatre enfants autistes, diagnostiqués selon les critères de la CIM-10 [2], ont été recrutés pour participer à cette étude, après information complète et loyale de leurs parents, et obtention de leur signature d'un formulaire de consentement libre et éclairé, incluant pour tous l'autorisation de les filmer pendant les séances, et pour trois d'entre eux, l'autorisation de

diffuser ces films à des fins d'enseignement, de formation et de recherche.

Ils ont également tous été évalués avec la CARS (échelle d'évaluation de l'autisme infantile) [21], l'ECSP (échelle de communication sociale précoce) [22], un test de PEP-3 [23], et un questionnaire de Vineland [24].

Ces enfants sont régulièrement pris en charge dans un hôpital de jour pour enfants à Marseille¹.

Leurs caractéristiques cliniques (âge, diagnostic, sévérité des troubles, niveau de développement sensorimoteur, verbal, socio-émotionnel, cognitif et socio-adaptatif) sont détaillées dans le [Tableau 1](#). Leurs prises en charge respectives au sein et à l'extérieur de l'hôpital de jour sont détaillées dans le [Tableau 2](#).

2.1.1. Participant 1 : E.

E. est une petite fille, non verbale, âgée de 6 ans et 11 mois au début de notre étude. Les supports audio-visuels lui ont été présentés à une vitesse de ralentissement de 70 % (par rapport à la vitesse temps-réel qui est de 100 %), un degré de ralentissement considéré comme correct pour elle, c'est-à-dire suscitant une attention optimale de sa part à l'égard des supports audio-visuels.

E. est un enfant généralement repliée sur elle-même qui n'échange pas avec les autres enfants et qui ne sollicite l'adulte qu'en cas de besoin (faim, besoin de réassurance). Elle ne communique pas par la parole mais par des sons et des gestes ; elle produit très fréquemment des sons stéréotypés et des activités motrices répétitives, ainsi que des comportements particuliers centrés sur son corps. Elle ne montre pas d'intérêt pour les jouets et les objets mais sait néanmoins en utiliser certains de manière appropriée en fonction de ses besoins. Elle peut réagir vivement à la frustration par des pleurs et être violente envers elle-même mais jamais envers les autres. Anxieuse, elle présente des difficultés à focaliser son attention sur une tâche, montre des réactions particulières à certains sons, elle porte également de l'intérêt aux odeurs et peut sélectionner des objets en fonction de sensations qu'elle trouve agréables ou non. E. met du temps à réagir et à intégrer ce qui se passe dans son environnement. Elle ne fait pas l'effort de faire des expériences nouvelles dont elle pourrait tirer profit, chaque comportement doit d'abord être encouragé par l'adulte, souvent avec insistance, sinon elle reste fixée sur des rituels. Elle ne va ensuite faire les choses que si elle y voit un intérêt, si elle ressent un besoin ou une gêne.

2.1.2. Participant 2 : K.

K. est un petit garçon, non verbal, âgé de 6 ans et 9 mois au début de notre étude. Les supports audio-visuels lui ont été présentés à une vitesse de ralentissement de 80 %.

K. est né prématurément à 6 mois de grossesse. Il a été nourri par sonde jusqu'à ses 4 mois. Ce petit garçon préfère être seul mais il lui arrive d'échanger avec les adultes et les autres enfants, et il se sert fréquemment de l'adulte pour obtenir quelque chose. Il ne communique pas par la parole mais d'abord par le geste puis par les sons. C'est un enfant très expressif qui réagit rapidement aux gestes ou aux consignes verbales simples même en l'absence

¹ Hôpital de jour pour enfants de Plombières (Marseille 14^e).

Tableau 1
Caractéristiques cliniques des 4 enfants avec autisme ayant participé à l'étude.

Participants	E.	K.	J.	V.
Genre	Féminin	Masculin	Masculin	Masculin
Âge réel	6 ans et 11 mois = 83 mois	6 ans et 9 mois = 81 mois	6 ans et 8 mois = 80 mois	7 ans et 5 mois = 89 mois
Diagnostic selon la CIM-10	F 84,0	F 84,0	F 84,0	F 84,0
Degré de sévérité (score CARS)	Autisme infantile 44,5	Autisme infantile 44	Autisme infantile 42,5	Autisme infantile 46,5
Niveau de compétences socio-communicatives (ECSP)	Autisme sévère 10 mois	Autisme sévère 15 mois	Autisme sévère 10 mois	Autisme sévère 11 mois
Âge de développement (PEP-3)	16 mois	18 mois	19 mois	17 mois
Niveau de développement socio-adaptatif (VABS)	14 mois	19 mois	20 mois	18 mois

CARS (Childhood Autism Rating Scale) [21] : évalue la sévérité du trouble autistique (léger, modéré, sévère) ; ECSP (échelle de communication sociale précoce) [22] : évalue les compétences de l'enfant au niveau de l'attention, l'interaction sociale et la régulation du comportement ; PEP-3 (profil psycho-éducatif) [23] : évalue le niveau de développement de l'enfant par mesure directe de ses capacités dans plusieurs domaines et sur différentes fonctions développementales (communication, motricité, cognition, imitation. . .) ; VABS (Vineland Adaptive Behaviour Scale) [24] : évalue le niveau de l'enfant par mesure de son comportement adaptatif dans la vie quotidienne (socialisation, communication, autonomie, motricité).

de contexte explicite. K. est souvent agité, il présente des activités motrices répétitives très fréquentes et réagit très vivement à la frustration par des cris, des pleurs ou la violence. Son utilisation des objets est très ritualisée : il ne joue pas de manière appropriée avec les jouets mais utilise les objets de manière globalement appropriée. Il est capable d'imitation gestuelle avec et sans objet. C'est un enfant taquin qui aime le jeu et l'échange s'il est dans un cadre favorable comme des activités en très petit groupe ou lorsqu'il est seul avec peu d'adultes. Il aime les sensations, être porté, serré, faire des roulades sans interruption, il porte beaucoup d'intérêt à la télévision, aux images, aux sons et à la musique.

2.1.3. Participant 3 : J.

J. est un petit garçon, non verbal, âgé de 6 ans et 8 mois au début de notre étude. Les supports audio-visuels lui ont été présentés à une vitesse de ralentissement de 65 %.

J. est un enfant solitaire qui répond peu aux sollicitations. Il n'échange pas avec les autres enfants mais il sait solliciter

l'adulte par le geste lorsqu'il en a besoin. Son visage reflète ses émotions, bien qu'elles soient peu variées car J. est passif et angoissé, il pleure beaucoup à l'hôpital de jour car la séparation avec sa maman est difficile. En revanche, il peut être volontaire, souriant, en lien avec les autres et très présent durant les activités ou les soins à l'hôpital de jour. Il présente des difficultés attentionnelles et une faible notion de son corps selon le cadre dans lequel il se trouve, surtout lorsqu'il n'a pas de repères. Il joue peu avec des objets ou des jouets, il a surtout tendance à les agripper et ne les utilise pas toujours de manière appropriée. J. a tendance à se boucher les oreilles lorsqu'un bruit est intense, il ne présente pas de gestes ni de sons stéréotypés. Il peut mettre du temps à réagir selon le contexte : lorsqu'il est dans un cadre calme et sécurisant, J. intègre très bien les informations.

2.1.4. Participant 4 : V.

V. est un petit garçon, non verbal, âgé de 7 ans et 5 mois au début de notre étude. Les supports audio-visuels lui ont été présentés à une vitesse de ralentissement de 80 %.

Tableau 2
Tableau récapitulatif des prises en charge des 4 enfants au sein de l'hôpital de jour.

	Participants			
	E.	K.	J.	V.
Prises en charge au sein de l'hôpital de jour	Atelier « classe spécialisée »	Atelier « classe spécialisée »	Atelier « classe spécialisée »	Atelier « classe spécialisée »
	Atelier « comptines »	Atelier « comptines »	Groupe « sens et jeux »	Groupe sensorimoteur
	Groupe « éveil sensoriel »	Groupe « éveil sensoriel »	Danse/travail corporel	Atelier « pâtisserie »
	Danse/travail corporel	Groupe « psychomotricité »	Groupe « psychomotricité »	Atelier « conte »
	Atelier « prise en charge sur le groupe »		Atelier « jardin musical »	Atelier « pré-jeux »
Prises en charge extérieures	Atelier « pré-jeux »			
	Thérapie en CMP	Psychomotricité CMPP		
	Orthophonie	Psychothérapie CMPP		

V. n'interagit pas avec les autres enfants et reste principalement seul, mais il communique de façon non verbale avec l'adulte en fonctions de ses besoins. Son temps de réaction augmente en fonction de ses envies, du nombre d'enfants autour de lui ou si son environnement n'est pas assez sécurisant. Il peut être attentif aux mouvements faciaux lorsqu'on lui épelle des lettres par exemple qu'il tente d'imiter en différé. V. joue particulièrement avec des jouets musicaux qu'il colle à son oreille ou avec lesquels il fait des expériences (auto)-sensorielles. Les sons et la musique attirent fortement son attention, il aime se créer des sensations sonores, se balancer à leur écoute et il produit souvent des sons stéréotypés. Son utilisation des objets est très ritualisée. V. a fréquemment des difficultés attentionnelles et porte une attention exagérée à certaines choses. Il réagit vivement à la frustration et il peut, dans ces cas-là, être violent envers son entourage. C'est un enfant réactif qui comprend les consignes qu'on peut lui énoncer. Il montre aussi un grand intérêt pour les chiffres et les lettres qu'il sait reconnaître.

3. Matériels

3.1. Stimuli audio-visuels

Plusieurs types de stimuli audio-visuels ont été utilisés lors des séances :

- dessins animés comme *Le Roi Lion*, *Petit Ours Brun*, *Les Teletubbies*, *Franklin la tortue* ;
- comptines illustrées comme *La Mère Michel* ou *Promenons-nous dans les bois* ;
- films de quelques secondes de personnes familières (instituteur de l'hôpital de jour) ou non familières exprimant des expressions faciales émotionnelles de base (la joie, la peur, le dégoût, la colère, la tristesse et l'étonnement) ;
- films du visage de l'expérimentateur énonçant des consignes d'actions simples ou complexes portant sur différents matériels : par exemple donner un lego selon sa couleur dans le cas d'une consigne simple, prendre un livre et le placer à un endroit donné dans le cas d'une consigne complexe ; ou pointer une image demandée ;
- films de l'expérimentateur effectuant des mimiques faciales ou gestes et demandant d'imiter (taper dans les mains, tirer la langue, etc.) ;
- films de l'instituteur spécialisé de l'hôpital de jour en train de lire un livre pour enfant en montrant les illustrations ;
- séquences des enfants eux-mêmes filmés dans diverses situations.

3.2. Logiciel

Afin de pouvoir présenter les diverses séquences vidéo au ralenti, nous avons utilisé l'application numérique LogiralTM (acronyme de LOGiciel de RALentissement) qui permet de ralentir, de manière synchrone, le son et l'image de quasiment tous les types de format audio-visuel, sans altérer la hauteur des sons ni la tonalité de la voix [19]. Cette application numérique a été installée sur un ordinateur PC portable (Dell Latitude[®]).

Des supports photographiques ont également été utilisés comme par exemple des images extraites des dessins animés ou des photographies des mêmes émotions présentées à l'écran aux enfants.

3.3. Procédure expérimentale

Chaque enfant a participé à 10 séances d'environ 30 minutes, soit une séance par semaine durant 3 mois. Les jours et horaires étaient réguliers. Ces séances ont été mises en place sous la forme d'un atelier expérimental adapté au niveau de développement et aux intérêts de chaque enfant. Elles se sont déroulées dans une pièce dédiée où se trouvait une table sur laquelle étaient posés l'ordinateur, la caméra destinée à filmer les séances placée derrière l'ordinateur face à l'enfant, ainsi que les différents matériels nécessaires selon les séances. Durant chacune des 10 séances, trois ou quatre types de stimuli audio-visuels parmi ceux énumérés plus haut, étaient présentés à l'écran de l'ordinateur en vitesse ralentie, à un tempo propre et optimal pour chaque enfant (celui qui suscite le maximum d'attention sur une scène visuelle connue de l'enfant, un dessin animé qu'il regarde à domicile).

L'enfant et l'expérimentateur étaient assis côte à côte, face à la table et à l'écran d'ordinateur.

Au cours de chaque séance, l'enfant était sollicité par l'expérimentateur pour observer différentes séquences vidéo présentées au ralenti, puis réagir par pointage aux questions posées ou bien aux consignes d'observation, d'action et d'imitation reçues durant la vidéo. Deux séances d'essais préliminaires ont précédé le démarrage de l'étude proprement dite, afin de familiariser les enfants avec les différents matériels, et déterminer le ralentissement optimal pour chaque enfant.

3.4. Nature des données cliniques recueillies

Deux échelles d'observation clinique ont été spécifiquement conçues et utilisées dans cette étude, pour permettre de cibler le répertoire de comportements (attentionnels, communicatifs, imitatifs et socio-émotionnels, etc.) sur lesquels nous souhaitons mettre en évidence un éventuel effet du ralentissement des informations audio-visuelles chez les participants au cours du temps.

3.4.1. Une échelle d'observation de comportements dits « positifs »

Cette échelle (Annexe 1) comprend dix-huit items, regroupés en 4 catégories : attention, communication verbale et communication non verbale, réciprocité des échanges. Chaque item est codé selon un score variant de 0 à 4, où 0 correspond à une fréquence d'apparition nulle d'un comportement et 4 correspond à une apparition très fréquente. La moyenne des scores, et donc de la fréquence d'observation des items composant chacune des 4 catégories, est ensuite calculée, afin d'obtenir le score de chaque catégorie par séance. Ce sont ces moyennes que nous analysons par la suite.

3.4.2. Une échelle d'observation de comportements dits « inappropriés »

Cette échelle (Annexe 2) comprend 15 comportements considérés comme inappropriés du fait que, par leur nature, leur durée ou leur intensité, ils perturbent significativement le comportement de l'enfant au cours de la séance (instabilité, agitation, mouvements pulsionnels, stéréotypies, isolement, etc.). Chaque item est codé selon sa fréquence d'apparition par un score allant de 0 à 4 (0 correspondant à une fréquence nulle et 4 correspondant à une apparition très fréquente de ces comportements). La durée des comportements inadaptés est également codée selon un score qui varie de 0 à 4 (0 équivaut à une durée nulle, c'est-à-dire une absence de comportement inapproprié, et 4 correspond à une durée longue).

L'indicateur global utilisé pour analyser les comportements inappropriés est constitué par l'addition de la fréquence de ces comportements et de leur durée. Plus cet indicateur est élevé plus les comportements inappropriés ont été importants au cours de la séance.

Les deux échelles d'observation clinique ont été remplies par l'expérimentateur immédiatement après chaque séance, à partir du film intégral de la séance.

Un autre observateur a réalisé un second codage d'un échantillon de 3 séances parmi les 10 séances effectuées au total pour chacun des 4 participants : la 1^{re}, la 5^e et la 10^e séance. Ce second codage a été réalisé en aveugle, c'est-à-dire dans un ordre aléatoire et différent pour chaque échantillon de 3 séances. La fidélité inter-juge a été mesurée avec un Tau de Kendall sur les données agrégées. Les corrélations sont respectivement de 0,96 ($p < 0,01$) pour les mesures de comportements dits « positifs », et de 0,75 ($p < 0,01$) pour les mesures de comportements dits « inappropriés », indiquant dans les deux cas une fidélité inter-juge très satisfaisante.

3.5. Modélisation des données et analyses statistiques

Nous analysons en premier lieu l'évolution globale des comportements positifs au cours du temps en prenant comme mesure à expliquer les scores issus du codage de ces comportements. Nous comparons les 4 catégories de

comportements dits « positifs » (attention, communication verbale, communication non verbale, réciprocité des échanges) afin de préciser l'évolution de ces comportements au cours des séances, ou plus précisément, si l'un ou plusieurs de ces comportements bénéficie plus que les autres des séances.

Puis nous analysons de la même manière l'évolution des comportements inappropriés.

Ces données qui présentent une structure longitudinale sont traitées au moyen de modèles linéaires généralisés à effets mixtes (GLMM et GEE) [25]. Les analyses sont réalisées à l'aide du logiciel de statistiques R [26]. Cette approche statistique permet d'analyser l'évolution au cours des séances des différents indices comportementaux en prenant en compte les caractéristiques individuelles de chaque enfant. En effet, ces analyses ne reposent pas sur des moyennes calculées au niveau du groupe, ce qui neutraliserait les différences interindividuelles. Quatre modèles d'analyse ont successivement été estimés puis comparés les uns aux autres par ordre de complexité croissante (Tableau 3). Appliquée aux comportements positifs, la comparaison des modèles par les AIC (Akaike Information Criterion) (AIC(m1) = 442,73 ; AIC(m2) = 283,40 ; AIC(m3) = 245,75), ainsi que les comparaisons des modèles deux à deux, montrent que le modèle 3 (m3) est le mieux ajusté aux données (AIC le plus bas), résultat qui suggère que le travail réalisé au cours des séances ne produit pas le même effet sur les différents comportements étudiés ici.

4. Résultats

4.1. Comportements « positifs »

Afin d'analyser plus précisément ces évolutions, nous avons estimé les paramètres du modèle m3 par la procédure GEE (*generalized estimating equation* [27]). Ce type d'analyse permet d'estimer chaque paramètre individuellement et d'y associer une probabilité. Les traitements d'un GEE prennent pour référence la modalité communication verbale retenue pour sa stabilité. Les autres domaines (communication non verbale, attention et réciprocité des échanges) lui sont donc comparés. Le modèle dans son ensemble rend bien compte des données

Tableau 3
Comparaison et résumé des modèles linéaires généralisés à effet mixte.

	Signification du modèle	AIC	Probabilité que le modèle soit meilleur que le précédent
Modèle m0 score ~ (1 sujet)	Variance interindividuelle mais pas d'évolution temporelle	485,85	
Modèle m1 : score ~ séance + (1 sujet)	Variance interindividuelle + évolution temporelle similaire sur les 4 indices	442,76	$p < 0,001$
Modèle m2 : score ~ séance + indice + (1 sujet)	Variance interindividuelle + différence de niveau moyen en fonction des indices	283,40	$p < 0,001$
Modèle m3 : score ~ séance*indice + (1 sujet)	Variance interindividuelle + évolution temporelle différente en fonction des indices	245,75	$p < 0,001$

observées ($R^2 = 0,79$). Plus précisément, les résultats montrent en premier lieu que la pente pour la communication verbale n'est pas significativement différente de 0 (séance : Com. Verb. = 0,02 ; $p = 0,1$), ce qui confirme sa stabilité à un niveau bas tout au long des séances. En revanche, les pentes associées aux trois autres comportements sont significativement plus élevées (séance : attention = 0,2, $p < 0,01$; aéance : com. non. verb. = 0,19, $p < 0,01$; séance : réciprocité = 0,23, $p < 0,01$). L'attention, la communication non verbale, et la réciprocité montrent donc des évolutions positives et significatives au cours des séances chez les 4 enfants.

La Fig. 1 illustre l'évolution positive de l'attention, de la réciprocité des échanges et de la communication non verbale chez les 4 enfants. La communication verbale en revanche ne s'améliore pas significativement au cours des séances.

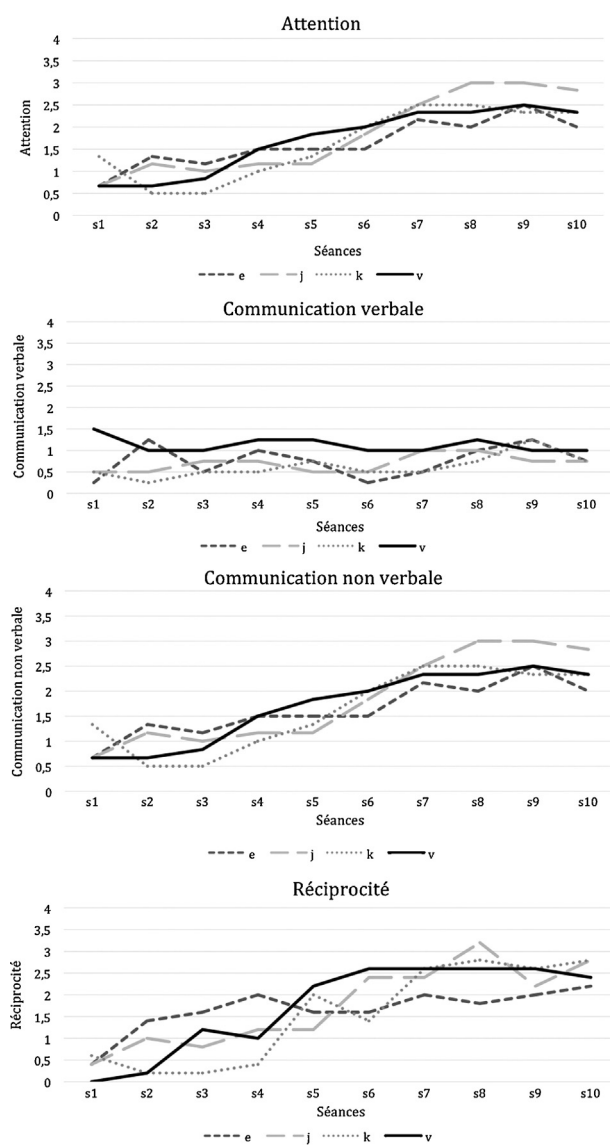


Fig. 1. Évolution au cours des 10 séances des scores d'attention, de communication non verbale, de communication verbale, et de réciprocité des échanges, chez chacun des 4 enfants (E., J., K., V.).

4.2. Comportements inappropriés

L'effet global de la succession des séances sur l'importance quantitative des comportements inappropriés est étudié à l'aide d'un modèle linéaire estimé par GEE (modèle : comportements inappropriés \sim séance). En moyenne, les comportements inappropriés diminuent significativement au cours du temps (séance = -2,189, SE = 1,029, $p < 0,05$, $R^2 = 0,27$) chez les 4 enfants, ce qui témoigne d'une amélioration globale de leur comportement au cours des 10 séances réalisées.

La Fig. 2 illustre l'évolution positive des comportements inappropriés au cours des 10 séances chez chaque enfant, et de manière particulièrement marquée pour V.

5. Discussion

Cette étude ouverte pilote visait à évaluer les effets cliniques d'une exposition régulière à des séquences vidéo ralenties chez 4 enfants autistes sévèrement atteints. Nos résultats montrent une augmentation significative, au fil des séances, de l'attention pour les supports audio-visuels, de la réciprocité des échanges avec l'expérimentateur, et de la communication non verbale (compréhension et production d'expressions émotionnelles et de gestes imitatifs, échanges de regards), ainsi qu'une diminution significative des comportements inappropriés (stéréotypies, autostimulations ou rituels perturbant la séance, violence sur objets contre soi ou autrui, intolérance à la frustration, cris, agitation, repli, etc.), chez les 4 enfants. En revanche, la communication verbale n'évolue pas significativement au fil des séances chez aucun des enfants.

Il est intéressant de noter que l'évolution positive de la plupart des domaines évalués, et l'absence d'évolution de la communication verbale, sont similaires chez les 4 enfants. Cette régularité semble statistiquement liée au ralentissement audio-visuel. L'absence d'effet du ralenti sur la communication verbale est vraisemblablement en partie liée à la sévérité du trouble autistique des 4 enfants et à leur faible niveau de développement. Il est possible qu'une durée d'exposition plus longue et/ou fréquente puisse éventuellement impacter davantage leurs productions verbales.

Un effet déterminant du ralenti nous semble être l'accroissement de l'attention visuelle et conjointe pour/sur les supports audio-visuels. Outre l'intérêt souvent porté par les enfants autistes aux supports vidéo et informatiques [28], il semble que la lenteur et le ralenti aient un effet spécifique

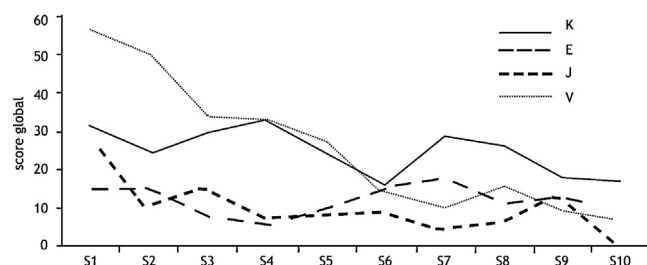


Fig. 2. Évolution au cours des 10 séances des comportements inappropriés chez les 4 enfants (K., E., J., V.).

sur l'attention visuelle de l'enfant autiste, en particulier de l'attention portée aux visages [29,30]. Les séances semblent également améliorer la communication sociale (communication non verbale et réciprocité des échanges) chez les 4 enfants. Le médiateur que constitue le support audio-visuel, dans le contexte de ces séances répétées, non seulement ne compromet ni n'empêche les échanges entre l'enfant et l'adulte, mais semble au contraire les faciliter. Enfin, les comportements inappropriés, gênant le déroulement des séances, semblent nettement s'atténuer au fil des séances, ce qui pourrait être une conséquence de l'accroissement de l'engagement attentionnel, motivationnel et relationnel des enfants au fil des séances.

Plusieurs limites méthodologiques sont notables dans notre étude, dont certaines sont directement liées à la nature ouverte du protocole.

Tout d'abord, cette étude ne permet évidemment pas d'affirmer que l'évolution clinique positive des enfants lors des séances au fil du temps n'est due qu'à l'exposition répétée à des stimuli audio-visuels ralentis. Des effets de répétition des séances en tant que telle, de familiarisation croissante générant un meilleur ajustement de l'expérimentateur avec les enfants (mais aussi des enfants avec l'expérimentateur), et de possibles effets d'apprentissage, concourent certainement à l'évolution clinique positive des enfants au fil des séances.

Cette étude ne permet pas non plus de dire si les enfants ont évolué favorablement en dehors des séances, dans leur vie quotidienne. Nous n'avons en effet pas évalué les enfants avant et après les séances sur des critères comportementaux globaux, sur lesquels toutes les autres prises en charge au sein et à l'extérieur de l'hôpital de jour, et les événements de vie familiale ont également une influence, rendant ainsi difficile l'interprétation de ces mesures globales.

Pour pouvoir mesurer plus solidement et précisément l'effet spécifique du ralenti, il serait nécessaire de mener des études complémentaires impliquant des sujets et/ou des conditions contrôles. Le fait que les participants à cette première étude translationnelle soient sévèrement atteints et de faible niveau, notamment en compréhension verbale, nous a empêché de leur présenter des séquences vidéo en temps-réel (non ralenties). Lors des 2 séances préliminaires, la présentation de séquences avec et sans ralenti a semblé perturber les enfants. Il était également difficile pour les mêmes raisons cliniques d'établir un protocole rigoureusement identique d'une séance à l'autre, et pour tous les enfants. Très peu de mesures d'apprentissage ont pu être effectuées au cours de ces 3 mois d'étude du fait du très faible niveau développemental des enfants. Aucun d'entre eux n'a par exemple développé de capacités de pointage, d'où la difficulté d'obtenir des réponses aux questions posées et d'évaluer leurs capacités de compréhension des séquences visionnées. Sur la base de nos résultats, la poursuite des séances sur une plus longue période pourrait leur être profitable en termes d'acquisition de nouvelles capacités de compréhension et de communication verbale.

En conclusion, les résultats de cette étude translationnelle pilote sont encourageants. Ils suggèrent des effets positifs du ralentissement audio-visuel sur certains paramètres cliniques importants, sur une période relativement brève (3 mois), chez

quatre enfants autistes sévèrement atteints. Ils nous invitent à mener des études complémentaires impliquant des sujets et des conditions contrôles, afin de mesurer l'utilité et les limites de la lenteur comme nouveau principe et outil thérapeutique au service des personnes atteintes de troubles de la constellation autistique.

Remerciements

Nous remercions chaleureusement les 4 enfants et leurs parents ayant participé à cette étude. Nous remercions vivement le Dr François Soumille et toute l'équipe de l'hôpital de jour de Plombières à Marseille (14^e arrondissement, Association régionale pour l'intégration). Le logiciel LogiralTM pour PC été développé grâce à un contrat de la Fondation de France (2010-00015153).

Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

Annexes 1 et 2. Matériel complémentaire

Le matériel complémentaire accompagnant la version en ligne de cet article est disponible sur <http://www.sciencedirect.com> et [doi:10.1016/j.neurenf.2015.01.004](https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2015.01.004).

Références

- [1] Kanner L. Autistic disturbances of affective contact. *Nervous Child* 1943;2:217–50.
- [2] Organisation mondiale de la santé (OMS). Classification internationale des maladies et des problèmes de santé connexes, CIM-10/ICD 10. Paris: Masson; 1993.
- [3] American Psychiatric Association. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*. 4th edition, text rev. Washington, DC: American Psychiatric Association; 2000.
- [4] Hobson RP, Ouston J, Lee A. What's in a face? The case of autism. *Br J Psychol* 1988;79:441–53.
- [5] Nadel J. *Imiter pour grandir. Développement du bébé et de l'enfant avec autisme*. Paris: Dunod; 2011.
- [6] Hill EL. Executive dysfunction in autism. *Trends Cogn Sci* 2004;8:26–32.
- [7] Baron-Cohen S, Knickmeyer RC, Belmonte MK. Sex differences in the brain: implications for explaining autism. *Science* 2005;310:819–23.
- [8] Frith U. *Autism: explaining the enigma*. Basic Blackwell; 1989 [Trad. française 2^e éd., *L'énigme de l'autisme*, Odile Jacob, Paris, 2010].
- [9] Mottron L. *L'autisme: une autre intelligence*. Sprimont: Mardaga; 2004.
- [10] Gepner B, Mestre D. Rapid visual-motion integration deficit in autism. *Trends Cogn Sci* 2002;6:455.
- [11] Gepner B, Féron F. Autism: a world changing too fast for a mis-wired brain? *Neurosci Biobehav Rev* 2009;33:1227–42.
- [12] Tardif C, Lainé F, Rodriguez M, Gepner B. Slowing down presentation of facial movements and vocal sounds enhances facial expression recognition and induces facial-vocal imitation in children with autism. *J Autism Dev Disord* 2007;37:1469–84.
- [13] Lainé F, Tardif C, Gepner B. Amélioration de la reconnaissance et de l'imitation d'expressions faciales chez des enfants autistes grâce à une présentation visuelle et sonore ralentie. *Ann Med Psychol (Paris)* 2008;166:533–8.

- [14] [Lainé F, Rauzy S, Tardif C, Gepner B. Slowing down the presentation of facial and body movements enhances imitation performance in children with severe autism. J Autism Dev Disord 2011;41:983–96.](#)
- [15] [Tardif C, Thomas K, Gepner B, Rey V. Contribution à l'évaluation du système phonologique explicite chez des enfants autistes. Parole 2002;21:35–72.](#)
- [16] [Lainé F, Rauzy S, Gepner B, Tardif C. Prise en compte des difficultés de traitement des informations visuelles et auditives rapides dans le cadre de l'évaluation diagnostique de l'autisme. Enfance 2009;1:133–41.](#)
- [17] Gepner B, Tardif C. Le monde va trop vite pour l'enfant autiste. *La Recherche* 2009;436:56–9.
- [18] Gepner B. *Autismes. Ralentir le monde extérieur, calmer le monde intérieur.* Paris: Odile Jacob; 2014.
- [19] Tardif C, Gepner B. Logiral [Logiciel PC]; 2012 <http://centrepsyche-amu.fr/logiral/>
- [20] Tardif C, Gepner B. Logiral [Application IOS et Android]. Paris: Auticiel; 2014.
- [21] [Schopler E, Reichler RJ, DeVellis RF, Daly K. Toward objective classification of childhood autism: Childhood Autism Rating Scale \(CARS\). J Autism Dev Disord 1980;10:91–103 \[Trad. française B. Rogé. Adaptation française de l'échelle d'évaluation de l'autisme infantile \(C.A.R.S.\). Issy-les-Moulineaux : Éditions d'Applications psychotechniques, 1989\].](#)
- [22] Guidetti M, Turrette C. Échelle de communication sociale précoce. Euro-tests Edition; 2009.
- [23] Schopler E, Lansing M, Reichler RJ. PEP-3 Profil psycho-éducatif - évaluation psycho-éducative individualisée de la division TEACCH pour enfants présentant des troubles du spectre de l'autisme. Belgique: De Boeck; 2008.
- [24] Sparrow S, Balla D, Cichetti D. Vineland adaptive behavior scale. Aricles Rines, MN: American Guidance Service; 1984.
- [25] [Lindsey JK. Applying generalized linear models. New York Inc: Springer-Verlag; 2000.](#)
- [26] Noël Y. *Psychologie statistique avec R.* France: Springer Verlag; 2013.
- [27] Gardiner JC, Luo Z, Roman LA. Fixed effects, random effects and GEE: what are the differences? *Stat Med* 2009;28:221–39, <http://dx.doi.org/10.1002/sim.3478>.
- [28] [Grynszpan O, Weiss PL, Perez-Diaz F, Gal E. Innovative technology-based interventions for autism spectrum disorders: a meta-analysis. Autism 2014;18\(4\):346–61.](#)
- [29] [Gepner B, Deruelle C, Grynfeldt S. Motion and emotion: a novel approach to the study of face processing by young autistic children. J Autism Dev Disord 2001;31:37–45.](#)
- [30] Charrier A, Tardif C, Gepner B. Amélioration de l'exploration visuelle d'un visage chez des enfants avec autisme grâce au ralentissement de la dynamique faciale : une étude en oculométrie. *Encephale* 2015 [en révision].

E. Meiss

37, les Terres-Blanches, 13320 Bouc-Bel-Air, France

C. Tardif

T. Arciszewski

B. Dauvier

Laboratoire PSYCLE (psychologie de la cognition, du langage et de l'émotion), maison de la recherche, Aix-Marseille université, 29, avenue Robert-Schuman, 13100 Aix-en-Provence, France

B. Gepner*

Laboratoire NICN (neurobiologie des interactions cellulaires et neuropathologie), UMR CNRS 7259, faculté de médecine Marseille-Nord, Aix-Marseille université, 13344 Marseille, France

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : bruno.gepner@univ-amu.fr (B. Gepner)