
9

Approches cognitives et développementales

Les limitations cognitives qui occupent une place centrale dans la déficience intellectuelle, ont fait l'objet d'un nombre considérable de travaux de recherche. Seront d'abord présentées trois grandes approches théoriques qui tentent de décrire le fonctionnement cognitif des personnes avec une déficience intellectuelle. Suivra une synthèse des travaux actuels sur la mémoire de travail et les fonctions exécutives car ces concepts sont très souvent invoqués pour expliquer les difficultés intellectuelles rencontrées par les personnes. Enfin, ce chapitre se terminera par une présentation des travaux sur la mémoire à long terme et sur la mémoire implicite, celle-ci serait épargnée dans la déficience intellectuelle.

Trois grandes approches théoriques

La recherche cognitive dans le champ de la déficience intellectuelle (DI) s'est organisée à partir d'une controverse opposant les tenants d'une approche déficitaire aux défenseurs d'une approche développementale. Cette opposition, datant des années 1970-80, semble aujourd'hui dépassée, mais elle a profondément marqué la recherche en psychologie de la déficience intellectuelle. Il convient donc d'en rappeler les principales dimensions avant d'aborder les approches plus récentes, comme le neuroconstructivisme.

L'approche déficitaire

L'approche déficitaire tire ses références théoriques et méthodologiques de la psychologie cognitive. Elle tente d'expliquer les limitations intellectuelles par l'existence de déficits spécifiques, qui signent des différences qualitatives de fonctionnement entre les personnes avec déficience intellectuelle ou sans. Selon cette approche, principalement défendue par Ellis et ses collaborateurs (voir, par exemple, Ellis et Cavalier, 1982), les déficits sont centraux,

constants et irréversibles. L'approche déficitaire fait l'hypothèse que les atteintes ne sont pas généralisées à l'ensemble de la sphère cognitive, mais qu'elles touchent plus vraisemblablement quelques fonctions exerçant un rôle central dans le traitement de l'information et l'apprentissage. Sa stratégie de recherche consiste donc à montrer que certaines composantes impliquées dans le fonctionnement intellectuel sont détériorées (Ellis, 1970), alors que d'autres ne le sont pas (Ellis et coll., 1989).

Les premières recherches réalisées dans le cadre de l'approche déficitaire ont tenté de mettre en évidence un déficit structural de la mémoire à court terme. Selon la théorie de la trace mnésique (*stimulus trace theory*), une importante labilité de la trace mnésique serait responsable des performances modestes observées dans les épreuves de mémoire à court terme chez les personnes avec une DI (Ellis, 1963). En conséquence, l'oubli devrait augmenter plus rapidement avec l'accroissement du délai de mémorisation chez les personnes avec une DI, ce que semblaient vérifier certaines expériences sur la mémoire à court terme (Ellis et coll., 1985). La théorie de la trace mnésique n'est cependant pas parvenue à s'imposer car il était difficile de dissocier expérimentalement l'effet des facteurs structuraux (faible trace mnésique) des facteurs fonctionnels (processus d'autorépétition de maintien). Effectivement, il est apparu rapidement que les personnes avec une DI se distinguaient clairement des autres personnes par l'absence, ou la mauvaise utilisation, de la stratégie d'autorépétition qui permet de maintenir l'information en réactivant sa trace pendant la durée de mémorisation (plus particulièrement la stratégie d'autorépétition cumulative qui consiste à répéter successivement l'ensemble des mots d'une liste). La recherche s'est alors engagée sur la piste des explications fonctionnelles, en s'intéressant plus particulièrement à la question des « déficits stratégiques » (pour une synthèse, voir : Courbois et Paour, 2007 ; Courbois et Facon, 2014). Elle a montré que l'apprentissage de la stratégie d'autorépétition cumulative augmente sensiblement l'empan mnésique des personnes avec une DI. Inversement, elle a montré que le fait d'empêcher l'utilisation de cette stratégie chez des individus contrôles, qui l'utilisent spontanément dans des conditions normales, entraîne une diminution drastique de leur performance (Belmont et Butterfield, 1971 ; Butterfield et coll., 1973). Le rôle causal de la dimension stratégique dans les performances aux activités de mémorisation devenait alors évident.

Les nombreuses recherches réalisées dans le cadre de l'apprentissage stratégique ont largement dépassé les études sur la mémoire pour s'intéresser à d'autres dimensions de la cognition comme les activités numériques, la lecture, le raisonnement analogique... D'autres se sont consacrées aux

dimensions métacognitives, c'est-à-dire aux connaissances des personnes avec une DI sur leur fonctionnement cognitif, les caractéristiques des problèmes qu'elles rencontrent, et l'efficacité des stratégies qu'elles utilisent (Cornoldi et Campari, 1998 ; Büchel et Schlatter, 2001). En règle générale, ces travaux ont buté sur un écueil commun : les personnes avec DI se montrent effectivement capables d'apprendre des stratégies cognitives ou métacognitives dans un contexte donné, mais elles ne parviennent pas à transférer les stratégies apprises dans des contextes différents de celui de l'apprentissage initial (Ferretti et Cavalier, 1991 ; Büchel et Schlatter, 2001).

Pour finir, une partie des travaux réalisés dans le cadre de l'approche déficitaire a aussi montré de façon convaincante que certaines composantes de la cognition ne semblent pas présenter de difficultés particulières, comme la mémorisation des localisations spatiales des objets (Ellis et coll., 1989 ; Katz et Ellis, 1991). Ces composantes relèvent de traitements automatiques qui nécessitent peu de contrôle cognitif et sont peu coûteux en ressources attentionnelles. En réalité, les difficultés stratégiques des personnes avec une DI sont d'autant plus évidentes que la charge cognitive de la tâche à réaliser est importante (Bray et coll., 1994 et 1998).

L'approche développementale

L'approche développementale tire ses références théoriques et méthodologiques dans la psychologie du développement. Les chercheurs engagés dans cette voie parlent de « retard » ou de « délai » pour qualifier les difficultés cognitives rattachées à la déficience intellectuelle. Prenant le développement typique comme référence, ils insistent sur les similitudes du développement « retardé » qui se caractérise principalement par sa lenteur et son inachèvement ultime. Initialement portée par Zigler et ses collaborateurs, la théorie développementale introduit la dimension étiologique et repose sur deux hypothèses : similitude séquentielle et similitude de structure globale.

Dans sa formulation initiale, la théorie du retard fait une distinction entre les « retards mentaux » d'origine « culturelle/familiale » et ceux d'origine « organique ». Tous ont des limitations intellectuelles ($QI < 70$), mais les « retardés mentaux culturels/familiaux » ne présentent pas de signes évidents d'atteinte du système nerveux central. Considérant que la faiblesse du QI de ces derniers s'inscrit dans la distribution normale (gaussienne) de l'intelligence, Zigler et ses collaborateurs font l'hypothèse d'un développement homogène, mais ralenti, chez ces enfants qui sont supposés ne pas présenter de pathologie neurologique particulière (Zigler, 1969 ; Zigler et Balla, 1982). Suivant l'hypothèse de la similitude structurale, ils vont tenter de montrer

que leur niveau de compétence à différentes tâches cognitives correspond à leur âge mental, tel qu'il est estimé au travers d'épreuves de QI. Selon cette hypothèse, le fonctionnement cognitif d'un adolescent avec une DI âgé de 16 ans, dont l'âge mental est de 8 ans, serait comparable à celui d'enfants au développement typique âgés de 8 ans. Cette hypothèse n'a pas été appuyée par toutes les données empiriques (pour une synthèse, voir Courbois et Paour, 2007).

De son côté, l'hypothèse de la similitude séquentielle a fait l'objet de multiples vérifications expérimentales. S'inscrivant dans la continuité des travaux réalisés par Inhelder (1943) dans le cadre de la théorie piagétienne, les recherches montrent assez clairement que le développement des personnes avec une DI suit les mêmes étapes que le développement typique en dépit de sa lenteur et de son inachèvement (Hodapp et coll., 1990). Sans restriction étiologique (elle s'applique aussi au développement des personnes concernées par des déficiences d'origine « organique »), sa portée est assez générale car elle concerne des domaines aussi variés que le développement sensori-moteur, le langage, la pensée logique ou le jugement moral. À titre d'exemple, Dunst (1990) a réalisé un suivi longitudinal de 85 très jeunes enfants avec une trisomie 21 et montre que ces derniers acquièrent les compétences sensorimotrices dans un ordre similaire à celui du développement typique. Certaines étapes semblent cependant plus difficiles à franchir que d'autres. La durée passée dans le stade précédent est alors proportionnellement plus longue chez les enfants avec une trisomie 21 (c'est le cas de l'acquisition du sous-stade sensori-moteur IV, dans lequel on voit apparaître les premières coordinations intentionnelles moyen-fin – applications de moyens connus à des situations nouvelles – qui est plus difficile à atteindre par l'enfant avec une trisomie 21). Sa recherche dégage enfin une hétérogénéité importante des vitesses de développement dans les différents domaines étudiés : la grande lenteur du développement prélinguistique contraste avec le développement relativement rapide des capacités d'imitation gestuelle (cette hétérogénéité renvoie à ce que Zazzo et ses collaborateurs ont appelé « l'hétérochronie ») (Zazzo, 1979).

L'approche neuroconstructiviste

Nombre de travaux récents continuent à poser les problèmes en termes de différence (approche déficitaire) ou de retard-délai (approche développementale). La démarche a moins de sens aujourd'hui car la recherche s'est progressivement éloignée des contextes théoriques à l'origine de cette distinction. Ainsi, l'approche déficitaire s'est sensiblement écartée de son projet

initial, qui visait à isoler quelques déficits centraux, en cherchant des déficits dans le moindre processus élémentaire de traitement de l'information (Courbois et Facon, 2014). De son côté, la notion de retard est souvent une simple description des résultats obtenus à une expérience sans réelle portée théorique. Elle est invoquée lorsqu'un groupe de personnes avec DI, quelle que soit l'étiologie, a un niveau de performance qui correspond à son âge mental. À l'origine, elle était réservée aux déficiences intellectuelles d'origine « culturelle/familiale » qui, par hypothèse, devaient présenter un développement homogène mais lent.

Par ailleurs, les recherches réalisées dans ces perspectives utilisent majoritairement la méthode de l'appariement. Classiquement, les performances d'un groupe de personnes avec une déficience intellectuelle (DI) d'un âge chronologique donné (AC) et d'un âge de développement donné (AM, pour âge mental) sont comparées à deux groupes contrôles, l'un de même âge chronologique, l'autre de même âge mental. En règle générale, si les performances du groupe DI sont comparables à celles du groupe AM, les chercheurs concluent à un retard. Si elles sont inférieures, ils concluent à un déficit. L'appariement suivant l'âge mental pose cependant quelques problèmes qu'il ne faut pas négliger (Jarrold et Brock, 2004 ; Thomas et coll., 2009). Entre autres, la question du choix de l'épreuve utilisée pour déterminer l'âge mental est essentielle. Faut-il avoir recours à une (ou des) épreuve(s) spécifique(s) sachant que le choix n'est jamais neutre du point de vue théorique (on peut, par exemple, faire un appariement sur le niveau de développement du vocabulaire réceptif pour étudier la mémoire à court terme verbale ; Jarrold et coll., 2002) ? Faut-il, au contraire, favoriser une évaluation globale de l'âge mental en dérivant ce dernier à partir d'un test composite de l'intelligence, sachant que le même niveau global peut être obtenu à partir de profils psychométriques bien différents (Thomas et coll., 2009) ?

En progression constante depuis la fin des années 1990, l'approche neuro-constructiviste semble pouvoir dépasser les limites qui viennent d'être énoncées en renouvelant le débat théorique et méthodologique sur la déficience intellectuelle. Profondément inscrite dans une perspective développementale, elle fonde son étude sur l'analyse des trajectoires développementales caractéristiques de différents syndromes génétiques (Karmiloff-Smith, 1998).

Selon Thomas et coll. (2009), une recherche basée sur la comparaison à âge mental équivalent n'est pas nécessairement développementale. Les auteurs considèrent que l'âge mental est souvent utilisé comme une simple étiquette assignée à un groupe contrôle. Les plans expérimentaux utilisés ne permettent donc pas de recueillir des informations sur le développement typique ou atypique de telle ou telle compétence. Pour dépasser cette limite, la

méthode des trajectoires développementales utilise l'âge (ou l'âge mental) comme variable continue pour la mettre en relation avec la performance à une tâche donnée. En utilisant une méthode statistique basée sur l'analyse de covariance, elle compare ensuite les fonctions obtenues pour les différents groupes de participants. Les tests effectués ne portent plus sur des différences de moyennes, mais plutôt sur les différences de pentes et/ou d'ordonnées à l'origine. Les trajectoires développementales des groupes étudiés sont comparées sur la base d'un modèle qui reste, le plus souvent, linéaire (Thomas et coll., 2009).

Le neuroconstructivisme analyse les trajectoires développementales de populations « typiques » ou « atypiques » en considérant qu'elles sont façonnées par des contraintes biologiques et environnementales en interaction constante (Westermann et coll., 2010 ; Dekker et Karmiloff-Smith, 2011). Cette approche se situe dans le prolongement de l'épigénèse probabiliste, une métathéorie qui considère que l'ontogenèse résulte d'un processus continu d'interactions bidirectionnelles entre quatre niveaux d'analyses : génétique, neurologique, comportemental et environnemental (Gottlieb, 2007). L'épigénèse probabiliste affirme qu'il faut sortir du raisonnement unidirectionnel selon lequel l'activité génétique génère des structures (neurologiques ou autres) qui commencent à fonctionner quand elles sont suffisamment matures. Elle montre que les influences entre les différents niveaux d'analyse sont bidirectionnelles (activité génétique \Leftrightarrow structure \Leftrightarrow fonction). Les structures commencent à fonctionner avant d'être réellement matures et l'activité qui en résulte, qu'elle soit d'origine purement endogène ou qu'elle soit déterminée par des stimulations externes, joue un rôle fondamental dans le développement (Gottlieb, 2003 et 2007). De même, le neuroconstructivisme considère que les trajectoires prises par le développement résultent des contraintes génétiques, neurologiques, comportementales et environnementales, en interactions constantes. Il insiste sur le rôle essentiel de l'activité qui façonne les trajectoires développementales dès le plus jeune âge. En ce sens, il se situe dans la continuité de la théorie piagétienne (Westermann et coll., 2010).

Dans le champ de la déficience intellectuelle, le neuroconstructivisme étudie plus particulièrement les syndromes génétiques, comme la trisomie 21, le syndrome de Williams, ou l'X fragile (voir, par exemple, Cornish et coll., 2013). Les différents syndromes génétiques s'accompagnent de phénotypes cognitifs et comportementaux qui peuvent être spécifiques (Dykens et coll., 2000). Ainsi, dans le syndrome de Williams, des troubles visuo-spatiaux importants contrastent avec un langage relativement développé. Inversement, dans la trisomie 21, les troubles du langage expressif sont au premier

plan alors que les problèmes visuo-spatiaux semblent être moins importants (voir cependant : Couzens et coll., 2011 ; Yang et coll., 2014). De telles spécificités syndromiques ont parfois été interprétées à l'aune de la neuropsychologie adulte qui s'appuie sur une conception modulaire de la cognition humaine. Chaque module est spécialisé dans le traitement d'un type particulier d'information (visage, langage, etc.) et opère de façon relativement indépendante des autres modules. Il est localisé dans une région particulière du système nerveux central et peut être sélectivement détérioré sous l'effet d'une lésion locale de cette région. Considérant que cette organisation modulaire est le produit de l'évolution, les théories nativistes du développement humain affirment qu'elle est présente très précocement chez l'enfant (Dekker et Karmiloff-Smith, 2011). L'application de ce raisonnement au syndrome de Williams a conduit certains auteurs à affirmer que, dès le plus jeune âge, les modules impliqués dans la reconnaissance des visages ou dans le traitement de l'information linguistique seraient « intacts » (Bellugi et coll., 1994), tandis que d'autres seraient altérés.

L'approche neuroconstructiviste oppose de nombreux arguments aux théories modulaires et nativistes (pour critique de cette position théorique, voir Karmiloff-Smith, 1998 ; Karmiloff-Smith et coll., 1997). Elle leur reproche d'ignorer l'importance des interactions gènes-environnement pendant le développement humain et de ne pas faire de distinction claire entre le *developed brain* et le *developing brain* (d'Souza et Karmiloff-Smith, 2011 ; Dekker et Karmiloff-Smith, 2011). Le processus de modularisation s'effectue progressivement pendant l'enfance sous l'influence de contraintes qui ne sont pas exclusivement génétiques. Le cerveau du bébé est moins différencié et plus interconnecté que le cerveau de l'adulte. Les circuits cérébraux se spécialisent progressivement sous l'effet de l'expérience et de l'élagage synaptique⁹⁵ (*pruning*). Les facteurs environnementaux jouent un rôle essentiel dans l'ontogénèse en affectant l'expression des gènes et la spécialisation neurologique (Karmiloff-Smith et coll., 2012). Une interprétation modulaire des particularités cognitives associées aux syndromes génétiques n'est donc pas appropriée. La recherche montre effectivement que les profils cognitifs d'enfants avec une trisomie 21 ou un syndrome de Williams ne sont pas des versions « miniatures » de ceux qu'ils présenteront à l'âge adulte⁹⁶ (Paterson et coll., 1999 ; Karmiloff-Smith et coll., 2012). De plus, il est maintenant avéré que les fonctions cognitives relevant de modules supposés être « épargnés », tels le langage ou la reconnaissance des visages dans le syndrome de Williams, présentent en réalité des altérations subtiles.

95. Processus de régulation neurologique responsable de la réduction du nombre de synapses. Il permet une transmission plus efficace des informations dans le système nerveux central.

96. Pour une application de l'approche au syndrome de l'X fragile, voir Cornish et coll. (2012).

Conclusion

L'approche déficitaire a apporté une contribution essentielle à la compréhension de la déficience intellectuelle en tentant d'isoler les processus altérés, en montrant que certains processus semblaient être épargnés, et en ouvrant la voie à de nombreuses recherches sur la mémoire à court terme et l'apprentissage des stratégies. Cette approche présente cependant l'inconvénient d'être statique. À l'inverse, l'approche développementale, qui s'inscrit dans une perspective temporelle, est orientée vers les processus de changement. Elle a trouvé son prolongement dans le neuroconstructivisme qui a renouvelé les cadres théoriques et méthodologiques de la déficience intellectuelle, en introduisant une nouvelle lecture des relations entre génotype et phénotype, en soulignant le rôle de l'activité, et en diffusant la méthodologie des trajectoires développementales.

La mémoire de travail

Le modèle unitaire de la mémoire à court terme, qui servait de base aux recherches réalisées dans les années 1960, est désormais remplacé par le modèle de la mémoire de travail proposé en 1974 par Baddeley et Hitch (pour une synthèse en français, voir : Barrouillet et Camos, 2007). La mémoire de travail est un système à capacité limitée destiné à stocker et traiter les informations utilisées lors d'activités mentales complexes, comme le raisonnement, l'apprentissage ou la compréhension. Elle est composée de quatre éléments : la boucle phonologique, le calepin visuo-spatial, l'exécutif central et le *buffer* épisodique⁹⁷ (Baddeley, 1986 et 2003). La boucle phonologique est impliquée dans le traitement de l'information verbale. Elle comporte un stock phonologique, qui conserve la trace mnésique de l'information verbale quelques secondes avant qu'elle ne s'estompe, et un processus de récapitulation articulatoire, analogue au langage subvocal, dont la fonction est de rafraîchir la trace mnésique. Le calepin visuo-spatial est engagé dans le traitement des informations visuelles et spatiales. Il est aussi divisé en deux composantes dont la nature exacte fait encore débat⁹⁸. Pour certains, l'une des composantes est spatiale alors que l'autre est visuelle (Logie, 1995 ; Pearson et Logie, 1998). Pour d'autres, la distinction s'opère plutôt entre les dimensions dynamique ou statique des éléments à mémoriser (Pickering et coll., 2001). L'administrateur central est un système flexible de contrôle et

97. Le *buffer* épisodique a été récemment ajouté au modèle initial proposé par Baddeley et Hitch (Baddeley, 2000).

98. Selon Alan Baddeley (2003), le niveau d'élaboration théorique du calepin visuo-spatial est moindre que celui de la boucle phonologique.

de régulation de l'attention. De capacité limitée, il permet d'engager, de désengager et de répartir les ressources attentionnelles⁹⁹. Finalement, le *buffer* épisodique est un système de stockage à capacité limitée qui traite les informations issues de différentes sources (boucle phonologique, calepin visuo-spatial, mémoire à long terme, etc.) pour en faire une représentation cohérente du point de vue spatio-temporel (Baddeley, 2003 ; Quinette et coll., 2013). Comme la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial, il est sous le contrôle de l'administrateur central.

La structure de la mémoire de travail

Des recherches développementales réalisées avec des effectifs importants d'enfants au développement typique montrent que la structure du modèle de Baddeley – initialement développé chez l'adulte – se retrouve relativement tôt dans le développement (Alloway et coll., 2004 et 2006 ; Gathercole et coll., 2004). À titre d'exemple, la recherche de Alloway et coll. (2006) analyse les performances obtenues par 709 enfants âgés de 4,5 à 11,5 ans à des épreuves de mémoire à court terme verbale, de mémoire de travail verbale, de mémoire à court terme visuo-spatiale et de mémoire de travail visuo-spatiale (trois épreuves différentes dans chacune de ces 4 dimensions évaluées, cette expérience n'inclut pas d'épreuves destinées à évaluer le *buffer* épisodique). Le modèle qui s'ajuste le mieux aux données comprend 3 facteurs séparés, mais reliés entre eux. Les deux premiers renvoient aux épreuves de mémoire à court terme verbale et visuo-spatiale. Le troisième est commun aux épreuves de mémoire de travail. Cette organisation en trois composantes dont deux spécifiques, destinées au stockage, et une générale, destinée à la manipulation de l'information, se retrouve pour l'ensemble des groupes d'âge. Le groupe des enfants âgés de 4 à 6 ans se distingue cependant des autres groupes par une liaison plus importante entre la mémoire à court terme visuo-spatiale et la composante générale. Les jeunes enfants mobiliseraient plus les ressources de l'administrateur central pour réaliser des tâches de mémoire à court terme visuo-spatiales.

Retrouve-t-on la même structure chez les personnes avec une DI ? Les recherches réalisées à ce sujet sont de moins bonne qualité méthodologique que les recherches développementales précédemment citées (nombre plus faible de participants, éventail d'épreuves moins large). Les résultats de l'étude de Numminen et coll. (2000) qui porte sur 46 participants (âge chronologique

99. Le terme de mémoire de travail est parfois employé comme synonyme de la mémoire à court terme (le modèle de Baddeley décrit des structures dédiées au stockage à court-terme). Il a aussi une acceptation plus précise qui fait spécifiquement référence à la dimension manipulatoire du traitement de l'information.

[AC] = 49 ; âge mental [AM] = 6,11), suggèrent l'existence d'un profil similaire à celui observé chez les enfants de 4-6 ans dans l'étude de Alloway et coll. (2006). De son côté, van der Molen (2010) ne parvient pas à dégager une organisation claire des données obtenues chez 213 participants avec une déficience intellectuelle légère ou un niveau limite (AC entre 10 et 15 ans ; QI entre 55 et 85). Elle remarque cependant qu'une partie de ses résultats est compatible avec ceux de Numminen et coll. (2000). Les analyses réalisées par Henry et MacLean (2002) montrent aussi que les mesures du calepin visuo-spatial sont corrélées avec celles de l'administrateur central (53 participants, AC = 11,11 ; AM = 7,11). Il semblerait donc que les épreuves de mémoire à court terme visuo-spatiale mobilisent plus les ressources cognitives générales (administrateur central) des personnes avec une DI, comme c'est le cas chez les enfants au développement typique de 4-6 ans.

Relation de la mémoire de travail avec le QI et les apprentissages scolaires

La littérature abondante consacrée à la mémoire de travail se justifie par la place centrale qu'elle est supposée occuper dans l'acquisition de nombreuses compétences comme le langage, la lecture, le calcul, le raisonnement, etc. (voir par exemple Barrouillet et Camos, 2007 ; Swanson, 2008 ; Engel de Abreu et coll., 2010). Une étude longitudinale de Alloway et Alloway (2010) réalisée chez 98 enfants au développement typique suggère même que la capacité de la mémoire de travail à 5 ans prédit mieux la réussite scolaire à 11 ans que certaines informations fournies par les tests de QI. Les recherches qui abordent ces questions chez les personnes avec une DI sont peu nombreuses et reposent sur des effectifs relativement faibles au regard du problème traité. Certaines d'entre-elles mettent en évidence des liens assez forts de la mémoire à court terme phonologique avec la lecture ou l'orthographe (Numminen et coll., 2000 ; Henry et Winfield, 2010), mais cette liaison n'est pas toujours retrouvée (Bayliss et coll., 2005). Edgin et coll. (2010) trouvent une corrélation importante (0,84) entre une épreuve de mémoire à court terme phonologique (rappel de chiffre) et le QI obtenu à une version abrégée de l'échelle de Wechsler sur un échantillon de 18 enfants avec une trisomie 21.

Les questions concernant la structure de la mémoire de travail, ou les relations entre mémoire de travail et intelligence (ou apprentissage), devraient faire l'objet de recherches de grande ampleur (avec de grands effectifs), compte tenu de l'importance donnée à ce modèle dans l'explication des difficultés cognitives rencontrées par les personnes avec une DI.

Quelle(s) limitation(s) pour de la mémoire de travail ?

Les travaux destinés à évaluer les capacités en mémoire de travail des personnes avec une DI reposent, pour la plupart, sur des comparaisons à âge chronologique et à âge mental équivalent. Si l'issue de la comparaison à âge chronologique équivalent est sans surprise (les résultats des personnes avec une DI sont toujours inférieurs, voir par exemple van der Molen et coll., 2007 et 2009 ; Maehler et Schuchardt, 2009 ; Schuchardt et coll., 2010), les résultats des comparaisons à âge mental équivalent sont sujets à plus de variabilité.

La boucle phonologique est analysée avec la plus grande précision. Outre les mesures classiques des capacités mnésiques (nombre de chiffres ou nombre de mots correctement rappelés), les chercheurs disposent de différents indicateurs pour évaluer l'autorépétition et le stock phonologique. La première est évaluée par l'effet de longueur des mots qui repose sur la relation inverse entre la durée d'articulation des mots et le nombre de mots rappelés. Une moins bonne performance de rappel pour des mots longs (multisyllabiques) est donc considérée comme un indice d'autorépétition (il s'agit ici de l'autorépétition simple et non pas de la stratégie élaborée de l'autorépétition cumulative évoquée dans la partie sur l'approche déficitaire). La qualité du second est analysée au travers de l'effet de similarité phonologique qui repose sur l'observation qu'une série de mots similaires phonologiquement (blé, lait, clé...) est plus difficile à mémoriser qu'une série de mots différents phonologiquement. L'effet de similarité phonologique résulterait de la confusion entre les représentations phonologiques labiles des noms similaires à mémoriser.

Les travaux qui évaluent la mémoire à court terme verbale à partir d'une comparaison à âge mental équivalent donnent des résultats variables, bien qu'ils soient souvent interprétés dans le sens d'un déficit. Les résultats varient entre les recherches et parfois même entre différents indicateurs dans une même recherche. Pour la tâche d'empan de chiffres, les performances ne sont pas significativement différentes de celles obtenues par le groupe AM dans la plupart des recherches (Connors et coll., 1998 ; Henry et MacLean, 2002 ; Numminen et coll., 2002 ; Schuchardt et coll., 2010 ; van der Molen et coll., 2009 et 2010), mais pas dans toutes (van der Molen et coll., 2007 ; Henry et Winfield, 2010). Henry et MacLean (2002) ne trouvent pas de différence significative pour une tâche d'empan de chiffres, mais une performance inférieure pour une tâche d'empan de noms d'objets¹⁰⁰. Henry et Winfield (2010)

100. Il est à noter que la tâche d'empan de chiffre est la plus simple. Chez les enfants au développement typique, les performances en mémorisation de chiffres sont généralement meilleures que celles obtenues en mémorisation de mots, ou de non-mots (Gathercole, 1999).

relèvent aussi une performance inférieure dans une épreuve de mémorisation de noms d'objets. Les auteurs expliquent la différence entre chiffres et noms par une familiarité plus importante des premiers comparativement aux seconds. Le recours à des mots connus pour des épreuves de mémorisation présente effectivement quelques particularités susceptibles d'influencer les résultats. Outre la question de la familiarité, le processus *redintegration* utilise les représentations phonologiques stockées en mémoire à long terme pour reconstituer les mots à partir de leur trace mnésique dégradée à l'occasion du rappel (Gathercole, 1999). Ce processus pourrait être bénéfique aux personnes avec une DI (Rosenquist et coll., 2003) car l'expérience que confère leur âge chronologique influence positivement les connaissances lexicales (Facon et Facon-Bollengier, 1999 ; Facon et coll., 2002). Dans ce contexte, le recours aux listes de non-mots (exemple : « pre », « span », « bli », « vlun »)¹⁰¹ est supposé fournir une meilleure estimation de la mémoire phonologique car le participant ne peut pas s'appuyer sur les connaissances lexicales stockées en mémoire à long terme. L'utilisation de ce type de matériel donne cependant des résultats variables en fonction des expériences, avec des performances qui sont parfois inférieures à celles du groupe AM (Numminen et coll., 2002 ; van der Molen et coll., 2009 ; van der Molen et coll., 2010a) et parfois comparables (van der Molen et coll., 2007 ; Schuchardt et coll., 2010).

L'effet de longueur des mots est pris comme indicateur de l'activation du processus de répétition pendant l'encodage de la liste. Il est trouvé dans certaines expériences (Kittler et coll., 2004 ; van der Molen et coll., 2007 ; Schuchardt et coll., 2011 ; Poloczek et coll., 2014), mais pas dans toutes (Hulme et Mackenzie, 1992 ; Jarrold et coll., 2000 ; Rosenquist et coll., 2003). Chez les enfants avec une DI, il pourrait être provoqué principalement par les contraintes liées à l'*output*. La durée d'articulation des mots longs est effectivement plus importante que celle des mots courts, augmentant, de fait, l'oubli pendant la phase de rappel (Poloczek et coll., 2014). Pour terminer, l'effet de similarité phonologique est observable, ce qui suggère que la qualité des représentations stockées en mémoire phonologique n'est pas défectueuse (Jarrold et coll., 2000 ; Rosenquist et coll., 2003 ; Schuchardt et coll., 2011).

La mémoire à court terme visuo-spatiale est souvent évaluée à l'aide de deux épreuves, l'une « spatiale » (ou dynamique), l'autre « visuelle » (ou statique)¹⁰². Pour la dimension spatiale, les blocs de Corsi sont très souvent utilisés. Dans cette épreuve, l'examineur pointe successivement une série de cubes disposés face au participant. Celui-ci doit ensuite reproduire la séquence dans l'ordre. Pour la dimension visuelle, l'épreuve du rappel de pattern est, entre autres, utilisée. Elle consiste à reproduire un *pattern* de cellules qui apparaît dans une matrice. L'utilisation de ces épreuves donne des résultats plutôt variables. Pour ne mentionner que les blocs de Corsi, les performances du groupe avec une déficience intellectuelle peuvent être comparables à celles du groupe AM (Henry et Winfield, 2010 ; Schuchardt et coll., 2011), inférieures (van der Molen et coll., 2009 et 2010a), voire même supérieures (Henry et MacLean, 2002).

L'évaluation de l'administrateur central se fait à l'aide d'épreuves de mémorisation verbales ou visuo-spatiales qui imposent un traitement supplémentaire. Ainsi, pour la modalité verbale, l'épreuve de rappel de chiffres à l'envers est considérée comme une épreuve de mémoire de travail verbale car elle est supposée recruter plus de ressources attentionnelles que l'épreuve de rappel de chiffres classique (qui est une épreuve de mémoire à court terme verbale). L'épreuve du *listening span* consiste à évaluer la véracité d'une séquence de propositions, tout en retenant chaque dernier mot des phrases énoncées qui seront ensuite rappelés. Pour la modalité visuo-spatiale, l'épreuve *Odd-one-out* consiste à présenter plusieurs séries de trois cartes dont deux sont identiques et une légèrement différente. L'enfant doit désigner celle qui est différente tout en mémorisant son emplacement en vue d'un rappel ultérieur. La plupart des études qui utilisent ce type de tâche, ne permettent pas de montrer des différences significatives entre les personnes avec une DI et le groupe AM (Henry et MacLean, 2002 ; van der Molen et coll., 2007 et 2009 ; Henry et Winfield, 2010 ; Schuchardt et coll., 2010), même si, une fois encore, ce résultat n'est pas systématique car certaines des épreuves de mémoire de travail visuelle utilisées par van der Molen et coll. (2009) donnent des résultats en dessous de l'âge mental (voir aussi van der Molen et coll., 2010a).

À notre connaissance, une seule recherche publiée à ce jour porte sur le *buffer* épisodique. Pour évaluer cette composante, Henry (2010) utilise trois tâches (rappel d'histoire, rappel de paires de mots, fluence catégorielle) qui ont la particularité de solliciter des informations stockées en mémoire à long terme (MLT). Le rappel d'histoire, par exemple, ne peut se faire sur la seule

102. Certains auteurs considèrent que la distinction dynamique/statique est plus adaptée que la distinction spatiale/visuelle (Pickering et coll., 2001).

base des informations stockées dans le stock phonologique. Il demande à la personne d'élaborer une représentation de la scène qui mobilise nécessairement des informations stockées en MLT. Pour l'ensemble de ces tâches, les résultats du groupe DI ne sont pas significativement différents de celles du groupe AM. Selon Henry (2010), ce résultat suggère que les personnes avec une DI s'appuient sur les connaissances stockées en MLT pour soutenir la mémorisation à court terme d'informations verbales. Cette interprétation intéressante mériterait cependant des investigations complémentaires (ou des vérifications), compte tenu de l'importante variabilité qui caractérise les travaux sur la mémoire de travail chez les personnes avec DI.

La question du recodage

La question de recodage des informations visuelles sous une forme phonologique a donné lieu à des recherches très intéressantes en psychologie du développement. Hitch et coll. (1989) donnent des séries d'images représentant des objets familiers à mémoriser à des enfants âgés de 5 et 11 ans. Trois conditions expérimentales sont proposées : les images entretiennent entre elles une similarité visuelle ; les noms des objets représentés sur les images ont une similarité phonologique ; condition contrôle, aucune similarité visuelle et phonologique. La comparaison des conditions de similarité visuelle ou de similarité phonologique avec la condition contrôle permet d'inférer le type de codage utilisé par l'enfant. Ainsi, les enfants de 5 ans, qui présentent un effet de similarité visuelle (rappel moins bon dans cette condition), sont supposés avoir utilisé la modalité visuelle (et donc le calepin visuo-spatial) pour mémoriser la série d'image. Les enfants de 11 ans, qui présentent un effet de similarité phonologique, sont supposés avoir recodé l'information sous forme verbale. La transition d'un codage préférentiellement visuel à un codage phonologique se ferait progressivement, certains enfants (à 7 ans par exemple) présentant à la fois un effet de similarité visuelle et un effet de similarité phonologique (Palmer, 2000). Les personnes avec une DI, qui semblent mémoriser mieux les images que les mots (Ellis et Wollrdridge, 1985), recodent-elles l'information sous forme phonologique ? Certaines études suggèrent que non. Clerc et Courbois (2005) obtiennent un effet de similarité visuelle, mais pas d'effet de similarité phonologique chez des adolescents avec une DI. Lanfranchi et coll. (2013) obtiennent des résultats similaires auprès d'un groupe d'une trentaine de personnes avec une trisomie 21. Par contre, Henry (2008) obtient des résultats sensiblement différents car ses groupes DI et AM ne présentent aucun des deux effets (alors que le groupe AC présente bien un effet de similarité phonologique). Cependant, lorsqu'elle analyse les résultats des participants de son échantillon qui ont un âge mental plus élevé

(7 ans), elle obtient un effet de similarité visuelle, un effet de longueur des mots (image d'objets dont les noms sont multisyllabiques) mais pas d'effet de similarité phonologique. Ce dernier résultat est difficile à interpréter car l'effet de longueur des mots est la signature du processus de répétition qui ne peut pas se mettre en œuvre sans codage phonologique. Henry (2008) conclut cependant que la mise en œuvre du processus de recodage de l'information visuelle sous forme verbale pourrait être liée à l'âge mental de la personne¹⁰³.

Des spécificités syndromiques ?

Parmi les recherches qui se focalisent sur un syndrome, celles consacrées à la trisomie 21 sont les plus nombreuses. Dans un premier temps, elles ont comparé des épreuves de mémoire à court terme verbale (le plus souvent à l'aide d'épreuves d'empan de chiffres) avec des épreuves de mémoire à court terme visuo-spatiale (blocs de Corsi). Les résultats sont assez clairs car ils font apparaître une difficulté spécifique en mémoire à court terme verbale (niveau de performance inférieur à celui obtenu par le groupe AM) et un niveau de performance proche du groupe AM en mémoire à court terme visuo-spatiale (Jarrold et Baddeley, 1997). Les difficultés spécifiques en mémoire à court terme verbale ont été retrouvées maintes fois (par exemple, Jarrold et coll., 2000 ; Numminen et coll., 2001 ; Jarrold et Baddeley, 2001 ; Baddeley et Jarrold, 2007 ; Frenkel et Bourdin, 2009 ; Jarrold et coll., 2009 ; Lanfranchi et coll., 2009a ; Connors et coll., 2011). Elles ne peuvent pas être expliquées par des problèmes auditifs, ou des difficultés d'articulations qui sont fréquents dans cette population (Jarrold et coll., 2002 ; Laws, 2002 ; Brock et Jarrold, 2005 ; Baddeley et Jarrold, 2007). Faut-il les attribuer à une absence d'autorépétition ? En réalité, l'absence d'autorépétition ne peut pas totalement expliquer les difficultés mnésiques des personnes avec une trisomie 21. Jarrold et coll. (2000) montrent effectivement que la différence avec les enfants typiques persiste, même lorsque la comparaison se fait avec de jeunes enfants qui n'autorépètent pas (enfants au développement typique d'un âge moyen de 4 ans et demi ; pas d'effet de longueur des mots qui signe l'absence d'autorépétition dans les deux groupes). Il semblerait donc que le stock phonologique à court terme soit déficitaire chez les personnes avec une trisomie 21. Purser et Jarrold (2005) montrent que ce déficit ne peut pas être expliqué par une labilité importante de la trace mnésique. Ils en concluent

103. Une recherche réalisée par Rasmussen et coll. (2009) avec des enfants porteurs d'un syndrome d'alcoolisation fœtale fournit des résultats compatibles avec cette hypothèse. Les plus jeunes codent plutôt visuellement alors que les plus âgés utilisent plus le recodage verbal.

que la limitation du stock phonologique à court terme est probablement liée à une faible capacité de stockage (voir Baddeley et Jarrold, 2007).

La relative bonne performance aux blocs de Corsi chez les personnes avec une trisomie 21 est, elle aussi, fréquemment relevée. Une méta-analyse réalisée par Yang et coll. (2014) indique que 20 des 24 études réalisées à âge mental identique ne donnent pas de différences significatives entre les groupes de personnes avec trisomie 21 et les enfants au développement typique (voir, par exemple, Jarrold et Baddeley, 1997 ; Jarrold et coll., 1999 et 2002 ; Lanfranchi et coll., 2004 ; Frenkel et Bourdin, 2009 ; Lanfranchi et coll., 2009b ; Duarte, et coll., 2011). On ne peut cependant pas conclure à un fonctionnement correct de la mémoire à court terme visuo-spatiale prise dans son ensemble, car les recherches ciblant la composante visuelle/statique donnent des résultats sensiblement différents. Il semblerait effectivement que celle-ci soit altérée (Lanfranchi et coll., 2004 ; Frenkel et Bourdin, 2009) bien que l'écart de performance avec le groupe AM ne soit pas systématiquement relevé (sur 7 études recensées par Yang et coll. (2014), 4 donnent un niveau inférieur au groupe AM).

Caractérisé par un niveau en vocabulaire réceptif relativement bon et d'importants troubles visuo-spatiaux (Vicari, 2005 ; Brock, 2007 ; Farran et Karmiloff-Smith, 2011), le syndrome de Williams s'accompagne aussi d'une limitation de la mémoire à court terme verbale. Les résultats ont tendance à varier en fonction des recherches, mais la difficulté devient visible lorsque l'appariement des groupes se fait à partir du niveau en vocabulaire. Dans ce cas, les personnes avec un syndrome de Williams ont un niveau de performance mnésique inférieur à celui des enfants typiques (Jarrold et coll., 2004 ; Rhodes et coll., 2011). Il est clairement établi que la composante spatiale/séquentielle de la mémoire de travail est déficitaire dans ce syndrome (Jarrold et coll., 1999), alors que la composante visuelle/simultanée semble être moins affectée (Vicari et coll., 2006 ; Rhodes et coll., 2011). Les données actuelles concernant la mémoire de travail dans le syndrome de l'X fragile suggèrent que des difficultés seraient présentes dans les formes verbale et visuo-spatiale de la mémoire à court terme (Ornstein et coll., 2008 ; Baker et coll., 2011 ; Conners et coll., 2011). Lanfranchi et coll. (2009c) montrent que les différences avec le groupe AM deviennent d'autant plus importantes que le niveau de contrôle à opérer sur la tâche est élevé, que les épreuves soient visuelles ou spatiales.

Conclusion

Les travaux portant sur la mémoire de travail chez les personnes avec une DI permettent de dégager des tendances, mais pas de lois générales. Si on laisse de côté l'infériorité évidente de l'ensemble des indicateurs lorsque la comparaison s'effectue à âge chronologique équivalent, les comparaisons à âge mental équivalent sont plutôt fluctuantes. On remarque néanmoins que les recherches qui portent sur un syndrome spécifique, comme la trisomie 21, donnent des résultats plus convergents. Si l'absence de contrôle étiologique est une explication plausible de la variabilité des résultats obtenus¹⁰⁴, elle n'est cependant pas la seule. Les paramètres utilisés pour effectuer l'appariement selon l'âge mental varient souvent d'une étude à l'autre (vocabulaire réceptif, intelligence fluide, âge mental dérivé à partir d'une épreuve composite, etc.). Il en est de même pour les épreuves employées pour évaluer la mémoire de travail. L'âge chronologique varie aussi d'une recherche à l'autre. Or, il influence le niveau des connaissances sémantiques et lexicales potentiellement mobilisables pour faire face aux difficultés rencontrées dans des épreuves de mémorisation à court terme et peut donc influencer positivement le résultat (Numminen et coll., 2002 ; Henry, 2010). Il détermine aussi le moment à partir duquel la performance atteint l'asymptote chez les enfants avec une DI. Van der Molen et coll. (2014) montrent, par exemple, que certaines épreuves de mémoire à court terme verbale sont en phase plateau à partir de 10 ans d'âge chronologique, alors qu'elles continuent à se développer jusque 14-15 ans chez les enfants au développement typique (Gathercole et coll., 2004). Les écarts avec les populations contrôles risquent donc d'augmenter après 10 ans d'âge chronologique pour les enfants avec une DI.

On peut se demander si on ne touche pas ici les limites inhérentes aux méthodes d'appariement soulignées par certains chercheurs (Jarrold et Brock, 2004 ; Thomas et coll., 2009). La méthode des trajectoires développementales pourrait fournir des indications plus précises sur la mémoire de travail et son évolution en fonction de l'âge chronologique ou de l'âge de développement évalué au travers de différents indicateurs (on peut, par exemple, utiliser dans la même expérience le niveau de développement en vocabulaire réceptif ou le niveau de développement en intelligence fluide). Une recherche récente consacrée à la mémoire à court terme verbale et visuo-spatiale dans le syndrome de Williams et la trisomie 21 utilise cette méthodologie (Carney et coll., 2013a). Elle retrouve les résultats habituellement associés à ces deux syndromes avec une meilleure performance en

104. La recherche sur la déficience intellectuelle ne peut cependant pas se focaliser uniquement sur des syndromes bien identifiés, au risque de délaissier une proportion importante de personnes sans étiologie connue.

visuo-spatial comparativement au verbal dans la trisomie 21 et le profil inverse dans le syndrome de Williams. La comparaison avec les trajectoires développementales des enfants typiques sur la base d'une mesure composite de l'âge mental montre que les écarts restent constants avec l'augmentation de l'âge mental (les intercepts sont différents, mais les pentes sont similaires). Ainsi, l'augmentation des performances en fonction de l'âge mental semble similaire dans les trois groupes.

Notons enfin que, dans la continuité de travaux réalisés chez l'adulte au développement typique, certaines méthodes, relevant de la rééducation, tentent d'augmenter la mémoire de travail des personnes avec une DI en les soumettant à des entraînements intensifs. Les premières recherches réalisées dans ce cadre avaient comme objectif d'augmenter l'empan de la mémoire à court terme verbale par le biais d'un apprentissage de la stratégie d'auto-répétition (Comblain, 1994 ; Conners et coll., 2008). Les résultats sont modestes, bien que significatifs. L'amélioration des performances a tendance à décliner dans le temps et le transfert des apprentissages n'est pas au rendez-vous. Les travaux suivants ont utilisé des tâches plus complexes qui mobilisent des opérations de traitement sur les informations stockées en mémoire à court terme. Ils s'inscrivent dans le prolongement des travaux de Klingberg (2010) suggérant qu'il est possible d'augmenter la mémoire de travail par un entraînement intensif chez l'enfant et l'adulte (voir aussi Takeuchi et coll., 2010). L'objectif ultime de cet entraînement est d'augmenter le fonctionnement cognitif de l'individu dans d'autres tâches qui mobilisent la mémoire de travail (le raisonnement analogique par exemple). Deux recherches avec des personnes avec une DI suggèrent que de telles interventions pourraient avoir des effets bénéfiques sur la mémoire à court terme (Bennett et coll., 2013) et sur la mémoire de travail (van der Molen et coll., 2010b). Toutefois, ces interventions, comme les nombreuses autres réalisées auprès d'autres populations (Shipstead et coll., 2012a), ne permettent pas, pour le moment, de conclure sans réserve à l'efficacité de l'entraînement. Il subsiste effectivement, selon Shipstead et coll. (2012a), un certain nombre de problèmes méthodologiques importants à régler, dont la question de la similarité entre les tâches utilisées pour l'entraînement et les évaluations, ainsi que celle de la nature du transfert, lorsque celui-ci existe (pour une analyse similaire, voir Kirk et coll., 2015).

Les fonctions exécutives

Trois grandes fonctions exécutives

Les fonctions exécutives (FE) renvoient à un ensemble de processus *top-down* destinés à contrôler et réguler la pensée et l'action. On considère actuellement qu'il y a trois grandes FE de base : l'inhibition, la flexibilité et la mémoire de travail (actualisation et contrôle des informations) selon le modèle proposé par Miyake et coll. (2000). Ces trois composantes sont distinctes mais partiellement reliées entre elles. Elles peuvent se combiner pour donner d'autres processus exécutifs plus complexes, comme la planification. Le développement des FE débute dans la petite enfance et se prolonge pendant la période de l'adolescence (Anderson, 2002 ; Borradori et coll., 2014). L'organisation en trois composantes de base semble être présente chez les enfants âgés de 8 à 13 ans (Lehto et coll., 2003). Elle semble aussi se retrouver dans la DI selon une étude de Willner et coll. (2010) qui porte cependant sur des effectifs trop faibles.

L'inhibition peut s'exercer pour empêcher l'émission d'une réponse (ou d'une pensée) automatique ou dominante qui n'est pas pertinente, ou qui pourrait perturber la réalisation d'une tâche. Elle est souvent évaluée à l'aide d'épreuves relativement simples comme le *Stroop*¹⁰⁵ ou le *Day/night* (dire « nuit » en réponse à la présentation d'une image qui représente un soleil et dire « jour » en réponse à la présentation de la lune). Son évaluation selon un mode perceptivo-moteur peut se pratiquer à l'aide de l'épreuve *Go/no Go* dans laquelle le participant doit répondre le plus rapidement possible à une cible présentée dans différentes couleurs (bleu, vert, jaune), sauf si celle-ci apparaît dans une couleur donnée (rouge). L'inhibition peut aussi s'exercer sur des distracteurs en permettant d'ignorer certains stimuli pour mieux focaliser l'attention sur d'autres.

La flexibilité renvoie à la capacité de changer de point de vue ou de procédure. Dans la modalité verbale, elle peut être évaluée à l'aide de tâches de fluence dans lesquelles le participant doit citer le plus d'objets possible en alternant deux catégories (animaux et alimentation). Dans la modalité visuelle, elle est souvent étudiée à l'aide de tâches de tri d'un matériel variant en fonction des différents critères (exemple : forme, couleur ou nombre). La personne doit déduire le critère de tri sur la base des *feed-back* fournis par l'examineur, puis s'ajuster aux changements de critère qui sont introduits.

105. Dans cette tâche, la personne doit nommer la couleur dans laquelle un mot est écrit, alors que ce mot désigne une autre couleur différente (exemple le mot « vert » écrit en encre rouge). Il faut alors inhiber la réponse dominante qui consiste à lire le mot pour ne mentionner que sa couleur.

La mémoire de travail¹⁰⁶ concerne les opérations de traitement (actualisation, contrôle) effectuées sur les informations stockées en mémoire à court terme (verbale ou visuo-spatiale). Elle est à distinguer du simple maintien qui n'impose pas de modification particulière à opérer sur l'information mémorisée. Ainsi, dans le modèle de Baddeley, c'est l'administrateur central qui est impliqué dans les fonctions exécutives.

Lien avec le QI et d'autres indicateurs

Dans les populations typiques, les fonctions exécutives semblent être liées au QI, mais la nature exacte de cette relation fait encore l'objet de débats. Elle pourrait d'ailleurs se modifier sous l'effet du vieillissement (Salthouse et coll., 2003 ; Friedman et coll., 2006 ; Colom et coll., 2008). S'appuyant sur le modèle en trois composantes de Miyake et coll. (2000), Friedman et coll. (2006) obtiennent des résultats suggérant que le QI de participants adultes est principalement lié aux capacités d'actualisation de l'information en mémoire de travail, alors que les liens avec l'inhibition ou la flexibilité sont faibles. Une étude de Belacchi et coll. (2010), portant sur une centaine d'enfants âgés de 5 à 11 ans, corrobore l'existence d'un lien fort entre la capacité d'actualisation de l'information en mémoire de travail et l'intelligence fluide, sans toutefois évaluer l'inhibition et la flexibilité. Il est intéressant de constater qu'une recherche portant sur 17 personnes avec un syndrome de Williams trouve aussi une relation élevée entre la mémoire de travail et le QI, avec une corrélation significative entre l'inhibition et le QI (Osorio et coll., 2012). Les corrélations des 17 participants contrôles sont, elles, compatibles avec les résultats de Friedman et coll. (2006). L'étude manque toutefois de puissance statistique.

Outre le QI, les FE semblent être associées à de nombreux indicateurs concernant la santé mentale, la vie sociale, la réussite scolaire ou professionnelle (Diamond, 2013). Ceci explique probablement l'engouement de la recherche à leur sujet. Nombre de travaux s'intéressent effectivement aux relations entre les FE et l'un ou l'autre de ces indicateurs dans des populations avec ou sans pathologie (voir par exemple Schonfeld et coll., 2006, pour la relation entre FE et habiletés sociales dans le syndrome d'alcoolisation fœtale). Dans le champ de la déficience intellectuelle, les FE semblent être liées au comportement adaptatif. Une étude de Gligorović et Buha-Durović (2014) suggère l'existence d'un lien entre les capacités d'inhibition, évaluées avec

106. Les recherches portant sur le modèle de la mémoire de travail ont été présentées plus haut (la plupart d'entre elles se focalisent d'ailleurs sur la mémoire à court terme verbale ou visuo-spatiale). Dans cette partie, nous présentons les travaux qui sont réalisés dans la perspective plus large des fonctions exécutives.

les épreuves *Stroop* et *Go/no go*, et les dimensions conceptuelles et pratiques du comportement adaptatif (évaluées avec l'échelle ABS version scolaire, échantillon de 53 enfants âgés de 10 à 14 ans). Une autre de Masson et coll. (2010) donne aussi des corrélations significatives entre la planification, évaluée à l'aide de l'épreuve de la tour de Londres, et le comportement adaptatif (évalué avec l'échelle ABS, échantillon de 43 adultes âgés de 19 à 61 ans). On notera aussi que les FE sont liées aux capacités motrices chez les enfants avec une DI comme chez les enfants au développement typique (Hartman et coll., 2010 ; Memisevic et Sinanovic, 2014).

Quelles limitations pour les fonctions exécutives ?

Les recherches comparatives qui tentent de déterminer le degré d'altération des FE chez les personnes avec une DI ont recours à des instruments d'évaluation variés. Certaines utilisent des outils psychométriques validés comme le *Wisconsin Card Sorting Test* ou des tests qui en sont inspirés (Su et coll., 2008 ; Rockers et coll., 2009 ; Alloway, 2010 ; Gligorović et Buha, 2013), d'autres ont recours à l'échelle *Behavior Rating Inventory of Executive Function*¹⁰⁷ (Lee et coll., 2011 ; Memisevic et Sinanovic, 2013), d'autres enfin puisent dans un éventail assez large d'épreuves expérimentales évaluant différentes facettes des FE.

Les comparaisons avec les participants contrôles de même âge chronologique donnent des résultats qui indiquent une infériorité assez claire des participants avec une DI aux épreuves évaluant les différentes facettes des FE (Danielsson et coll., 2010 et 2012). Par contre, les comparaisons à âge mental équivalent sont variables. Selon Danielsson et coll. (2012), les enfants avec une DI auraient des performances comparables à celles d'enfants de même âge mental dans des épreuves de flexibilité (*shifting*) et de mémoire de travail verbale, mais ils auraient plus de difficultés dans les tâches d'inhibition, de planification et de mémoire de travail visuo-spatiale.

Quelques études se focalisent sur des syndromes particuliers ou des comparaisons inter-syndromiques. Les personnes avec le syndrome de l'X fragile présenteraient des difficultés en matière d'inhibition, de flexibilité cognitive, de mémoire de travail et de planification (Hooper et coll., 2008 ; Woodcock et coll., 2009 ; van der Molen et coll., 2010c, 2012a et b). Celles avec un syndrome de Williams auraient des difficultés en attention soutenue,

107. La BRIEF est un questionnaire permettant d'évaluer le fonctionnement exécutif d'enfants ou d'adolescents dans la vie quotidienne ou scolaire. Il évalue 8 dimensions : inhibition, flexibilité, contrôle émotionnel, initiation, organisation du matériel, mémoire de travail, planification, contrôle. Une adaptation française de ce questionnaire a été validée (Fournet et coll., 2014).

planification, mémoire de travail et inhibition, mais pas en flexibilité verbale (Menghini et coll., 2010). Pour celles avec une trisomie 21, les difficultés pourraient porter sur un éventail assez large de tâches incluant la flexibilité, l'inhibition, la mémoire de travail et la planification (Lanfranchi et coll., 2010). Ces particularités des personnes avec une trisomie 21 sont aussi retrouvées dans les études les comparant à des participants avec une DI d'étiologie inconnue (appariement en fonction de l'âge de développement en vocabulaire, Rowe et coll., 2006). Deux études récentes mettent en évidence des profils différenciés des FE chez les personnes avec une trisomie 21 ou un syndrome de Williams. Carney et coll. (2013b) questionnent l'effet de la modalité verbale ou visuo-spatiale sur le niveau de performance dans différentes tâches de FE. Leurs résultats montrent chez les personnes avec un syndrome de Williams, des difficultés lors d'une tâche de mémoire de travail visuo-spatiale, quand les personnes avec une trisomie 21 rencontrent des difficultés dans une épreuve de flexibilité verbale comme cela aurait pu être prédit à partir des caractéristiques cognitives de ces deux syndromes. Cependant, les performances à certains types d'épreuves sont altérées que la modalité soit verbale ou visuo-spatiale. C'est le cas de la mémoire de travail pour la trisomie 21 et de l'inhibition pour le syndrome de Williams. On a bien des profils différenciés en fonction de l'étiologie, mais ils ne se superposent pas totalement aux caractéristiques habituellement associées à ces deux syndromes. Costanzo et coll. (2013) obtiennent aussi des profils différenciés selon le syndrome mais avec des altérations légèrement différentes. Selon eux, si les deux syndromes présentent des difficultés dans les épreuves de mémoire de travail, qu'elles soient verbales ou visuo-spatiales, ils se distinguent cependant pour d'autres dimensions des FE. La planification serait particulièrement altérée dans le syndrome de Williams alors que ce serait plutôt l'inhibition et la flexibilité dans la trisomie 21. Concernant la question de la flexibilité chez les personnes avec une trisomie 21, une étude de Campbell et coll. (2013) suggère qu'elle serait liée au niveau de développement du langage, comme cela est le cas chez l'enfant au développement typique.

La question du niveau de contrôle

Le niveau de contrôle requis pour réaliser une tâche donnée pourrait être un facteur déterminant pour la réussite des personnes avec DI. Cornoldi et Vecchi (2004) proposent un modèle de la mémoire de travail selon deux dimensions : la modalité (verbale ou visuo-spatiale, représentée par un continuum horizontal) et le niveau de contrôle (représenté par un continuum vertical). La différence essentielle avec le modèle de Baddeley est la référence explicite de ce nouveau modèle à l'intensité du contrôle nécessaire pour

réaliser une tâche, ce qui le rend particulièrement heuristique dans la compréhension de la déficience intellectuelle. Les travaux réalisés dans le cadre de l'approche déficitaire sur l'utilisation des stratégies avaient effectivement remarqué que les personnes avec DI étaient d'autant moins stratégiques que la charge cognitive ou le contrôle requis pour la réalisation d'une tâche donnée étaient importants (Ferretti et Cavalier, 1991 ; Bray et coll., 1998).

Carretti et coll. (2010) proposent à des personnes avec DI et des enfants au développement typique appariés suivant l'âge mental, une série de 5 épreuves de mémoire de travail qui sollicitent des niveaux de contrôle différents. Ils utilisent les tâches suivantes, classées par niveau croissant de contrôle : rappel d'une liste de mots, rappel à l'envers d'une liste de mots, rappel sélectif de mots (plusieurs listes sont présentées, le participant ne doit rappeler que les premiers mots de chaque liste), rappel avec tâche secondaire, rappel avec actualisation du contenu de la mémoire (*updating*). Le rappel avec tâche secondaire consiste à dire le dernier mot de chacune des listes présentées tout en tapant sur la table lorsqu'un nom d'animal apparaît dans les listes (la tâche secondaire). La tâche avec *updating* consiste à rappeler uniquement les noms d'objets de petite taille dans une liste (les différences de tailles entre les grands et petits objets sont importantes). Cette tâche nécessite de maintenir certaines informations en mémoire et d'en exclure d'autres. Les résultats montrent que les performances des personnes avec une déficience intellectuelle sont significativement inférieures à celles des enfants au développement typique pour les deux épreuves nécessitant le niveau de contrôle le plus élevé (tâche secondaire et *updating*). Par ailleurs, la taille de l'effet, calculée avec le *d* de Cohen, augmente linéairement en fonction du niveau de contrôle requis (le niveau de contrôle est opérationnalisé par une échelle ordinale en 5 degrés, la taille de l'effet passe de 0,11 pour le rappel simple à 0,58 pour le rappel avec *updating*). Les différences entre les deux groupes s'accroissent donc progressivement lorsque le niveau de contrôle s'amplifie.

Lanfranchi et coll. (2004) utilisent une méthodologie similaire en faisant varier le niveau de contrôle pour des tâches verbales et pour des tâches visuo-spatiales chez des personnes avec une trisomie 21. Les résultats montrent un écart significatif avec les participants typiques de même âge mental dès le premier degré des tâches verbales (rappel de mots) qui augmente linéairement. Pour les épreuves visuo-spatiales, l'écart augmente aussi en fonction du niveau de contrôle requis, mais les différences ne deviennent significatives que pour les deux derniers degrés¹⁰⁸. L'utilisation de cette méthodologie avec

108. Dans cette expérience, le niveau de contrôle le plus élevé correspond à un rappel associé à une tâche secondaire. D'autres recherches montrent que ce type d'exercice est particulièrement difficile pour les personnes avec une trisomie 21 (Kittler et coll., 2008 ; Lanfranchi et coll., 2012).

des personnes qui ont un syndrome X fragile donne des résultats sensiblement identiques pour les modalités verbale et visuo-spatiale. Il y a bien une augmentation linéaire de l'écart avec le groupe contrôle de même âge mental, mais les différences ne deviennent significatives que pour les niveaux 3 et 4 (il y a 4 niveaux de contrôle dans cette expérience).

Ces études reposent sur une approche plus empirique que théorique du niveau de contrôle (comment le définir et l'opérationnaliser ?). Elles éclairent cependant une dimension essentielle de la DI en montrant que cette variable influence toujours les performances, quelle que soit la modalité étudiée. Les variations inter-syndromiques semblent davantage porter sur le degré à partir duquel les différences avec les participants de même âge mental deviennent significatives, ce degré étant susceptible de varier d'une modalité à l'autre en fonction de l'étiologie. D'autres recherches qui ne relèvent pas de la mémoire de travail fournissent des données qui indiquent aussi l'importance du niveau de contrôle. Courbois et coll. (2007) étudient l'imagerie visuelle au travers de deux épreuves de rotation mentale rigoureusement identiques à l'exception des stimuli employés. Dans l'une des tâches, les stimuli ont un axe d'élongation saillant qui facilite leur encodage. Dans l'autre, les formes ont la même structure, mais l'axe d'élongation est réduit. Ces deux épreuves sont équivalentes, la seule chose qui les différencie est l'intensité du contrôle à opérer pendant la phase d'encodage des figures (faible si l'axe d'élongation est saillant, fort s'il est réduit). Les personnes avec une DI ont des performances proches de celles des participants contrôles dans la condition « axe saillant ». Elles sont capables d'imaginer des rotations d'objets. Par contre, leurs performances se détériorent nettement lorsque l'encodage des figures nécessite un contrôle accru. Ainsi, ce n'est pas la nature du processus à mettre en œuvre qui semble faire la différence (ici la rotation mentale), mais plutôt l'intensité du contrôle à opérer la mise en œuvre de ce processus.

Conclusion

Dans l'ensemble, il est difficile de conclure avec précision à propos du niveau de fonctionnement des fonctions exécutives dans la déficience intellectuelle ou dans les différents syndromes génétiques. Si certaines tendances se dessinent, comme des déficits dans les épreuves de mémoire de travail verbale et de flexibilité verbale chez les personnes avec une trisomie 21, les résultats varient souvent d'une expérience à l'autre. Outre les limites de la méthode d'appariement évoquées plus haut, la grande diversité des épreuves utilisées pour évaluer chacune des FE explique probablement la variabilité observée. Il semblerait que les personnes avec une DI soient fortement réactives aux

variations de méthodes et de procédures expérimentales, ce qui entraînerait une grande fluctuation dans les résultats obtenus. Il semble cependant que l'intensité du contrôle cognitif pour exercer ou réaliser une tâche donnée soit une variable importante dans l'apparition des difficultés.

Le rôle important des fonctions exécutives (ou contrôles exécutifs) dans les difficultés rencontrées par les personnes avec une DI est connu depuis longtemps. La qualité de ces processus influence directement l'organisation de l'activité, mais aussi l'organisation et l'efficacité du traitement de l'information (Paour, 1995). Depuis les travaux réalisés sur l'apprentissage de stratégies cognitives ou métacognitives, on sait qu'il est difficile d'obtenir un transfert d'apprentissage si le protocole ne comporte pas un entraînement des fonctions exécutives (Buchel et Paour, 2005). Ce qui amène la question de la possibilité d'améliorer le fonctionnement exécutif général des personnes avec une DI à l'aide de programmes adaptés. Une revue de littérature portant sur 27 interventions aboutit à une conclusion plutôt décevante (Kirk et coll., 2015). Il n'est pas possible de dire avec certitude que ces programmes sont efficaces car les études en question comportent trop de limites méthodologiques. Les auteurs remarquent que l'entraînement cognitif est devenu une industrie lucrative et que la publicité qui en est faite, dépasse largement les données scientifiques objectives. Ils concluent cependant sur la nécessité de développer des recherches rigoureuses sur cette question, compte tenu de l'importance des fonctions exécutives.

Adele Diamond, une spécialiste reconnue dans l'étude du développement des fonctions exécutives, a publié plusieurs revues sur les questions relatives aux activités et programmes qui améliorent les fonctions exécutives chez l'enfant (Diamond et Lee, 2011 ; Diamond, 2012). Ces interventions utilisent différents supports, dont l'informatique, le sport, ou des programmes scolaires spécifiques. Diamond remarque que les enfants qui retirent le plus de bénéfices de ces interventions sont ceux qui en ont le plus besoin (faible niveau de base des fonctions exécutives). Ces programmes demandent un travail soutenu de l'enfant qui est régulièrement placé face à de nouveaux défis. Le transfert obtenu à partir de programmes spécialisés dispensés par ordinateur, qui cherchent à exercer de façon spécifique telle ou telle fonction exécutive, est en général limité (c'est le cas du programme Cogmed, voir Shipstead et coll., 2012b). Ainsi, l'entraînement de la mémoire de travail à l'aide de tâches informatisées peut générer un transfert vers d'autres épreuves de mémoire de travail, mais il n'améliore pas l'inhibition, ni même la résolution de problème ou le raisonnement (Diamond, 2012). Par contre, le transfert a tendance à être plus important pour les interventions qui sollicitent les fonctions exécutives de façon plus large, comme les arts martiaux

ou les programmes scolaires spécifiques. Diamond (2012) considère qu'il est plus pertinent et plus efficace d'entraîner les fonctions exécutives dans un contexte général qui inclut un travail sur le développement émotionnel et social. La perspective serait donc plus éducative que rééducative. Une telle approche pourrait s'inscrire dans les principes généraux de la remédiation cognitive proposés par Paour (Paour et coll., 2009).

Mémoire explicite et mémoire implicite

Les recherches expérimentales sur la mémoire à long terme sont moins nombreuses que celles sur la mémoire à court terme. Certaines d'entre elles portent sur la mémoire explicite qui met en jeu une récupération intentionnelle des informations (voir, par exemple, Vicari, 2005 ; Jarrold et coll., 2007). D'autres étudient la mémoire implicite qui est de nature non consciente (Wyatt et Connors, 1998 ; Atwell et coll., 2003 ; Vicari et coll., 2007 ; Mosse et Jarrold, 2010 ; Bussy et coll., 2011).

La méta-analyse récente incluant une quarantaine d'études sur la mémoire explicite dégage quelques grandes lignes (Lifshitz et coll., 2011). Les performances des personnes avec une DI à des épreuves de mémoire explicite sont bien inférieures à celles des participants contrôles de même âge chronologique (taille de l'effet = 1,15). Les différences sont moindres lorsque les comparaisons se font à âge mental équivalent (taille de l'effet = 0,63) et les épreuves portant sur du matériel visuel sont mieux réussies que celles portant sur du matériel verbal (taille de l'effet : 0,83 pour le visuel et 1,05 pour le verbal).

Les travaux visant la mémoire implicite n'évaluent pas la récupération intentionnelle d'informations en mémoire à long terme, mais portent plutôt sur les effets facilitateurs de l'expérience passée sur l'apprentissage sans référence consciente à celle-ci. Les études sur la mémoire implicite chez les personnes avec une DI aboutissent de façon quasi unanime à la même conclusion : elle ne serait pas altérée. Les procédures expérimentales sont variées et reposent sur des tâches grapho-motrices (Vinter et Detable, 2003 ; Detable et Vinter, 2004 et 2006), des apprentissages procéduraux (Vicari et coll., 2007 ; Bussy et coll., 2011), ou des grammaires artificielles (Atwell et coll., 2003 ; Witt et Vinter, 2013). À titre d'exemple, Atwell et coll. (2003) utilisent un apprentissage de séquences de figure suivi d'un test de reconnaissance. Certaines séquences sont aléatoires, d'autres obéissent à des règles définies par une grammaire artificielle. L'apprentissage explicite est évalué par la capacité à apprendre, puis à reconnaître des séquences aléatoires. L'apprentissage

implicite est évalué par la capacité à apprendre des séquences grammaticales, mais aussi par les erreurs caractéristiques commises en phase de reconnaissance. Les fausses reconnaissances de nouvelles séquences sont effectivement plus nombreuses lorsque celles-ci sont grammaticales (comparativement à des nouvelles séquences non grammaticales). Les comparaisons avec le groupe contrôle se font à âge chronologique équivalent. Le nombre d'essais pour atteindre le critère d'apprentissage est plus important chez les participants avec une DI dans les deux conditions expérimentales. Par ailleurs, l'apprentissage de séquences grammaticales est plus rapide que l'apprentissage de séquences aléatoires pour les deux groupes. Les règles grammaticales de composition des séquences n'ont fait l'objet d'aucun apprentissage explicite. Elles semblent donc avoir été détectées implicitement par les participants des deux groupes, ce qui aurait facilité l'apprentissage. Il est à noter que l'écart de performance entre les deux groupes est plus faible dans la condition séquences grammaticales, soulignant ainsi l'importance, pour les personnes avec une DI, de l'apprentissage implicite des régularités composant les séquences. De même, dans l'épreuve ultérieure de reconnaissance, le groupe DI ne se différencie pas du groupe d'âge chronologique équivalent pour les séquences grammaticales, alors que ses performances sont inférieures pour les séquences aléatoires. Enfin, l'analyse des fausses reconnaissances, qui constitue la mesure principale de l'apprentissage implicite, suggère que cette capacité d'apprentissage serait préservée chez les personnes avec une DI.

Les recherches sur l'apprentissage implicite soulèvent des questions importantes concernant l'éducation et la pédagogie (Perruchet et Pacton, 2004 ; Vinter et coll., 2010). L'apprentissage implicite résulte de l'expérience répétée d'une situation qui rend l'individu sensible aux caractéristiques structurales de cette situation, sans qu'il lui soit demandé explicitement de les apprendre, et sans qu'il traite intentionnellement ces caractéristiques (Vinter et coll., 2010). Il intervient dans des domaines variés, comme l'apprentissage du langage (Mosse et Jarrold, 2010) ou de l'orthographe, ou l'acquisition de compétences sociales. Il est jugé comme étant complémentaire à l'apprentissage explicite de règles comme cela est pratiqué, par exemple, dans les apprentissages scolaires (Perruchet et Pacton, 2004). Certaines théories considèrent qu'il joue un rôle important dans le développement. Selon Karmiloff-Smith (1992), il permettrait l'acquisition de connaissances élémentaires qui servent de base à l'élaboration de connaissances explicites plus complexes (selon un processus de « redescription des représentations » ou d'abstraction).

L'apprentissage implicite étant préservé chez les personnes avec une DI, il pourrait être utilisé comme support d'acquisition d'habiletés diverses. Cette proposition reste cependant au stade de la spéculation, car les recherches appliquées dans le domaine font défaut.

Vinter et coll. (2010) définissent trois grandes conditions pour la mise en œuvre d'un apprentissage implicite :

- l'apprenant ne doit être confronté qu'aux occurrences positives de la règle ou de la régularité à apprendre. L'introduction d'erreurs dans le matériel à apprendre doit être proscrite car elle affecte la régularité. Il est à noter que la recherche d'erreur est une méthode souvent utilisée dans l'apprentissage explicite (scolaire par exemple) pour vérifier que la personne a bien compris la règle ;
- les éléments de la règle ou de la régularité à apprendre doivent être isolés et rendus saillants par la situation d'apprentissage. Les éléments à associer ne doivent pas être trop distants spatialement ou temporellement. L'apprentissage implicite nécessite effectivement un traitement attentionnel de l'information (même si l'apprentissage de la règle ou de la régularité se fait de façon non consciente). Il faut donc rendre saillantes les informations pertinentes et supprimer les éléments qui pourraient détourner l'attention des personnes. À ce sujet, les difficultés attentionnelles des personnes avec une déficience intellectuelle sont à prendre en considération (Trezise et coll., 2008 ; Japundza-Milisavljevic et coll., 2011) ;
- cet apprentissage associatif est basé sur la répétition de la présentation du matériel. Il nécessite donc du temps.

Il pourrait être intéressant d'explorer cette voie dans le cadre de l'éducation spécialisée.

En conclusion, de nombreux travaux de recherche en psychologie sur la DI ont tenté d'isoler les déterminants cognitifs responsables des limitations intellectuelles. Certains ont recherché des déficits spécifiques, d'autres ont adopté une vision développementale en insistant sur les similitudes entre le développement typique et le développement « retardé » qui se caractérise par sa lenteur et son inachèvement ultime.

Dans la continuité des approches développementales de la DI, le neuroconstructivisme est venu renouveler les cadres théoriques et méthodologiques pour appréhender le développement atypique. Il s'affranchit des méthodes d'appariement de groupes qui reposent sur des comparaisons à âge mental (ou à âge chronologique) équivalent pour analyser les trajectoires de développement de populations « typiques » ou « atypiques » (l'âge mental ou l'âge

chronologique sont utilisés comme des variables continues mises en relation avec une performance à une tâche donnée). Le neuroconstructivisme considère que les trajectoires développementales sont façonnées par des contraintes génétiques, neurologiques, comportementales et environnementales, en interactions constantes. Il insiste sur le rôle essentiel de l'activité qui contribue à dessiner les trajectoires développementales dès le plus jeune âge et justifie, par là même, l'importance des apports éducatifs ou rééducatifs pour le devenir des personnes.

On assiste ces dix dernières années à une croissance importante du nombre de travaux portant sur des syndromes génétiques précis. Ces recherches présentent l'avantage de pouvoir mettre en correspondance des caractéristiques cognitives avec celles neurodéveloppementales des syndromes en question. La question qui se pose alors, est de savoir s'il faut concentrer les travaux sur ces syndromes, aux dépens des déficiences intellectuelles sans étiologie connue. La recherche fondamentale a probablement beaucoup à apprendre de l'étude des syndromes spécifiques, en particulier lorsqu'elle s'intéresse aux relations entre gènes, cerveau et comportement. En revanche, négliger l'étude des déficiences intellectuelles sans étiologie connue serait une erreur car elles représentent une proportion importante de cette population.

Les faiblesses de la mémoire de travail et des fonctions exécutives sont très souvent invoquées pour expliquer les difficultés cognitives de la DI. Si la comparaison à âge chronologique équivaut avec des participants typiques fournit des résultats sans ambiguïté (les performances des personnes avec une DI sont toujours inférieures), l'ampleur des difficultés rencontrées ainsi que leur origine restent à déterminer précisément. Les comparaisons à âge mental équivaut sont souvent variables en donnant des performances soit inférieures, soit équivalentes à celles des enfants au développement typique. Une forte sensibilité des personnes aux conditions d'évaluation (difficulté de la tâche, niveau de contrôle requis, aspects motivationnels, etc.) et une grande variabilité interindividuelle influencent probablement les résultats. On touche probablement les limites inhérentes aux méthodes classiques d'appariement. Le recours aux analyses des trajectoires développementales, qui exploitent la variabilité interindividuelle, s'avère désormais nécessaire.

Un facteur important dans l'intensité des difficultés rencontrées face à un problème donné semble résider dans le niveau de contrôle que requiert la tâche à réaliser. Plus ce niveau augmente, plus l'écart avec des enfants typiques de même âge mental devient évident quelle que soit la modalité évaluée (verbale ou visuo-spatiale). Inversement, les tâches qui requièrent un très faible contrôle (ou une faible charge cognitive) peuvent être réussies à hauteur du niveau prédit par l'âge chronologique. Ces tâches mettent en jeu des

activités automatiques (mémorisation de localisations spatiales) ou des apprentissages implicites. Basé sur la répétition de séquences, l'apprentissage implicite permet d'élaborer des représentations spatio-temporelles isomorphes aux situations rencontrées sans qu'aucune connaissance explicite soit élaborée. De fait, pour une situation donnée, les procédures implicites de récupération d'information donnent lieu à de meilleures performances que les procédures explicites.

Les différentes théories cognitives inspirent, à des degrés divers, les méthodes pédagogiques. En prenant le développement typique comme modèle, les théories développementales offrent un cadre d'analyse utile à l'intervention. Elles l'orientent et permettent de définir des objectifs en graduant les niveaux de difficulté. Les travaux sur la mémoire de travail et les fonctions exécutives donnent lieu à des recherches qui entrent plus dans le champ de la rééducation, avec l'idée qu'un entraînement intensif pourrait améliorer le fonctionnement cognitif général. L'efficacité de ces interventions auprès de populations typiques fait encore l'objet de débats scientifiques animés. Par ailleurs, la faiblesse des transferts obtenus dans ces populations jette le doute sur leur intérêt pour les personnes avec DI.

L'apprentissage implicite expose la personne de façon répétée à une règle sans consigne explicite, et sans introduire d'erreur ou de contre-exemple. Il pourrait fournir une méthodologie intéressante en considérant que les connaissances implicites peuvent guider l'apprentissage explicite ultérieur.

Soulignons que, dans la lignée du neuroconstructivisme, les principes d'une pratique constructiviste de la remédiation cognitive, tels qu'exposés par Paour et coll. (2009), pourraient servir de base à l'élaboration de programmes éducatifs destinés à favoriser le développement cognitif des personnes. Parmi ces principes, on trouve le travail de médiation de l'adulte qui vise à aider l'enfant à passer du niveau procédural, implicite, au niveau conceptuel, explicite, en sollicitant ses verbalisations (« comment as-tu fait pour ? » « pourquoi ? »). Le langage aide alors la conceptualisation tout en régulant le fonctionnement cognitif, mais aussi émotionnel de la personne.

Rappelons enfin pour terminer que le choix de telle ou telle méthode doit reposer sur sa validation scientifique. À ce sujet, il faut être particulièrement attentif au critère de transfert (les acquis se transfèrent-ils dans des tâches ou des situations différentes de celles de l'apprentissage ?).

BIBLIOGRAPHIE

- ALLOWAY TP. Working memory and executive function profiles of individuals with borderline intellectual functioning. *J Intellect Disabil Res* 2010, **545** : 448-456
- ALLOWAY TP, ALLOWAY RG. Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *J Exp Child Psychol* 2010, **106** : 20-29
- ALLOWAY TP, GATHERCOLE SE, WILLIS C, ADAMS AM. A structural analysis of working memory and related cognitive skills in young children. *J Exp Child Psychol* 2004, **87** : 85-106
- ALLOWAY TP, GATHERCOLE SE, PICKERING SJ. Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: are they separable? *Child Dev* 2006, **77** : 1698-1716
- ANDERSON P. Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychol* 2002, **8** : 71-82
- ATWELL JA, CONNERS FA, MERRILL EC. Implicit and explicit learning in young adults with mental retardation. *Am J Ment Retard* 2003, **108** : 56-68
- BADDELEY A. Working Memory. Oxford University Press, London, 1986
- BADDELEY A. The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends Cogn Sci* 2000, **4** : 417-423
- BADDELEY A. Working memory: looking back and looking forward. *Nat Rev Neurosci* 2003, **4** : 829-839
- BADDELEY A, JARROLD C. Working memory and Down syndrome. *J Intellect Disabil Res* 2007, **51** : 925-931
- BAKER S, HOOPER S, SKINNER M, HATTON D, SCHAAF J, et coll. Working memory sub-systems and task complexity in young boys with Fragile X syndrome. *J Intellect Disabil Res* 2011, **55** : 19-29
- BARROUILLET P, CAMOS V. Le développement de la mémoire de travail. In : Psychologie du développement et de l'éducation. LAUTREY J (Ed). PUF, Paris, 2007 : 51-86
- BAYLISS DM, JARROLD C, BADDELEY AD, LEIGH E. Differential constraints on the working memory and reading abilities of individuals with learning difficulties and typically developing children. *J Exp Child Psychol* 2005, **92** : 76-99
- BELACCHI C, CARRETTI B, CORNOLDI C. The role of working memory and updating in Coloured Raven Matrices performance in typically developing children. *Eur J Cogn Psychol* 2010, **22** : 1010-1020
- BELLUGI U, WANG PP, JERNIGAN TL. Williams syndrome: An unusual neuropsychological profile. In: Atypical cognitive deficits in developmental disorders: Implications for brain function. BROMAN SH, GRAFMAN J (Eds). NJ, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, 1994 : 23-56

BELMONT JM, BUTTERFIELD EC. Learning strategies as determinants of memory deficiencies. *Cogn Psychol* 1971, **2** : 411-420

BENNETT SJ, HOLMES J, BUCKLEY S. Computerized memory training leads to sustained improvement in visuospatial short-term memory skills in children with Down syndrome. *Am J Intellect Dev Disabil* 2013, **118** : 179-192

BORRADORI TOLSA C, BARISNIKOV K, LEJEUNE F, HÜPPI P. Développement des fonctions exécutives de l'enfant prématuré. *Arch Pediatr* 2014, **21** : 1035-1040

BRAY NW, SAARNIO DA, BORGES LM, HAWK LW. Intellectual and developmental differences in external memory strategies. *Am J Ment Retard* 1994, **99** : 19-31

BRAY NW, HUFFMAN L, GRUPE L. Un cadre conceptuel pour l'étude des déficiences et des compétences de mémorisation chez les enfants présentant un retard mental. In : Attention, mémoire, apprentissage. Études sur le retard mental. BÜCHEL F, PAOUR JL, COURBOIS Y, SCHARNHORST U (Eds). Ed SPC, Lucerne, Suisse, 1998

BROCK J. Language abilities in Williams syndrome: A critical review. *Dev Psychopathol* 2007, **19** : 97-127

BROCK J, JARROLD C. Serial order reconstruction in Down syndrome: evidence for a selective deficit in verbal short-term memory. *J Child Psychol Psychiatry* 2005, **46** : 304-316

BÜCHEL F, SCHLATTER C. Apprentissages cognitifs. In : Manuel de psychologie des handicaps. RONDAL JA, COMBLAIN A (Eds). Mardaga, Sprimont, 2001 : 51-80

BÜCHEL FD, PAOUR JL. Déficience intellectuelle : déficits et remédiation cognitive. *Enfance* 2005, **57** : 227-240

BUSSY G, CHARRIN E, BRUN A, CURIE A, DES PORTES V. Implicit procedural learning in fragile X and Down syndrome. *J Intellect Disabil Res* 2011, **55** : 521-528

BUTTERFIELD EC, WAMBOLD C, BELMONT JM. On the theory and practice of improving short-term memory. *Am J Ment Defic* 1973, **77** : 654-669

CAMPBELL C, LANDRY O, RUSSO N, FLORES H, JACQUES S, et coll. Cognitive flexibility among individuals with down syndrome: Assessing the influence of verbal and non-verbal abilities. *Am J Intellect Dev Disabil* 2013, **118** : 193-200

CARNEY DP, BROWN JH, HENRY LA. Executive function in Williams and Down syndromes. *Res Dev Disabil* 2013b, **34** : 46-55

CARNEY DP, HENRY LA, MESSER DJ, DANIELSSON H, BROWN JH, et coll. Using developmental trajectories to examine verbal and visuospatial short-term memory development in children and adolescents with Williams and Down syndromes. *Res Dev Disabil* 2013a, **34** : 3421-3432

CARRETTI B, BELACCHI C, CORNOLDI C. Difficulties in working memory updating in individuals with intellectual disability. *J Intellect Disabil Res* 2010, **54** : 337-345

CLERC J, COURBOIS Y. Mémoire visuelle et mémoire phonologique chez les adolescents retardés mentaux. *Enfance* 2005, **57** : 261-269

COLOM R, ABAD FJ, QUIROGA MÁ, SHIH PC, FLORES-MENDOZA C. Working memory and intelligence are highly related constructs, but why? *Intelligence* 2008, **36** : 584-606

COMBLAIN A. Working memory in Down syndrome: Training the rehearsal strategy. *Downs Syndr Res Pract* 1994, **2** : 123-126

CONNERS FA, CARR MD, WILLIS S. Is the phonological loop responsible for intelligence-related differences in forward digit span? *Am J Ment Retard* 1998, **103** : 1-11

CONNERS FA, ROSENQUIST CJ, ARNETT L, MOORE MS, HUME LE. Improving memory span in children with Down syndrome. *J Intellect Disabil Res* 2008, **52** : 244-255

CONNERS FA, MOORE MS, LOVEALL SJ, MERRILL EC. Memory profiles of Down, Williams, and Fragile X syndromes: Implications for reading development. *J Dev Behav Pediatr* 2011, **32** : 405-417

CORNISH K, COLE V, LONGHI E, KARMILOFF-SMITH A, SCERIF G. Does attention constrain developmental trajectories in fragile X syndrome ? A 3-year prospective longitudinal study. *Am J Intellect Disabil* 2012, **117** : 103-120

CORNISH K, COLE V, LONGHI E, KARMILOFF-SMITH A, SCERIF G. Mapping developmental trajectories of attention and working memory in fragile X syndrome: Developmental freeze or developmental change? *Dev Psychopathol* 2013, **25** : 365-376

CORNOLDI C, CAMPARI S. Connaissance métacognitive et contrôle métacognitif dans le retard mental. In : Attention, mémoire, apprentissage. Études sur le retard mental. BÜCHEL F, PAOUR JL, COURBOIS Y, SCHARNHORST U (Eds). Edition SZH/SPC, Lucerne, 1998

CORNOLDI C, VECCHI T. Visuo-spatial working memory and individual differences. Psychology Press, 2004

COSTANZO F, VARUZZA C, MENGHINI D, ADDONA F, GIANESINI T, et coll. Executive functions in intellectual disabilities: a comparison between Williams syndrome and Down syndrome. *Res Dev Disabil* 2013, **34** : 1770-1780

COURBOIS Y, PAOUR JL. Le retard mental. In : Psychologie du développement et de l'éducation. IONESCU S, BLANCHET A (Eds). Presses Universitaires de France, Paris, 2007 : 377-406

COURBOIS Y, FACON B. Les savoirs de la psychologie cognitive. In: Handicap, une encyclopédie des savoirs. GARDOU C (Ed). Éditions Érès, Toulouse, 2014

COURBOIS Y, OROSS S, III, CLERC J. Mental rotation of unfamiliar stimuli by teenagers with mental retardation: role of feature salience 6. *Am J Ment Retard* 2007, **112** : 311-318

COUZENS D, CUSKELLY M, HAYNES M. Cognitive development and Down syndrome: age-related change on the Stanford-Binet test (fourth edition). *Am J Intellect Disabil* 2011, **116** : 181-204

D'SOUZA D, KARMILOFF-SMITH A. When modularization fails to occur: a developmental perspective. *Cogn Neuropsychol* 2011, **28** : 276-287

DANIELSSON H, HENRY L, RONNBERG J, NILSSON LG. Executive functions in individuals with intellectual disability. *Res Dev Disabil* 2010, **31** : 1299-1304

DANIELSSON H, HENRY L, MESSER D, RONNBERG J. Strengths and weaknesses in executive functioning in children with intellectual disability. *Res Dev Disabil* 2012, **33** : 600-607

DEKKER TM, KARMILOFF-SMITH A. The dynamics of ontogeny: a neuroconstructivist perspective on genes, brains, cognition and behavior. *Prog Brain Res* 2011 : **189** : 23-33

DETABLE C, VINTER A. Le maintien dans le temps des effets d'un apprentissage implicite chez des enfants et adolescents avec retard mental. *Année Psychologique* 2004, **104** : 751-770

DETABLE C, VINTER A. Les capacités de transfert en situation d'apprentissage implicite chez des préadolescents présentant un retard mental. *Psychologie Française* 2006, **51** : 189-203

DIAMOND A. Activities and programs that improve children's executive functions. *Curr Dir Psychol Sci* 2012, **21** : 335-341

DIAMOND A. Executive functions. *Annu Rev Psychol* 2013, **64** : 135-168

DIAMOND A, LEE K. Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science* 2011, **333** : 959-964

DUARTE CP, COVRE P, BRAGA AC, DE MACEDO EC. Visuospatial support for verbal short-term memory in individuals with Down syndrome. *Res Dev Disabil* 2011, **32** : 1918-1923

DUNST CJ. Sensorimotor development of infants with Down syndrome. In: Children with Down syndrome: A developmental perspective. CICCHETTI D, BEEGHLY M (Eds). Cambridge University Press, Cambridge, 1990

DYKENS EM, HODAPP HM, FINUCANE BM. Genetics and mental retardation syndromes: A new look at behavior and interventions. Paul H. Brookes Publishing Co, Baltimore, 2000

EDGIN JO, PENNINGTON BF, MERVIS CB. Neuropsychological components of intellectual disability: the contributions of immediate, working, and associative memory. *J Intellect Disabil Res* 2010, **54** : 406-417

- ELLIS NR. The stimulus trace and behavioral inadequacy. In: Handbook of mental deficiency: Psychological theory and research. ELLIS NR (Ed). McGraw-Hill, New York, 1963 : 134-158
- ELLIS NR. Memory processes in retardates and normals. *Int Rev Res Ment Retard* 1970, **4** : 1-31
- ELLIS NR, CAVALIER AR. Research perspectives in mental retardation. In: Mental retardation: the developmental-difference controversy. ZIGLER E, BALLA D (Eds). Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, 1982 : 121-152
- ELLIS NR, WOLDRIDGE PW. Short-term memory for pictures and words by mentally retarded and nonretarded persons. *Am J Ment Defic* 1985, **89** : 622-626
- ELLIS NR, DEACON JR, WOOLDRIDGE PW. Structural memory deficits of mentally retarded persons. *Am J Ment Defic* 1985, **89** : 393-402
- ELLIS NR, WOODLEY-ZANTHOS P, DULANEY CL. Memory for spatial location in children, adults, and mentally retarded persons. *Am J Ment Retard* 1989, **93** : 521-527
- ENGEL DE ABREU PMJ, CONWAY ARA, GATHERCOLE SE. Working memory and fluid intelligence in young children. *Intelligence* 2010, **38** : 552-561
- FACON B, FACON-BOLLENGIER T. Chronological age and crystallized intelligence of people with intellectual disability. *J Intellect Disabil Res* 1999, **43** : 489-496
- FACON B, FACON-BOLLENGIER T, GRUBAR JC. Chronological age, receptive vocabulary and syntax comprehension in children and adolescent with mental retardation. *Am J Ment Retard* 2002, **107** : 91-98
- FARRAN EK, KARMILOFF-SMITH A. Neurodevelopmental disorders across the lifespan: A neuroconstructivist approach. Oxford University Press, New York, 2011
- FERRETTI RP, CAVALIER AR. Constraints on the problem solving of persons with mental retardation. *Int Rev Res Ment Retard* 1991, **17** : 153-192
- FOURNET N, ROULIN JL, MONNIER C, ATZENI T, COSNEFROY O, et coll. Multigroup confirmatory factor analysis and structural invariance with age of the Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF)-French version. *Child Neuropsychol* 2014, 1-20
- FRENKEL S, BOURDIN B. Verbal, visual, and spatio-sequential short-term memory: assessment of the storage capacities of children and teenagers with Down's syndrome. *J Intellect Disabil Res* 2009, **53** : 152-160
- FRIEDMAN NP, MIYAKE A, CORLEY RP, YOUNG SE, DEFRIES JC, et coll. Not all executive functions are related to intelligence. *Psychol Sci* 2006, **17** : 172-179
- GATHERCOLE SE. Cognitive approaches to the development of short-term memory. *Trends Cogn Sci* 1999, **3** : 410-419

GATHERCOLE SE, PICKERING SJ, AMBRIDGE B, WEARING H. The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Dev Psychol* 2004, **40** : 177

GLIGOROVIC M, BUHA-DUROVIC N. Inhibitory control and adaptive behaviour in children with mild intellectual disability. *J Intellect Disabil Res* 2014, **58** : 233-242

GLIGOROVIĆ M, BUHA NA. Conceptual abilities of children with mild intellectual disability: Analysis of Wisconsin Card Sorting Test performance. *J Intellect Dev Disabil* 2013, **38** : 134-140

GOTTLIEB G. Probabilistic epigenesis of development. In: Handbook of developmental psychology. VALSINER J, CONNOLLY K (Eds). Sage Publications Inc, London, 2003 : 3-17

GOTTLIEB G. Probabilistic epigenesis. *Dev Sci* 2007, **10** : 1-11

HARTMAN E, HOUWEN S, SCHERDER E, VISSCHER C. On the relationship between motor performance and executive functioning in children with intellectual disabilities. *J Intellect Disabil Res* 2010, **54** : 468-477

HENRY L. Short-term memory coding in children with intellectual disabilities. *Am J Ment Retard* 2008, **113** : 187-200

HENRY L. The episodic buffer in children with intellectual disabilities: an exploratory study. *Res Dev Disabil* 2010, **31** : 1609-1614

HENRY L, WINFIELD J. Working memory and educational achievement in children with intellectual disabilities. *J Intellect Disabil Res* 2010, **54** : 354-365

HENRY LA, MACLEAN M. Working memory performance in children with and without intellectual disabilities. *Am J Ment Retard* 2002, **107** : 421-432

HITCH GJ, WOODIN ME, BACKER SB. Visual and phonological components of working memory in children. *Mem Cognit* 1989, **17** : 175-185

HODAPP RM, BURACK JA, ZIGLER E. Issues in the developmental approach to mental retardation. Cambridge University Press, Cambridge, 1990

HOOPER SR, HATTON D, SIDERIS J, SULLIVAN K, HAMMER J, et coll. Executive functions in young males with fragile X syndrome in comparison to mental age-matched controls: baseline findings from a longitudinal study. *Neuropsychology* 2008, **22** : 36-47

HULME C, MACKENZIE S. Working memory and severe learning difficulties. Lawrence Erlbaum Associates, Inc, Hove, 1992

INHELDER B. Le diagnostic du raisonnement chez les débiles mentaux. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel/Paris, 1943

JAPUNDA-MILISAVLJEVIC M, DURIC-ZDRAVKOVIC A, SLAVNIC S. Selective attention in children with intellectual disabilities. *New Educational Review* 2011, **25** : 301-315

JARROLD C, BADDELEY AD. Short-term memory for verbal and visuospatial information in Down's syndrome. *Cogn Neuropsychiatry* 1997, **2** : 101-122

JARROLD C, BADDELEY AD. Short term memory in Down syndrome: Applying the working memory model. *Downs Syndr Res Pract* 2001, **7** : 17-23

JARROLD C, BROCK J. To match or not to match? Methodological issues in autism-related research. *J Autism Dev Disord* 2004, **34** : 81-86

JARROLD C, BADDELEY A, HEWES A. Genetically dissociated components of working memory: evidence from Downs and Williams syndrome. *Neuropsychologia* 1999, **37** : 637-651

JARROLD C, BADDELEY AD, HEWES AK. Verbal short term memory in Down syndrome: A consequence of problems in rehearsal? *J Child Psychol Psychiatry* 2000, **41** : 233-244

JARROLD C, BADDELEY AD, PHILLIPS CE. Verbal short-term memory in Down syndrome: a problem of memory, audition, or speech? *J Speech Lang Hear Res* 2002, **45** : 531-544

JARROLD C, COWAN N, HEWES AK, RIBY DM. Speech timing and verbal short-term memory: Evidence for contrasting deficits in Down syndrome and Williams syndrome. *J Mem Lang* 2004, **51** : 365-380

JARROLD C, BADDELEY AD, PHILLIPS C. Long-term memory for verbal and visual information in Down syndrome and Williams syndrome: Performance on the doors and people test. *Cortex* 2007, **43** : 233-247

JARROLD C, NADEL L, VICARI S. Memory and neuropsychology in Down syndrome. *Downs Syndr Res Pract* 2009, **12**

KARMILOFF-SMITH A. Beyond modularity: A developmental perspective on cognitive science. The MIT Press, Cambridge (MA), 1992

KARMILOFF-SMITH A. Development itself is the key to understanding developmental disorders. *Trends Cogn Sci* 1998, **2** : 389-398

KARMILOFF-SMITH A, GRANT J, BERTHOUD I, DAVIES M, HOWLIN P, et coll. Language and Williams syndrome: How intact is "intact"? *Child Dev* 1997, **68** : 246

KARMILOFF-SMITH A, D'SOUZA D, DEKKER TM, VAN HERWEGEN J, XU F, et coll. Genetic and environmental vulnerabilities in children with neurodevelopmental disorders. *Proc Natl Acad Sci USA* 2012, **109** : 17261-17265

KATZ ER, ELLIS NR. Memory for spatial location in retarded and nonretarded persons. *J Intellect Disabil Res* 1991, **35** : 209-220

KIRK HE, GRAY K, RIBY DM, CORNISH KM. Cognitive training as a resolution for early executive function difficulties in children with intellectual disabilities. *Res Dev Disabil* 2015, **38** : 145-160

KITTLER P, KRINSKY-MCHALE SJ, DEVENNY DA. Semantic and phonological loop effects on verbal working memory in middle-age adults with mental retardation. *Am J Ment Retard* 2004, **109** : 467-480

KITTLER PM, KRINSKY-MCHALE SJ, DEVENNY DA. Dual-task processing as a measure of executive function: a comparison between adults with Williams and Down syndromes. *Am J Ment Retard* 2008, **113** : 117-132

KLINGBERG T. Training and plasticity of working memory. *Trends Cogn Sci* 2010, **14** : 317-324

LANFRANCHI S, CORNOLDI C, VIANELLO R. Verbal and visuospatial working memory deficits in children with Down syndrome. *Am J Ment Retard* 2004, **109** : 456-466

LANFRANCHI S, JERMAN O, VIANELLO R. Working memory and cognitive skills in individuals with Down syndrome. *Child Neuropsychol* 2009a, **15** : 397-416

LANFRANCHI S, CARRETTI B, SPANO G, CORNOLDI C. A specific deficit in visuospatial simultaneous working memory in Down syndrome. *J Intellect Disabil Res* 2009b, **53** : 474-483

LANFRANCHI S, CORNOLDI C, DRIGO S, VIANELLO R. Working memory in individuals with fragile X syndrome. *Child Neuropsychol* 2009c, **15** : 105-119

LANFRANCHI S, JERMAN O, DAL PE, ALBERTI A, VIANELLO R. Executive function in adolescents with Down Syndrome. *J Intellect Disabil Res* 2010, **54** : 308-319

LANFRANCHI S, BADDELEY A, GATHERCOLE S, VIANELLO R. Working memory in Down syndrome: is there a dual task deficit? *J Intellect Disabil Res* 2012, **56** : 157-166

LANFRANCHI S, TOFFANIN E, ZILLI S, PANZERI B, VIANELLO R. Memory coding in individuals with Down syndrome. *Child Neuropsychol* 2013, **20** : 700-712

LAWS G. Working memory in children and adolescents with Down syndrome: evidence from a colour memory experiment. *J Child Psychol Psychiatry* 2002, **43** : 353-364

LEE NR, FIDLER DJ, BLAKELEY-SMITH A, DAUNHAUER L, ROBINSON C, et coll. Caregiver report of executive functioning in a population-based sample of young children with Down syndrome. *Am J Intellect Disabil* 2011, **116** : 290-304

LEHTO JE, JUUJÄRVI P, KOOISTRA L, PULKKINEN L. Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *Br J Dev Psychol* 2003, **21** : 59-80

LIFSHITZ H, SHTEIN S, WEISS I, VAKIL E. Meta-analysis of explicit memory studies in populations with intellectual disability. *Eur J Spec Needs Educ* 2011, **26** : 93-111

LOGIE RH. Visuo-spatial working memory. Lawrence Erlbaum Associates, Hove (UK), 1995

- MAEHLER C, SCHUCHARDT K. Working memory functioning in children with learning disabilities: does intelligence make a difference ? *J Intellect Disabil Res* 2009, **53** : 3-10
- MASSON JD, DAGNAN D, EVANS J. Adaptation and validation of the Tower of London test of planning and problem solving in people with intellectual disabilities. *J Intellect Disabil Res* 2010, **54** : 457-467
- MEMISEVIC H, SINANOVIC O. Executive functions as predictors of visual-motor integration in children with intellectual disability. *Percept Mot Skills* 2013, **117** : 913-922
- MEMISEVIC H, SINANOVIC O. Executive function in children with intellectual disability - the effects of sex, level and aetiology of intellectual disability. *J Intellect Disabil Res* 2014, **58** : 830-837
- MENGHINI D, ADDONA F, COSTANZO F, VICARI S. Executive functions in individuals with Williams syndrome. *J Intellect Disabil Res* 2010, **54** : 418-432
- MIYAKE A, FRIEDMAN NP, EMERSON MJ, WITZKI AH, HOWERTER A, et coll. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cogn Psychol* 2000, **41** : 49-100
- MOSSE EK, JARROLD C. Searching for the Hebb effect in Down syndrome: evidence for a dissociation between verbal short-term memory and domain-general learning of serial order. *J Intellect Disabil Res* 2010, **54** : 295-307
- NUMMINEN H, SERVICE E, AHONEN T, KORHONEN T, TOLVANEN A, et coll. Working memory structure and intellectual disability. *J Intellect Disabil Res* 2000, **44** : 579-590
- NUMMINEN H, SERVICE E, AHONEN T, RUOPPILA I. Working memory and everyday cognition in adults with Down's syndrome. *J Intellect Disabil Res* 2001, **45** : 157-168
- NUMMINEN H, SERVICE E, RUOPPILA I. Working memory, intelligence and knowledge base in adult persons with intellectual disability. *Res Dev Disabil* 2002, **23** : 105-118
- ORNSTEIN PA, SCHAAF JM, HOOPER SR, HATTON DD, MIRRETT P, et coll. Memory skills of boys with fragile X syndrome. *Am J Ment Retard* 2008, **113** : 453-465
- OSORIO A, CRUZ R, SAMPAIO A, GARAYZABAL E, MARTINEZ-REGUEIRO R, et coll. How executive functions are related to intelligence in Williams syndrome. *Res Dev Disabil* 2012, **33** : 1169-1175
- PALMER S. Working memory: A developmental study of phonological recoding. *Memory* 2000, **8** : 179-193
- PAOUR JL. Une conception cognitive et développementale de la déficience intellectuelle. In : Nouveau traité de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent. LEBOVICI S, DIATKINE R, SOULÉ M (Eds). Presses Universitaires de France, Paris, 1995 : 2985-3009
- PAOUR JL, BAILLEUX C, PERRET P. Pour une pratique constructiviste de la remédiation cognitive. *Développements* 2009, 5-14

PATERSON SJ, BROWN JH, GSÖDL MK, JOHNSON MH, KARMILOFF-SMITH A. Cognitive modularity and genetic disorders. *Science* 1999, **286** : 2355-2358

PEARSON D, LOGIE RH. La mémoire de travail visuo-spatiale : fractionnement et développement. In : Image mentale et développement. De la théorie piagétienne aux neurosciences cognitives. BIDEAUD J, COURBOIS Y (Eds). PUF, Paris, 1998 : 139-155

PERRUCHET P, PACTON S. Qu'apportent à la pédagogie les travaux de laboratoire sur l'apprentissage implicite ? *Année Psychologique* 2004, **104** : 121-146

PICKERING SJ. Cognitive approaches to the fractionation of visuo-spatial working memory. *Cortex* 2001, **37** : 457-473

PICKERING SJ, GATHERCOLE SE, HALL M, LLOYD SA. Development of memory for pattern and path: further evidence for the fractionation of visuo-spatial memory. *Q J Exp Psychol* 2001, **54A** : 397-420

POLOCZEK S, BÜTTNER G, HASSELHORN . Phonological short-term memory impairment and the word length effect in children with intellectual disabilities. *Res Dev Disabil* 2014, **35** : 455-462

PONCELET M, VAN DER LINDEN M. L'évaluation du stock phonologique de la mémoire de travail : élaboration d'une épreuve de répétition de non-mots pour population francophone. *Rev Neuropsychol* 2003, **13** : 375-405

PURSER HR, JARROLD C. Impaired verbal short-term memory in Down syndrome reflects a capacity limitation rather than atypically rapid forgetting. *J Exp Child Psychol* 2005, **91** : 1-23

QUINETTE P, GUILLERY-GIRARD BÅ, HAINSELIN M, LAISNEY ML, DESGRANGES BÅ, et coll. Évaluation du buffer épisodique : deux épreuves testant les capacités d'association et de stockage d'informations verbales et spatiales. *Rev Neuropsychol* 2013, **5** : 56-62

RASMUSSEN C, PEI J, MANJI S, LOOMES C, ANDREW G. Memory strategy development in children with foetal alcohol spectrum disorders. *Dev Neurorehabil* 2009, **12** : 207-214

RHODES SM, RIBY DM, FRASER E, CAMPBELL LE. The extent of working memory deficits associated with Williams syndrome: exploration of verbal and spatial domains and executively controlled processes. *Brain Cogn* 2011, **77** : 208-214

ROCKERS K, OUSLEY O, SUTTON T, SCHOENBERG E, COLEMAN K, et coll. Performance on the Modified Card Sorting Test and its relation to psychopathology in adolescents and young adults with 22q11.2 deletion syndrome. *J Intellect Disabil Res* 2009, **53** : 665-676

ROSENQUIST C, CONNERS FA, ROSKOS-EWOLDSSEN B. Phonological and visuo-spatial working memory in individuals with intellectual disability. *Am J Ment Retard* 2003, **108** : 403-413

ROWE J, LAVENDER A, TURK V. Cognitive executive function in Down's syndrome. *Br J Clin Psychol* 2006, **45** : 5-17

SALTHOUSE TA, ATKINSON TM, BERISH DE. Executive functioning as a potential mediator of age-related cognitive decline in normal adults. *J Exp Psychol* 2003, **132** : 566

SCHONFELD AM, PALEY B, FRANKEL F, O'CONNOR MJ. Executive functioning predicts social skills following prenatal alcohol exposure. *Child Neuropsychol* 2006, **12** : 439-452

SCHUCHARDT K, GEBHARDT M, MAEHLER C. Working memory functions in children with different degrees of intellectual disability. *J Intellect Disabil Res* 2010, **54** : 346-353

SCHUCHARDT K, MAEHLER C, HASSELHORN M. Functional deficits in phonological working memory in children with intellectual disabilities. *Res Dev Disabil* 2011, **32** : 1934-1940

SHIPSTEAD Z, REDICK TS, ENGLE RW. Is working memory training effective? *Psychol Bull* 2012a, **138** : 628

SHIPSTEAD Z, HICKS KL, ENGLE RW. Cogmed working memory training: Does the evidence support the claims? *J Appl Res Mem Cogn* 2012b, **1** : 185-193

SU CY, CHEN CC, WUANG YP, LIN YH, WU YY. Neuropsychological predictors of everyday functioning in adults with intellectual disabilities. *J Intellect Disabil Res* 2008, **52** : 18-28

SWANSON HL. Working memory and intelligence in children: What develops? *J Educ Psychol* 2008, **100** : 581

TAKEUCHI H, TAKI Y, KAWASHIMA R. Effects of working memory training on cognitive functions and neural systems. *Rev Neurosci* 2010, **21** : 427-449

THOMAS MS, ANNAZ D, ANSARI D, SCERIF G, JARROLD C, et coll. Using developmental trajectories to understand developmental disorders. *J Speech Lang Hear Res* 2009, **52** : 336-358

TREZISE KL, GRAY KM, SHEPPARD DM. Attention and vigilance in children with Down Syndrome. *J Appl Res Intellect Disabil* 2008, **21** : 502-508

VAN DER MOLEN MJ, VAN LUIT JE, JONGMANS MJ, VAN DER MOLEN MW. Verbal working memory in children with mild intellectual disabilities. *J Intellect Disabil Res* 2007, **51** : 162-169

VAN DER MOLEN MJ, VAN LUIT JE, JONGMANS MJ, VAN DER MOLEN MW. Memory profiles in children with mild intellectual disabilities: strengths and weaknesses. *Res Dev Disabil* 2009, **30** : 1237-1247

VAN DER MOLEN MJ. Working memory structure in 10- and 15-year old children with mild to borderline intellectual, disabilities. *Res Dev Disabil* 2010, **31** : 1258-1263

VAN DER MOLEN MJ, VAN LUIT JE, VAN DER MOLEN MW, JONGMANS MJ. Everyday memory and working memory in adolescents with mild intellectual disability. *Am J Intellect Disabil* 2010a, **115** : 207-217

VAN DER MOLEN MJ, VAN LUIT JE, VAN DER MOLEN MW, KLUGKIST I, JONGMANS MJ. Effectiveness of a computerised working memory training in adolescents with mild to borderline intellectual disabilities. *J Intellect Disabil Res* 2010b, **54**: 433-447

VAN DER MOLEN MJ, HUIZINGA M, HUIZENGA HM, RIDDERINKHOF KR, VAN DER MOLEN MW, et coll. Profiling Fragile X Syndrome in males: Strengths and weaknesses in cognitive abilities (English). *Res Dev Disabil* 2010c, **31** : 426-439

VAN DER MOLEN MJ, VAN DER MOLEN MW, RIDDERINKHOF KR, HAMEL BC, CURFS LM, et coll. Attentional set-shifting in fragile X syndrome. *Brain Cogn* 2012a, **78** : 206-217

VAN DER MOLEN MJ, VAN DER MOLEN MW, RIDDERINKHOF KR, HAMEL BC, CURFS LM, et coll. Auditory and visual cortical activity during selective attention in fragile X syndrome: a cascade of processing deficiencies. *Clin Neurophysiol* 2012b, **1235** : 720-729

VAN DER MOLEN MJ, HENRY LA, VAN LUIT JEH. Working memory development in children with mild to borderline intellectual disabilities. *J Intellect Disabil Res* 2014, **58** : 637-650

VICARI S. Profils mnésiques distincts chez les enfants atteints du syndrome de Down ou du syndrome de Williams. *Enfance* 2005, **57** : 241-252

VICARI S, BELLUCCI S, CARLESIMO GA. Evidence from two genetic syndromes for the independence of spatial and visual working memory. *Dev Med Child Neurol* 2006, **48** : 126-131

VICARI S, VERUCCI L, CARLESIMO GA. Implicit memory is independent from IQ and age but not from etiology: Evidence from Down and Williams syndromes. *J Intellect Disabil Res* 2007, **51** : 932-941

VINTER A, DETABLE C. Implicit learning in children and adolescents with mental retardation. *Am J Ment Retard* 2003, **108** : 94-107

VINTER A, PACTON SĀ, WITT A, PERRUCHET P. Implicit learning, development, and education. In: Rethinking physical and rehabilitation medicine. Springer, 2010 : 111-127

WESTERMANN G, THOMAS MS, KARMILOFF-SMITH A. Neuroconstructivism. In: The Wiley-Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development. GOSWAMI U (Ed). Blackwell, Oxford, 2010

WILLNER P, BAILEY R, PARRY R, DYMOND S. Evaluation of executive functioning in people with intellectual disabilities. *J Intellect Disabil Res* 2010, **54** : 366-379

WITT A, VINTER A. Children with intellectual disabilities may be impaired in encoding and recollecting incidental information. *Res Dev Disabil* 2013, **34** : 864-871

WOODCOCK KA, OLIVER C, HUMPHREYS GW. Task-switching deficits and repetitive behaviour in genetic neurodevelopmental disorders: data from children with Prader-Willi syndrome chromosome 15 q11-q13 deletion and boys with Fragile X syndrome. *Cogn Neuropsychol* 2009, **26** : 172-194

WYATT BS, CONNERS FA. Implicit and explicit memory in individuals with mental retardation. *Am J Ment Retard* 1998, **102** : 511-526

YANG Y, CONNERS FA, MERRILL EC. Visuo-spatial ability in individuals with Down syndrome: Is it really a strength? *Res Dev Disabil* 2014, **35** : 1473-1500

ZAZZO R. Les déficiences mentales. Armand Colin, Paris, 1979

ZIGLER E. Developmental versus difference theories of mental retardation and the problem of motivation. *Am J Ment Defic* 1969, **73** : 536-556

ZIGLER E, BALLA D. Mental retardation: The developmental-difference controversy. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Hillsdale, 1982