

RÔLES DE LA COMPLEXITÉ ET DE L'ORIENTATION D'UNE FIGURE GÉOMÉTRIQUE SUR L'APPLICATION DES RÈGLES DE PRODUCTION GRAPHIQUE CHEZ L'ENFANT ET L'ADULTE

Valérie Marot et Annie Vinter
Université de Bourgogne

En tant qu'activité complexe impliquant la perception, la cognition et la motricité, le dessin peut être étudié à différents niveaux d'analyse (symbolique, syntactique, géométrique, cinématique et dynamique). L'étude du niveau « syntaxique » s'intéresse à l'organisation de la séquence de mouvements graphiques, c'est-à-dire au « comment » de l'action. Les recherches qui ont porté sur la syntaxe graphique indiquent que les sujets suivent généralement un schéma séquentiel déterminé quand ils copient un pattern géométrique. Goodnow et Levine (1973) ont mis en évidence l'existence de trois catégories de règles de production graphique regroupées sous le terme de « grammaire de l'action ». La première catégorie, comprenant quatre règles, définit la localisation du point de départ de la figure: (1) commencer par le point en haut, (2) par le point à gauche, (3) avec une ligne verticale et enfin, (4) quand la figure présente un sommet (comme c'est le cas du triangle par exemple), le sujet débute en haut et descend selon un trait oblique vers la gauche. Deux règles de progression construisent la deuxième catégorie. Selon ces règles, le sujet dessine toutes les lignes horizontales de gauche à droite et toutes les lignes verticales de haut en bas. Enfin, une règle porte sur la séquence graphique entière et correspond au principe de continuité, selon lequel le sujet ancre le mouvement à produire sur celui qu'il vient d'exécuter en minimisant le nombre de leviers de crayon. L'application de ces règles de production est liée à un principe d'économie selon lequel le sujet fournirait le moins d'efforts possibles pour atteindre son but.

Suite aux travaux de Goodnow et Levine (1973), de nombreux auteurs se sont intéressés à l'impact des facteurs éducatifs (Lurcat, 1974; Vinter & Meulenbroek, 1993), culturels (Kugelmass & Lieblisch, 1979), mais aussi à l'influence de la structure du pattern géométrique (Goodnow, 1978; Goodnow & Levine, 1973; Nihel, 1980, 1983; Vinter, 1994), du sens attribué au modèle (Van Sommers, 1984; Vinter, 1999), ou encore du rôle de l'information visuelle (Guillaud & Vinter, 1998; Willats, 1987) sur le respect des règles de production. L'aspect développemental a particulièrement intéressé les

chercheurs. Ainsi, Goodnow et Levine (1973) montrent que la force des règles de départ en haut et à gauche augmente entre quatre et six ans, la règle de départ en haut dominant quand un conflit apparaît entre ces deux règles. Vinter (1994) met en évidence une inversion dans les règles de départ entre cinq et six ans, les jeunes enfants préférant commencer par le point le plus à gauche de la figure, alors qu'à partir de six ans, les enfants choisissent de commencer par le point le plus en haut. La progression de haut en bas et de gauche à droite est de plus en plus respectée au cours du développement. Le principe de continuité présente une évolution particulière avec l'âge, car il augmente entre quatre et six ans pour décliner à partir de sept ans.

L'emploi des règles de production nous renseigne sur la manière dont le sujet a planifié sa séquence motrice. Différents modèles se sont intéressés à la planification et à l'exécution motrice. Ainsi, pour Laszlo et Bairstow (1985), le plan d'action qui nécessite la sélection du point de départ, de la direction et de la vitesse du mouvement, est de nature perceptivo-motrice et non de nature cognitive. Par la suite, l'activation d'unités motrices spécifiques, la sélection du nombre approprié d'unités et le séquençage temporel constituent les paramètres du programme moteur. Deux boucles « feed-back » permettent de corriger la production graphique. La boucle de décharge corollaire intervient pendant la planification ou la programmation motrice, et la boucle de feed-back sensoriel pendant la réalisation du dessin. Le modèle développé par Van Sommers (1984, 1989), quant à lui, considère non seulement des processus perceptifs et moteurs, mais aussi des processus cognitifs. Après avoir analysé perceptivement la figure, le sujet élabore une description mentale de l'objet en unités représentationnelles. A ce niveau, des facteurs géométriques mais aussi sémantiques influencent la segmentation de la figure faite par le sujet. Le sujet élabore ensuite un plan d'action qui aboutit à un programme moteur permettant la copie de la figure, les règles de production intervenant alors dans l'organisation des mouvements graphiques. Le niveau syntaxique constitue donc une interface entre les contraintes de haut niveau et de bas niveau, puisque l'organisation tient compte de facteurs perceptifs, géométriques et sémantiques.

Les règles graphiques telles que décrites par Goodnow et Lévine (1973) constituent des contraintes qui agissent au niveau pluriel local (au niveau du segment ou du couple de segments), alors que des contraintes d'ordre également syntaxique peuvent agir plus globalement au niveau de la séquence de production de la figure entière. D'autres principes organisateurs ont ainsi été décrits dans la littérature. Van Sommers (1984) énonce un principe de progression du centre vers la périphérie (« the core to periphery progression principle ») selon lequel les sujets tendent à dessiner en premier les éléments généraux de l'objet, puis des éléments périphériques ayant un poids sémantique moindre. Ce principe d'ordre sémantique rend compte en partie de l'ordre d'exécution des unités graphiques. Baldy, Chatillon et Cadopi (1994), Baldy, Chatillon, Cadopi et Chanquoy (1996) et Magnan, Baldy et Chatillon (1999) ont mis en évidence un autre principe d'organisation des figures géométriques, appelé principe d'exécution centripète (PFC). Il s'agit d'un procédé

d'exécution selon lequel un modèle géométrique complexe, constitué de figures emboîtées, est réalisé en commençant par la figure extérieure pour progresser vers la figure intérieure. Ce principe d'exécution a plusieurs caractéristiques : il apparaît précocement (dès l'âge de quatre ans), il devient rapidement dominant, il peut être utilisé pour produire différents modèles géométriques et à partir de huit ans, il devient indépendant de la modalité de dessin (Magnan, Aimar & Baldy, 2000).

Constatant que les études concernant les règles de production ont porté sur des figures géométriques relativement simples (composées de deux à quatre segments), l'étude présentée ici se propose de comparer l'utilisation des règles graphiques lorsqu'une figure complexe entière est donnée à copier, ou lorsque des parties seulement de cette figure sont à produire. Dans quelle mesure l'application d'une règle est-elle dépendante du niveau de complexité de la figure ? Certaines d'entre elles sont-elles plus résistantes que d'autres à ce facteur ? Du point de vue de l'organisation syntaxique, lorsqu'une règle peut s'appliquer aussi bien au niveau de la figure qu'au niveau du segment, l'établissement de celle-ci se fait-il en même temps à ces deux niveaux, ou un niveau précède-t-il l'autre au cours du développement ?

Pour répondre à de telles questions, nous avons demandé à des enfants âgés de cinq à dix ans et à des adultes de copier des figures complexes étudiées par Van Sommers (1984). Ces figures sont constituées de cinq rectangles accolés de hauteurs différentes formant des escaliers. Afin d'étudier l'impact de la nature de la figure sur l'application des règles de production, nous avons décomposé cette figure complexe de manière à construire quatre figures locales : l'élément escalier, l'élément rectangle, une partie du cadre de la figure et le cadre entier ont ainsi été proposés comme modèles. Les patrons sélectionnés sont composés de deux à douze segments. D'après les travaux de Vinter (1994), une planification locale étant présente chez les jeunes enfants, peu de changements sont attendus dans l'application des règles entre les différents modèles proposés. A partir de dix ans, les enfants faisant preuve de coordination au niveau local et au niveau global, nous attendons à ce qu'ils soient plus sensibles à la nature du modèle que les enfants plus jeunes. A cet âge, un impact important de la figure devrait être observé. Enfin, les enfants de six à huit ans démontrant une planification globale mais un comportement graphique rigide, la continuité étant relativement importante, nous attendons, à ces âges, principalement des modifications dans la localisation du point de départ et dans les règles de progression horizontale et verticale de façon à maintenir la continuité.

Méthode

Sujets

Quatre cent trois enfants droitiers âgés de cinq à dix ans ont participé à cette étude. Ils ont été répartis en cinq groupes expérimentaux (selon les cinq

modèles géométriques présentés) comprenant quatre groupes d'âge chacun. Les enfants étaient scolarisés en grande section de maternelle, CP, CE2 et CM2. Cent quatre adultes droitiers volontaires ont également participé à cette recherche, de la même manière que les enfants, ils ont été répartis en cinq groupes indépendants de manière à ce que les sujets ne puissent pas identifier les liens existants entre les différents patrons. Les adultes étaient étudiants à l'Université de Bourgogne et ils n'étaient pas informés de l'objectif de cette étude. Les sujets ne présentaient pas de déficit psychomoteur et ne montraient aucune capacité particulière pour le dessin. Le Tableau I présente les effectifs.

Tableau I. Répartition des sujets, par âge et par condition.

Figure	Complexe		Escalier		Cadre partiel		Cadre		Rectangle	
	effectif	âge moyen	effectif	âge moyen	effectif	âge moyen	effectif	âge moyen	effectif	âge moyen
5 ans	21	5;5	16	5;4	17	5;3	16	5;4	17	5;5
6 ans	26	6;3	16	6;5	22	6;6	21	6;5	17	6;5
8 ans	26	8;5	21	8;5	18	8;7	26	8;5	20	8;5
10 ans	26	10;4	20	10;7	18	10;5	19	10;5	20	10;7
adultes	26	19;10	19	25;9	19	24;9	19	24;7	21	24;2

Stimuli et matériel

Cinq modèles, représentés en Figure 1, ont été utilisés dans cette étude, chacun étant présenté selon quatre orientations différentes. La figure complexe est composée de cinq rectangles verticaux de longueurs différentes (1, 2, 3, 4 et 5 cm) et de 1 cm de largeur. Les cinq rectangles sont accolés de façon à former un « escalier » montant ou descendant, normal ou inversé.

Les quatre autres modèles sont des décompositions de cette première figure. Ainsi, une première décomposition représente l'élément « escalier » formé de cinq segments verticaux et cinq segments horizontaux (chaque segment mesure 1 cm). La deuxième décomposition (« cadre partiel ») est constituée de deux segments de longueur identique (5 cm), un segment horizontal et un segment vertical formant un angle droit, ces segments correspondent à la base et au côté de la figure complexe. La troisième correspond au cadre de la figure, c'est-à-dire à la figure complexe à laquelle les traits internes ont été effacés. Enfin, la dernière figure (« rectangle ») est constituée de six segments formant le plus grand rectangle et deux unités du rectangle adjacent.

Procédure

L'expérience se déroulait dans une pièce calme de l'école (ou de l'université) et durait environ 15 minutes par enfant. Les sujets ont été répartis aléatoirement dans les cinq groupes en fonction de la figure qui leur était présentée.

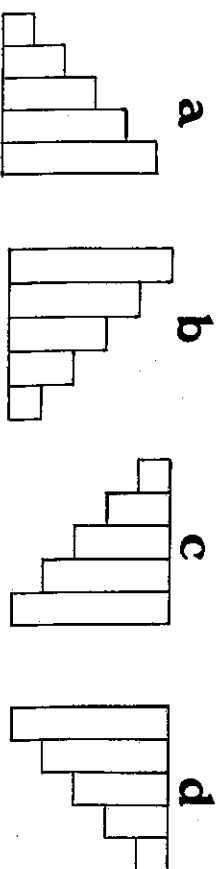


Figure complexe

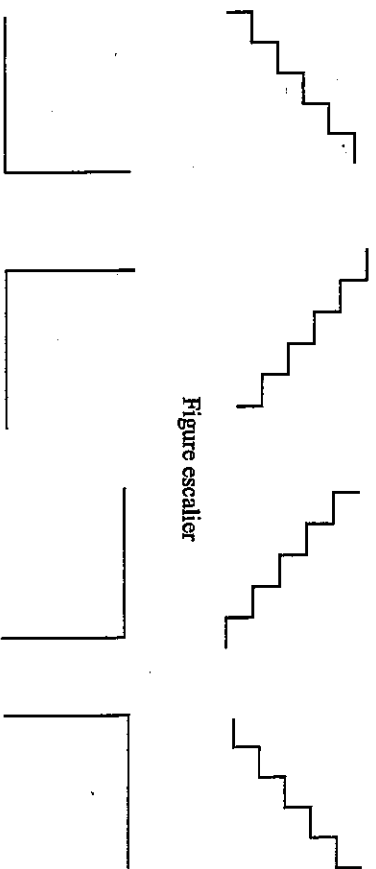


Figure escalier

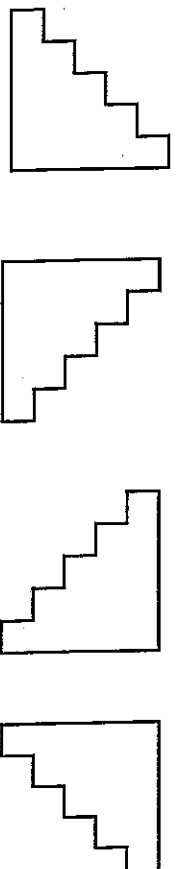


Figure cadre partiel



Figure rectangle

Figure 1. Figures géométriques utilisées comme modèles à la copie: (a) montante; (b) descendante; (c) descendante inversée; (d) montante inversée.

tée. La tâche des sujets était de copier le plus fidèlement possible la figure quatre fois selon les quatre orientations proposées. L'ordre de présentation des quatre orientations a été déterminé par tirage au sort. Les modèles étaient présentés au sujet, un par un, imprimés sur des feuilles de format 10 x 15 cm de sens horizontal. Les sujets devaient copier la figure sur une feuille blanche de même format. Afin de préserver l'orientation de la figure, les sujets ne devaient tourner ni la feuille de modèle, ni la feuille sur laquelle ils dessinaient. Chaque modèle restait visible durant toute la durée de la copie. Une fois la reproduction de la figure terminée, l'expérimentateur enlevait le dessin produit par l'enfant avant de lui présenter le modèle suivant. Aucun feedback sur l'exactitude de la copie n'était donné au sujet.

Codage des données

Pendant la copie, les deux expérimentateurs présents codaient en temps réel la séquence entière de mouvements réalisée par le sujet en notant le point de départ, la direction des mouvements et l'ordre d'exécution des unités. Leur pourcentage d'accord fut de 100%. A partir de ce codage, nous avons calculé un indice qui correspond au rapport entre le nombre de fois où l'enfant a débuté son dessin en haut à gauche (HG) et le nombre de fois où ce choix était possible. Nous avons opéré de la même façon pour les points situés respectivement en haut à droite (HD), en bas à gauche (BG) et en bas à droite (BD) de la figure. Quelle que soit l'orientation de la figure, les modèles complexe, « cadre partiel » et « cadre » proposent toujours trois points de départ possibles, la figure « escalier » en présente deux, et enfin, la figure « rectangle » offre quatre points de départ possibles. Dans de très rares cas (moins de 5% des dessins), les sujets ne débutaient pas leurs dessins par un des quatre points sélectionnés ici. Nous avons alors codé, parmi ces quatre points de départ, celui se trouvant le plus proche du point choisi par le sujet. Les pourcentages de respect des règles de progression (haut-bas et gauche-droite) ont été obtenus en calculant le rapport entre le nombre de segments effectués dans le sens indiqué par la règle (haut-bas ou gauche-droite) et le nombre total de segments produits. Enfin, un indice de continuité a été calculé pour chaque copie produite par les sujets. Cet indice correspond au rapport entre le nombre de mouvements nécessaires pour copier la figure et le nombre de mouvements produits par le sujet. Dans le cas des figures « escalier », « cadre partiel » et « cadre », le nombre de mouvements nécessaires correspond à un, pour la figure « rectangle » ce nombre est de deux mouvements, enfin pour la figure complexe, cinq mouvements sont nécessaires¹.

¹ Nous aurions pu calculer cet indice de manière « stricte » en considérant quatre mouvements nécessaires pour la figure complexe et un mouvement pour la figure « rectangle ». Cependant, ce comportement graphique n'est jamais apparu dans les productions des sujets. Nous avons donc retenu, pour chacune des figures, le nombre de mouvements nécessaires pour reproduire le pattern mais qui s'observe au moins une fois dans le comportement des sujets.

Résultats

Localisation du point de départ

La copie de chacune des quatre figures locales a été analysée systématiquement en comparaison avec la réalisation de la figure complexe, au moyen d'ANOVAs conduites avec les variables Age (5) et Figure (2) comme facteurs inter-sujets. Une ANOVA a aussi été menée avec les variables Age (5) et Figure (5) comme facteurs inter-sujets.

Quel que soit le pattern géométrique proposé aux sujets, 76,3% des figures sont commencées en haut et 73,2% sont débutées à gauche. Pour chaque figure produite aux différents âges, les fréquences de départs en haut à gauche (HG), en haut à droite (HD), en bas à gauche (BG) et en bas à droite (BD), quand ces choix étaient possibles, ont été calculées. Les résultats sont représentés en Figure 2. On voit que, quel que soit le pattern présenté aux sujets, le point situé en HG est largement préféré, puisqu'il est choisi dans 74% des situations où ce point de départ est possible. Les choix portés sur les autres points de départ possibles sont nettement moins fréquents (HD : 31,1%, BG : 27,4% et BD : 6,6%).

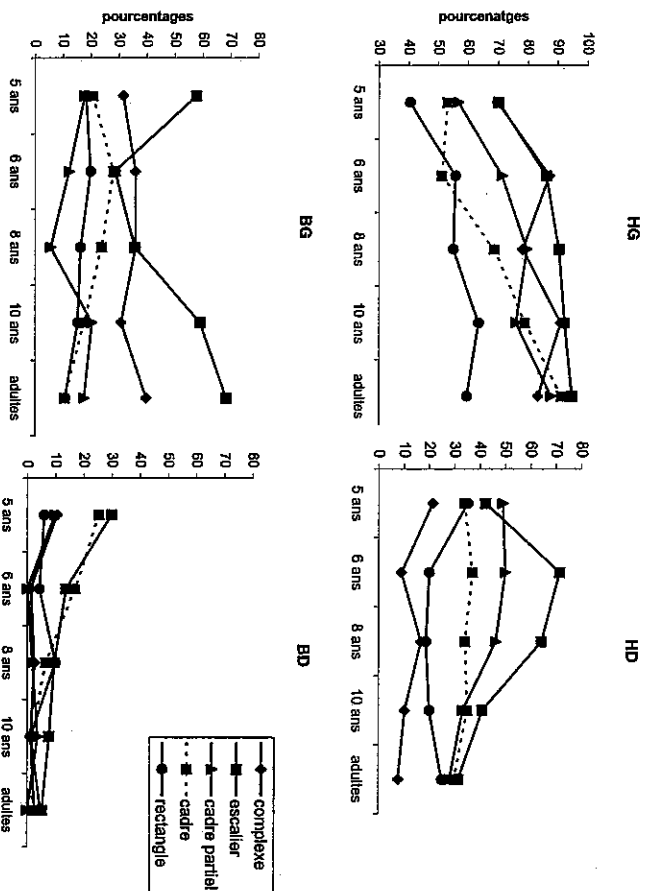


Figure 2: Pourcentages moyens de copies débutées par les points en haut à gauche (HG), en haut à droite (HD), en bas à gauche (BG) et en bas à droite (BD), en fonction de l'âge et de la figure.

Le point HG

Le point de départ situé en HG est plus souvent sélectionné par les sujets copiant la figure complexe (81.9%) que par ceux reproduisant les modèles « cadre partiel » (74.2%), « cadre » (68.6%) et « rectangle » (54.8%), $F_{(1,209)} = 6, p < .05$, $F_{(1,216)} = 17, p < .01$ et $F_{(1,210)} = 67.7, p < .01$ respectivement. Aucune différence significative n'apparaît entre la figure complexe (81.9%) et la figure « escalier » (86.7%, $p > .05$). Quel que soit le pattern proposé, l'ensemble des enfants de cinq ans sélectionne le point HG dans 58% des situations où ce choix est possible. Cette préférence s'accroît progressivement pour atteindre 83.3% des dessins à l'âge adulte, $F_{(4,482)} = 14.9, p < .01$. Cependant, le choix du point HG est moindre lors de la copie de la figure « cadre » par rapport à la figure complexe dans les dessins des enfants, alors qu'il est plus fréquent dans les réalisations des adultes, $F_{(4,216)} = 4.9, p < .01$. À six ans, la différence est particulièrement forte (87.2% vs 51.1%, différence significative à $p < .01$ au test de Scheffé). Aucun autre effet d'interaction significatif entre la figure et l'âge n'est obtenu.

Le point HD

Le point HD est choisi plus souvent dans la réalisation des décompositions (« escalier » 50.1%, « cadre partiel » 41.3%, « cadre » 34% et « rectangle » 23.8%) que dans celle de la figure complexe (13%), $F_{(1,207)} = 65, p < .01$, $F_{(1,209)} = 91, p < .01$, $F_{(1,216)} = 39.1, p < .01$ et $F_{(1,210)} = 12.7, p < .01$ respectivement. Sur l'ensemble des groupes, le choix du point HD diminue progressivement de 36.4% à cinq ans à 24.4% à l'âge adulte, $F_{(4,482)} = 4.6, p < .01$. Cependant, la Figure 2 illustre un changement important avec l'âge entre les sujets copiant la figure complexe et ceux réalisant la figure « escalier », $F_{(4,207)} = 2.8, p < .05$. Ainsi, à six et huit ans, davantage de dessins sont débutés en HD dans la condition « escalier » par rapport à la condition complexe, $F_{(1,207)} = 10.2, p < .01$. Concernant la figure « cadre partiel », le point HD est préféré à six et huit ans par rapport à dix ans et à l'âge adulte, $F_{(1,209)} = 12.4, p < .01$.

Le point BG

Une plus forte proportion de dessins commencés par le point BG est apparue lors de la copie de la figure « escalier » (49.9%) par rapport à la figure complexe (34.8%), $F_{(1,207)} = 12, p < .01$. À l'inverse, ce point est moins sélectionné par les sujets copiant les figures « cadre partiel » (14.7%), « cadre » (20.1%) et « rectangle » (16.1%), $F_{(1,209)} = 57.5, p < .01$, $F_{(1,216)} = 27.4, p < .01$ et $F_{(1,210)} = 47.8, p < .01$ respectivement. Dans la condition « escalier », les enfants de cinq ans et les adultes préfèrent le point BG par rapport aux enfants de six et huit ans, alors que nous n'obtenons pas un tel effet dans la condition « complexe », $F_{(4,207)} = 3.2, p < .05$. Les enfants de six et huit ans semblent privilégier les points situés en haut pour réaliser la figure « escalier », alors que ceux de dix ans et les adultes semblent préférer les points de départ situés à gauche. Aucun autre effet d'interaction avec l'âge n'est obtenu.

Le point BD

Le point de départ situé en BD est moins souvent sélectionné que les autres points de départ possibles. Ainsi, seulement 3.6% des figures complexes sont débutées par ce point. Aucune modification significative n'est obtenue pour les figures « cadre partiel » (3.1%) et « rectangle » (5.3%). Les figures « escalier » et « cadre » ont, quant à elles, induit plus de départs par ce point (« escalier » 13.3% et « cadre » 10.5%), $F_{(1,207)} = 11, p < .01$ et $F_{(1,216)} = 13.6, p < .01$ respectivement. L'effet de l'âge révèle que les sujets dépassent progressivement le point BD (16.3% à cinq ans, 7.3% à six ans, 6.1% à huit ans, 3.1% à dix ans et 2.9% à l'âge adulte), $F_{(4,482)} = 9.1, p < .01$. Cependant, les enfants de cinq ans produisant la figure « cadre », choisissent plus souvent le point BD (25.5%) que ceux réalisant la figure complexe (10.5%). Cet écart s'estompe progressivement entre cinq et huit ans, et à partir de dix ans, les sujets sélectionnent ce point dans des proportions similaires pour copier les deux patterns, $F_{(4,216)} = 3.5, p < .01$. Pour copier la figure « escalier », les enfants de cinq ans choisissent plus fréquemment ce point de départ (29.9%) que les sujets plus âgés, $F_{(1,207)} = 12.8, p < .01$. Aucun autre effet d'interaction avec l'âge n'est significatif.

Rôle de l'orientation sur la localisation du point de départ

Afin d'observer l'effet de l'orientation de la figure sur la localisation du point de départ, nous avons réalisé une série d'ANOVAs sur les données brutes avec les variables Age (5) et Figure (2) comme facteurs inter-sujets et la variable Orientation (4) comme facteur intra-sujets.

L'effet d'orientation a évidemment un impact important sur la localisation du point de départ puisque selon les orientations et les patterns, tous les points de départ ne sont pas possibles. Par exemple, pour réaliser la figure complexe, le sujet a le choix entre trois points de départ, alors que, pour une même orientation, les sujets copiant la figure « escalier » n'ont que deux possibilités. Nous souhaitons donc nous centrer sur les résultats obtenus quand des situations de conflits entre les règles de production apparaissent et quand, pour une même orientation, les points de départ possibles sont identiques entre les figures. Le point HG est préféré pour débuter la figure complexe dans les trois orientations où ce choix est possible (descendante 74.4%, descendante inversée 84.8%, et montante inversée 86.5%); alors que pour la figure « cadre partiel » montante inversée, un tel comportement ne s'observe pas (41%), $F_{(3,627)} = 50.5, p < .01$. Dans cette orientation qui présente un conflit entre la progression et la continuité, les sujets choisissent aussi les points HD (30.7%) et BG (28.2%), alors que la localisation du point de départ pour la figure complexe ne se fait que dans 10.4% des cas en HD et 3.1% en BG, $F_{(3,627)} = 89.4, p < .01$ et $F_{(3,627)} = 109.8, p < .01$ respectivement. Le point HD est peu choisi pour initier la figure complexe montante (14.2%), alors qu'il est nettement préféré pour les figures « cadre partiel » (82.9%) et « cadre » (65%), $F_{(1,207)} = 89.4, p < .01$ et $F_{(1,209)} = 35.3, p < .01$ respectivement. À l'inverse, le

point BG est principalement choisi pour effectuer la figure complexe montante (82,9%), ce qui n'est pas observé pour les deux autres patrons (« cadre partiel » 13,4% et « cadre » 27,8%), $F(3,627) = 109,8$, $p < .01$ et $F(3,648) = 72,2$, $p < .01$ respectivement. Enfin, nous souhaitons attirer l'attention du lecteur sur les résultats obtenus pour la figure « rectangle ». En effet, les sujets ont tendance à commencer la figure par le rectangle fermé. Conformément à la règle de départ à gauche, quand le grand rectangle se situe à gauche de la figure, environ 92% des dessins sont débutés par un point de cet élément. Mais, quand il se situe à droite de la figure, un nombre non négligeable de copies est débuté par le grand rectangle (56,7% dans l'orientation montante et 44,1% dans l'orientation descendante inversée).

Progression des mouvements

Le respect des règles de progression verticale et horizontale a été mesuré en calculant le rapport entre le nombre de segments exécutés par le sujet selon la direction indiquée par chaque règle et le nombre de segments produits au total. Une série d'ANOVAs a été menée avec les variables Age (5) et Figure (2) comme facteurs inter-sujets et la variable Orientation (4) comme facteur intra-sujets. La Figure 3 illustre la progression des mouvements pour chaque modèle en fonction de l'âge des sujets.

Progression verticale

Pour reproduire la figure complexe, 64,3% des segments verticaux sont réalisés de haut en bas. La Figure 3 illustre clairement un plus grand respect de la règle de progression verticale par les sujets copiant la figure « cadre partiel » (87,7%) par rapport à ceux produisant la figure complexe, $F(1,209) = 120,4$, $p < .01$. Cependant, il faut tenir compte du fait que cette figure est particulièrement simple par rapport à la figure complexe car elle est constituée seulement de deux segments. L'application de cette règle pour la figure complexe ne diffère pas significativement de celle observée pour les figures « rectangle » (65,7%), « cadre » (66,8%) et « escalier » (69,6%). Quel que soit le patron à produire, la Figure 3 illustre une augmentation du respect de cette règle entre cinq ans (60,9%) et l'âge adulte (77,7%), $F(4,482) = 7,8$, $p < .01$. Cependant, les enfants de six et huit ans copiant les figures « escalier » ou « cadre partiel », utilisent davantage la règle de progression verticale que les autres sujets, $F(1,207) = 8,2$, $p < .01$ et $F(1,209) = 8$, $p < .01$ respectivement. En ce qui concerne la figure « cadre », les enfants de dix ans et les adultes produisent plus de segments de haut en bas que les autres sujets, $F(1,216) = 18,4$, $p < .01$. Enfin, l'effet d'orientation induit quelques modifications dans le respect de la règle de progression verticale selon le patron à copier, mais ces changements sont de faibles proportions. Nous ne les présenterons pas davantage.

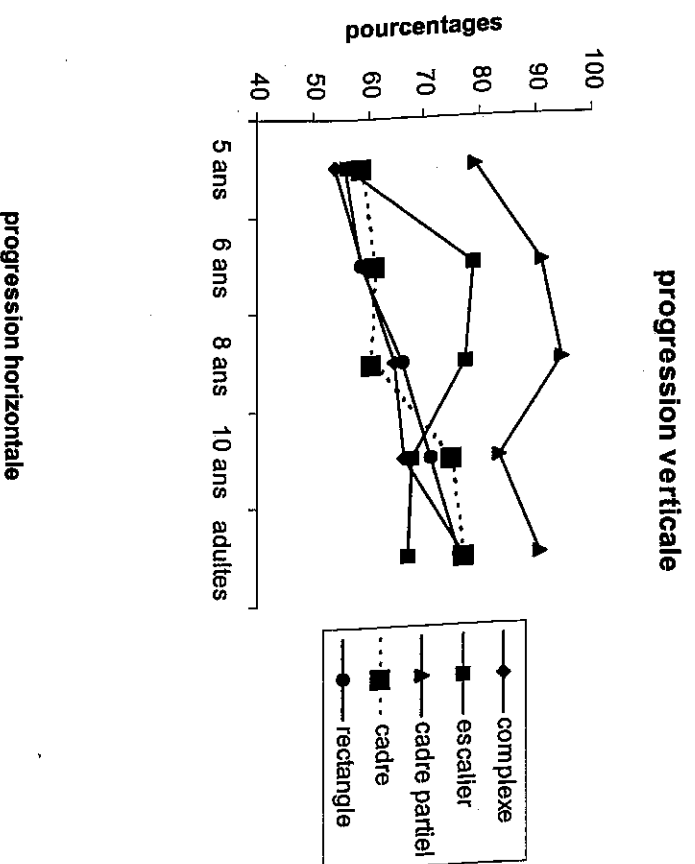


Figure 3: Pourcentages moyens de respect des règles de progression, en fonction de l'âge et de la figure.

Progression horizontale

La règle de progression horizontale est plus fréquemment appliquée pour reproduire les figures « escalier » (69,5%), « cadre partiel » (70,6%) et « rectangle » (67,5%) que pour copier la figure complexe (62,7%), $F(1,207) = 9,4$, $p < .01$.

$F_{(1,209)} = 15.3$, $p < .01$ et $F_{(1,210)} = 6.4$, $p < .05$ respectivement. À l'inverse, la figure «cadre» incite moins les sujets à respecter cette règle (55.2%), $F_{(1,216)} = 14.2$, $p < .01$. Globalement, la règle de progression horizontale est de plus en plus appliquée au cours du développement, $F_{(4,482)} = 36$, $p < .01$. Cependant, des différences apparaissent selon la nature du pattern. Ainsi, à cinq ans, l'emploi de cette règle pour réaliser la figure «cadre» est légèrement supérieur que pour la figure complexe. À partir de six ans, nous remarquons une diminution qui est particulièrement importante à l'âge adulte, $F_{(4,216)} = 4.2$, $p < .01$. Pour reproduire la figure «escalier», les enfants de six et huit ans privilégient moins la règle de progression horizontale que les autres sujets, $F_{(1,207)} = 17.2$, $p < .01$. Ceci est cohérent avec l'observation faite sur la règle verticale et le choix du point de départ: en effet, entre six et huit ans, les enfants favorisent le point HD plutôt que le point situé en BG. Ce choix du point de départ, notamment pour les orientations montante et montante inversée, entraînent obligatoirement le respect de la règle verticale et la production des segments horizontaux de droite à gauche si les enfants appliquent le principe de continuité. Enfin, à dix ans, le pourcentage de respect observé pour les figures «cadre partiel», «escalier» et «rectangle» est nettement plus élevé que pour copier la figure complexe, $F_{(1,209)} = 7.6$, $p < .01$, $F_{(1,210)} = 12.3$, $p < .01$ et $F_{(1,207)} = 5.5$, $p < .05$ respectivement.

En ce qui concerne l'orientation de la figure, peu de différences apparaissent entre les quatre orientations pour la figure complexe car le pourcentage d'application de la règle varie seulement entre 60 et 65%. Un des résultats intéressants est relatif à la figure «cadre partiel». Il indique une réalisation plus fréquente des segments de gauche à droite selon les orientations descendante (98.9%) et descendante inversée (85.1%) que selon les autres orientations, une forte diminution du respect de la règle pour l'orientation montante (29.3%) étant observée, $F_{(3,627)} = 65.4$, $p < .01$. Cette diminution semble être due à la résolution du conflit entre les règles de progression et le principe de continuité. En effet, si les sujets tracent la figure en continu, ils sont obligés de violer une des deux règles de progression. Or nous avons vu que la règle verticale est respectée à 90.8%. Les sujets privilégieraient donc la progression verticale au détriment de celle horizontale.

Principe de continuité

Un indice de continuité, correspondant au rapport entre le nombre de mouvements nécessaires à la réalisation de la figure et le nombre de mouvements isolément produits par le sujet, a été calculé pour chaque copie. Les résultats ont été analysés à l'aide de plusieurs ANOVAs avec les variables Age (5) et Figure (2) comme facteurs inter-sujets et la variable Orientation (4) comme facteur intra-sujets. Le respect du principe de continuité est représenté en Figure 4.

La Figure 4 indique que le respect du principe de continuité est plus important pour les figures «escalier» (97%) et «cadre partiel» (91%) que pour la figure complexe (88%). $F_{(1,207)} = 48.2$, $p < .01$ et $F_{(1,208)} = 4.5$, $p < .05$ respectivement.

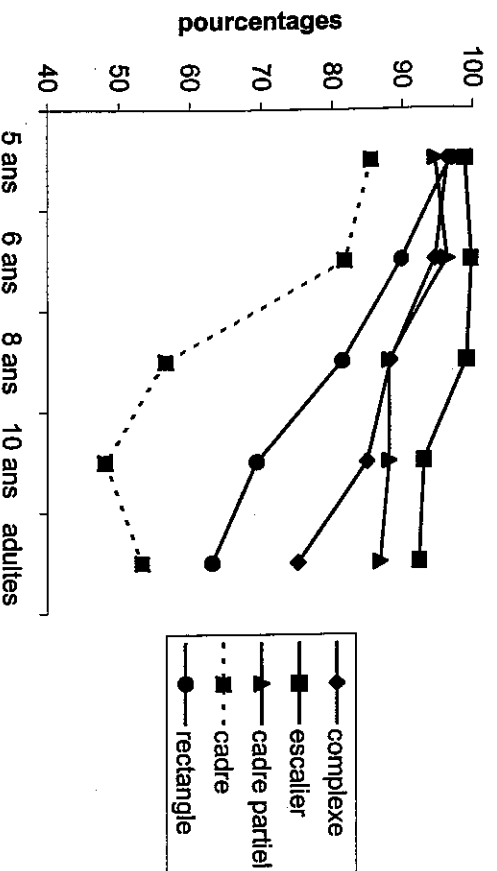


Figure 4: Pourcentages moyens de respect du principe de continuité en fonction de l'âge et de la figure.

À l'inverse les figures «cadre» (65.1%) et «rectangle» (80.2%) ont incité les sujets à produire leurs dessins de manière moins continue, $F_{(1,216)} = 129.4$, $p < .01$ et $F_{(1,210)} = 19$, $p < .01$ respectivement². Quel que soit le pattern à produire, la continuité diminue progressivement entre cinq ans (94.6%) et l'âge adulte (74.2%), $F_{(4,482)} = 45.7$, $p < .01$. Cependant, l'effet d'interaction Figure \times Age révèle que la figure «escalier» a induit une forte application de la règle de continuité chez l'ensemble des sujets, alors que celle-ci est de moins en moins respectée au cours du développement par les sujets copiant la figure complexe. L'écart entre les deux patterns s'accroît à partir de huit ans, $F_{(4,207)} = 4$, $p < .01$ ³. La différence observée entre les figures complexe et «cadre» est minimale à cinq et six ans, puis elle s'accroît à huit ans pour être maximale à dix ans, $F_{(4,216)} = 6.2$, $p < .01$ ⁴. Enfin, la figure «rectangle» ne présente pas d'évolution significativement différente au cours du développement par rapport à celle observée pour la figure complexe ($p > .05$).

² Si nous considérons l'indice «strict» de continuité, le respect est de 70.4% pour la figure complexe et de 40.1% pour la figure «rectangle». Les effets du type de pattern sont alors renforcés, excepté pour la différence entre les figures complexe et «cadre» bien que l'effet soit toujours significatif (complexe-«escalier» $F_{(1,207)} = 571.2$, $p < .01$; complexe-«cadre partiel» $F_{(1,209)} = 277.6$, $p < .01$; complexe-«cadre» $F_{(1,216)} = 7.8$, $p < .01$ et complexe-«rectangle» $F_{(1,210)} = 741.9$, $p < .01$).

³ Avec l'indice «strict» de continuité, la différence s'accroît dès six ans et est maximale à l'âge adulte, $F_{(4,207)} = 2.9$, $p < .05$.

⁴ L'effet d'interaction est différent si nous considérons l'indice «strict». À cinq et six ans, la figure «cadre» est produite de manière plus continue que la figure complexe, à partir de huit ans, l'effet s'inverse, $F_{(4,216)} = 8.1$, $p < .01$.

En ce qui concerne l'effet de l'orientation du pattern, le pourcentage de respect du principe de continuité pour la figure complexe se situe entre 85 et 90% pour les quatre orientations, alors que lors de la copie de la figure « cadre partiel », les orientations descendante (98,3%) et descendante inversée (96%) incitent davantage le recours à la continuité que les autres orientations, $F_{(3,627)} = 14,7$, $p < .01^5$. En effet, ces orientations permettent aux sujets de respecter à la fois les règles de progression gauche-droite et haut-bas et le principe de continuité.

Discussion

Les résultats issus de cette expérience mettent en évidence l'impact de la complexité du pattern et de l'âge sur l'application des règles de production. Conformément aux résultats déjà connus dans la littérature, la majorité des dessins sont débutés par un point situé en haut ou à gauche (Goodnow & Levine, 1973; Nimio & Liebllich, 1976; Simmer, 1981; Vinter, 1994). Cependant, la complexité des figures a introduit des modifications dans l'utilisation des règles de production. Concernant la localisation du point de départ, la réalisation des figures décomposées par rapport à celle de la figure complexe est moins fréquemment débutée en HG, et davantage en HD. La figure complexe est principalement débutée en HG quand ce point de départ est possible, et en BG quand le plus petit rectangle se situe en bas à gauche de la figure. Les sujets semblent appliquer une stratégie de progression de gauche à droite pour produire les cinq rectangles. Les sujets ayant une figure locale à réaliser favorisent la localisation du point de départ en haut (HG ou HD). Parmi les décompositions de la figure complexe, la figure « rectangle » présente des résultats particuliers. Pour la produire, les sujets commencent presque toujours à gauche quand le grand rectangle se trouve à gauche, mais beaucoup de dessins sont débutés à droite quand le grand rectangle est situé à droite de la figure. Conformément au principe de progression énoncé par Van Sommers (1984), le grand rectangle constituerait le « core » (noyau) de la figure.

Les règles de progression verticale et horizontale sont les plus souvent respectées pour réaliser la figure « cadre partiel ». Les autres décompositions n'entraînent pas de changements significatifs du pourcentage d'application de la règle verticale. La règle horizontale, quant à elle, est davantage suivie pour copier les figures « escalier » et « rectangle », alors qu'elle est moins souvent appliquée pour la figure « cadre ». Enfin, les figures « cadre partiel » et « escalier » favorisent très largement la réalisation continue des unités, alors que les figures « cadre » et « rectangle » sont copiées de manière moins continue que la figure complexe. L'application des règles est donc dépendante du niveau de complexité de la figure.

Ainsi, trois étapes développementales émergent quant à l'adaptation au pattern géométrique proposé. Les enfants de cinq ans présentent peu de modifications dans l'exécution des segments verticaux et horizontaux et dans la fréquence d'application du principe de continuité. Ils maintiennent, en effet, un fort pourcentage de respect de la continuité pour toutes les figures. A cet âge, l'utilisation des règles de production est peu dépendante de la complexité de la figure, les enfants présentant une application locale des règles. Braswell et Rosengren (2002) indiquent que cette stabilité témoigne de l'importance des contraintes cognitives sur les productions graphiques des jeunes enfants. Ces contraintes cognitives pourraient être identifiées en référence à Mounoud (1988, 1992), qui défend l'idée selon laquelle l'enfant de cinq ans tend à planifier son comportement sur la base de représentations mentales isolées. Une utilisation locale des règles d'action s'ensuivrait. A partir de six ans, les enfants modifient leur procédé d'exécution graphique, en sélectionnant des points de départ différents selon les situations proposées. Ils favorisent la continuité au détriment du respect des règles de progression quand des conflits entre ces règles apparaissent. Ce comportement s'observe notamment dans la copie de la figure « escalier ». Ces modifications dans l'organisation graphique témoignent d'une planification globale de la figure. Finalement, à partir de dix ans, l'impact de la figure est majeur. Nous observons par exemple, pour la figure « escalier », plus de départs à gauche que chez les sujets plus jeunes et une forte adhésion au principe de continuité, alors qu'il est normalement de moins en moins respecté au cours du développement. Cette observation illustre le rôle des contraintes biomécaniques dans l'organisation des mouvements (Braswell & Rosengren, 2002), les enfants sélectionnant le point de départ qui leur permet de réaliser cette figure de gauche à droite. Globalement, pour chacune des figures à reproduire, les enfants choisissent un point de départ de manière à respecter des règles de progression au détriment à la continuité. Ces résultats témoignent d'une planification coordonnée aux niveaux du segment et de la figure. Les enfants disposeraient alors de représentations mentales décomposables (Mounoud, 1988, 1992) permettant aux sujets de tenir compte des possibilités d'application des règles aux deux niveaux de considération du pattern. Ces étapes sont conformes à celles énoncées par Vinter (1994) et Nihel (1980, 1983). Nous observons une transition de l'ancrage fluide, impliquant un fort respect de la continuité, à un type d'organisation balistique, dans lequel le principe directionnel domine (Nihel, 1980, 1983). A ce niveau, le sujet planifie la figure dans sa globalité et optimise l'application des principes graphiques. Dans cette perspective, il peut être suggéré que ces résultats se généraliseraient à la copie de tout type de dessins faits de traits rectilignes.

Ces résultats nous fournissent donc des informations quant à la planification qui ne serait pas uniquement de nature perceptivo-motrice comme le suggèrent Laszlo et Bairstrow (1985), mais qui impliquerait aussi des processus de plus haut niveau comme le suggère Van Sommers (1984). Van Sommers (1984) décrit un procédé d'exécution selon lequel le sujet procéderait du « core » de l'objet vers les éléments plus périphériques. Ce principe d'organisation d'ordre « sémantique » (c'est-à-dire lié à un sens attribué à la figure et à ses éléments) peut

⁵ Cet effet d'interaction existe toujours si nous utilisons l'indice « strict », $F_{(3,627)} = 18,3$, $p < .01$.

s'observer dans le cas de la réalisation de la figure « rectangle », les sujets ayant tendance à réaliser en premier le grand rectangle. Ainsi, il semblerait que le sujet effectue une description mentale du modèle dans des termes du type « un rectangle, plus d'autres éléments », l'unité représentationnelle « rectangle » étant alors réalisée en premier. Les résultats obtenus pour la copie de la figure « cadre » sont particulièrement intéressants car, bien que cette figure présente la même forme globale que la figure complexe, des différences importantes sont observées. Celles-ci concernent principalement la localisation du point de départ et le respect de la continuité. Au niveau de la construction de ces figures, la seule modification réside dans l'absence ou la présence des traits internes faisant apparaître l'unité « rectangle ». Ainsi les sujets ne procédaient pas de l'extérieur vers l'intérieur comme le suggère le modèle de Magnan et al. (2000) pour réaliser la figure complexe, car si tel était le cas, nous ne devrions pas observer de différences entre les copies des figures complexe et « cadre », surtout en ce qui concerne le choix du point de départ. Il est important de souligner que la figure complexe est composée de rectangles ayant des frontières communes entre eux et avec l'élément « cadre », contrairement aux figures étudiées par Magnan et al. (2000). La présence de tels facteurs géométriques viennent probablement nuancer le principe décrit par ces auteurs. Ces résultats illustrent à nouveau le rôle primordial de l'élément « rectangle » dans la réalisation de ces figures. Van Sommers (1984) énonce un principe d'accrétion, à la fois géométrique et sémantique, selon lequel un sujet a tendance à dessiner une nouvelle unité sur les parties déjà représentées. Il semble donc que les sujets copiant la figure « rectangle » ou la figure complexe procèdent selon ce principe d'accrétion en réalisant en premier le rectangle fermé et en ancrant les unités suivantes sur cet élément.

Cette étude permet donc de voir le lien qu'entretiennent la complexité du pattern et l'âge des sujets sur l'emploi des règles de production. Au niveau de la figure entière, c'est-à-dire quand la complexité augmente, des problèmes de conflits peuvent apparaître. L'âge va alors avoir un impact déterminant dans la résolution de ce conflit. L'utilisation des règles témoigne de la segmentation que le sujet a effectuée de la figure afin de planifier son exécution motrice. Si seulement une partie de la figure est planifiée, alors le pattern est produit segment par segment. Lorsque la séquence entière de mouvements est déterminée à l'avance, par contre, une sélection du point de départ le plus appropriée est possible et des priorités entre règles peuvent être établies.

RÉSUMÉ

Cette étude consiste à comparer l'utilisation des règles de production graphiques lorsqu'une figure complexe est donnée à copier ou lorsque des parties seulement de cette figure sont à produire. Des enfants âgés de cinq à dix ans et des adultes droitiers doivent copier un modèle présenté selon quatre orientations différentes. Les résultats obtenus révèlent trois étapes développementales (cinq ans, six-à-dix ans et dix ans-adultes) qui diffèrent quant à la prise en compte de la nature

du pattern. Ces résultats sont discutés à l'aide du modèle de planification et d'exécution graphique de Van Sommers (1984).

SUMMARY

The present experiment was designed to compare the use of some graphic production rules defined in the « grammar of action » for copying either a complex geometrical figure or only parts of it. The aim was to determine if a graphic rule could be applied at the segment level as well as at the figure level. Right-handed children aged between five and ten years and adults were asked to copy a geometrical pattern presented in four different positions. The results showed three types of graphic behaviour characterizing the five-year-olds six- to eight-year-olds and ten-year-olds and adults respectively. The younger children produced their drawings segment by segment, the effect of the pattern was less important at this age. Children aged between six and eight years modified their behaviour to apply the threading principle. Finally after ten years, children used the graphic rules differently, notably as a function of the pattern, in order to respect the progression rules. The results are discussed in light of Van Sommers' model (1984) on planning and graphic execution.

ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Studie wird die Benutzung der Regeln bei der graphischen Produktion verglichen, wenn die Teilnehmer Figuren oder Teile der Figuren zu kopieren haben. Fünf- bis zehnjährige Kinder und rechtsbändige Erwachsene hatten ein Vorbild zu kopieren. Dieses Vorbild wurde in vier verschiedenen Orientierungen vorgelegt. Die Ergebnisse zeigen drei Etappen in der Entwicklung auf: bei fünfjährigen Kindern, bei Kindern im Alter von sechs bis acht Jahren, bei Zehnjährigen und Erwachsenen. Die Benutzung der Struktur der Figuren sind verschieden. Diese Ergebnisse werden im Bezug auf das Modell von Van Sommers (1984) diskutiert.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALDY, R., CHATILLON, J. F., & CADOPPI, M. (1994). Effets d'une démonstration sur les procédés d'un dessin chez des enfants de six ans, huit ans et dix ans. *Archives de Psychologie*, 62, 9-23.
- BALDY, R., CHATILLON, J. F., CADOPPI, M., & CHANQUOY, L. (1996). Vision and mental representation in geometric design drawing by nine-year-olds. *Current Psychology of Cognition*, 15, 599-613.
- BRASWELL, G.S., & ROSENGREN, K.S. (2002). The role of handedness in graphic production: Interactions between biomechanical and cognitive factors in drawing development. *British Journal of Developmental Psychology* 20, 581-599.
- GOODNOW, J.J. (1978). Visible thinking: Cognitive aspects of change in drawings. *Child Development*, 49, 637-641.
- GOODNOW, J.J., & LEVINE, R.A. (1973). The «grammar of action»: Sequence and syntax in children's copying behavior. *Cognitive Psychology* 4, 82-98.
- GULLAUD, L., & VINTER, A. (1998). Rôle de la vision dans la direction de mouvements graphiques simples. *L'Année Psychologique*, 98, 401-428.

- KUGELMASS, S., & LIEBLICH, A. (1979). The impact of learning to read on directionality in perception: A further cross-cultural analysis. *Human Development*, 41, 1125-1131.
- LASZLO, J.I., & BAIRSTOW, P.J. (1985). *Perceptual-motor behaviour: Developmental assessment and therapy*. London: Holt Saunders.
- LURÇAT, L. (1974). *Etudes de l'acte graphique*. Paris: Mouton.
- MAGNAN, A., BALDY, R., & CHATILLON, J.F. (1999). Organizing principle in 4 to 8 year-old children's drawings of embedded geometric shapes. *Swiss Journal of Psychology* 58, 3-11.
- MAGNAN, A., AIMAR, J. B., & BALDY, R. (2000). Représentation et exécution d'un dessin-modèle composé de figures géométriques élémentaires chez l'enfant de cinq à huit ans: Effet de la tâche et de l'ordre de présentation des figures élémentaires. *Archives de Psychologie*, 68, 199-212.
- MOUNOUD, P. (1988). The ontogenesis of different types of thought. In L. Weiskrantz (Ed.), *Thought without language* (pp. 25-45). Oxford: Oxford University Press.
- MOUNOUD, P. (1992). A recursive transformation of central cognitive mechanisms: The shift from partial to whole representation. In A. Sameroff & M. Haith (Eds.), *Reason and responsibility: The passage through childhood* (pp. 85-110). Chicago: Chicago University Press.
- NIHEI, Y. (1980). Developmental change in motor organization: Covert principles for the organization of strokes in children's drawing. *Tohoku Psychological Review*, 39, 17-23.
- NIHEI, Y. (1983). Developmental change in covert principles for the organization of strokes in drawing and handwriting. *Acta Psychologica*, 54, 846-849.
- NINIO, A., & LIEBLICH, A. (1976). The grammar of action: Phrase structure in children's copying. *Child Development*, 47, 846-849.
- SIMNER, M. L. (1981). The grammar of action and children's printing. *Developmental Psychology* 17, 866-871.
- VAN SOMMERS, P. (1984). *Drawing and cognition: Descriptive and experimental studies of graphic production processes*. London: Cambridge University Press.
- VAN SOMMERS, P. (1989). A system for drawing and drawing-related neuropsychology. *Cognitive Neuropsychology* 6, 117-164.
- VINTEY, A. (1994). Hierarchy among graphic production rules: A developmental approach. In C. Faure, P. Keuss, G. Lorette & A. Vinter (Eds.), *Advances in handwriting and drawings: A multidisciplinary approach* (pp. 275-288). Paris: Europa.
- VINTEY, A. (1999). How meaning modifies drawing behavior in children. *Child Development*, 70, 33-49.
- VINTEY, A., & MEULENBROECK, R.G.J. (1993). The role of manual dominance and visual feedback in circular drawing movements. *Journal of Human Movement Studies*, 25, 11-37.
- WILLIAMS, J. (1987). Marr and pictures: An information-processing account of children's drawings. *Archives de Psychologie*, 55, 105-125.

Adresse du premier auteur:

L.E.A.D., CNRS 5022

Pôle AAFE

Eplanade Erasme

BP 26513

F-21065 Dijon cedex

France

e-mail: valerie.marot@leda.eric.inra.fr

LES ASPECTS PROSODIQUES DANS LA MAÎTRISE PROGRESSIVE DES OPÉRATIONS DE THÉMATISATION CHEZ DES ENFANTS FRANÇAIS ÂGÉS DE 25 À 41 MOIS

Karine Martel

Université de Caen

Il est clairement établi aujourd'hui que c'est par le biais de la structuration prosodique de l'énoncé que les jeunes enfants entrent dans le langage. Toutefois, la prosodie, au niveau du versant productif, a jusqu'à présent été presque exclusivement étudiée lors du passage du stade prélinguistique au stade verbal articulé. Très peu de travaux ont en effet abordé le rôle des traits prosodiques dans l'acquisition de « signification partagée ». Très peu de travaux ont encore compris l'importance linguistique et sémantique de la prosodie dans l'étude du développement du langage.

L'objectif principal de cette recherche est d'apporter un éclairage nouveau sur l'aspect fonctionnel des traits suprasegmentaux dans le développement de la communication. Il s'agit donc d'aborder l'acquisition du langage en refusant le point de vue qui consiste à se contenter de compter des mots; c'est-à-dire d'aborder la question du développement du langage en prenant en compte la dimension pragmatique et par suite la complexité du discours. Autrement dit, cette étude s'inscrit dans le courant des études sur le développement du langage qui reconnaissent d'emblée qu'apprendre à parler c'est d'abord apprendre à communiquer ou plus explicitement à s'adapter à un interlocuteur, à élaborer et à utiliser un *terrain commun*¹ et non pas à coder ou à dénommer des objets selon un code. L'approche pragmatique ne peut plus, selon nous, faire abstraction de tels indices. Et c'est grâce à la pertinence de cette problématique multimodale dans laquelle on reconnaît une fonction essentielle à la prosodie, que nous espérons contribuer au champ de la psycholinguistique développementale.

La prosodie est définie ici d'un point de vue restrictif, uniquement sous l'angle phonétique par les propriétés acoustiques caractéristiques du signal

¹ Selon Clark et Wilkes-Gibbs (1986), pour qu'une interaction verbale s'établisse et que l'intercompréhension soit envisageable, il faut que les interlocuteurs partagent, au moment de l'énonciation, tout un ensemble de savoirs et de suppositions mutuels ou de croyances collectives appelé le terrain commun et qui permet d'identifier ou d'interpréter les