

Que la sous-représentation des femmes en mathématiques soit liée à des facteurs culturels et sociaux est une thèse qui semble gagner de l'audience. On admet que ces facteurs contribuent à décourager les femmes de s'engager dans cette voie ou, pour celles qui y sont, de s'y consacrer complètement. Cependant des échanges avec des mathématiciens, des psychologues, des éducateurs et divers articles suggèrent qu'une attention considérable est prêtée aux facteurs non-culturels et non-sociaux, à ceux considérés comme innés ou du moins résistants aux changements, pour rendre compte de la rareté des femmes mathématiciennes ou des différences selon les sexes en mathématiques.

On cite souvent comme contribuant à la différence selon le sexe dans l'activité mathématique les différences d'aptitudes diverses ou capacités. En particulier, on admet assez largement que les hommes ont une plus grande aptitude spatiale et les femmes une plus grande aptitude verbale. La compilation de cent articles de psychologie générale faite par P.A. Luchins indique que ces deux différences sexuelles sont très souvent citées, leur fréquence venant juste après la différence de force physique. Voici un extrait de cette étude qui porte sur des textes publiés de 1875 à 1975 :

Cité dans % des textes

. Hommes - plus forts physiquement	100,0
. Hommes - meilleure aptitude spatiale	91,3
. Femmes - meilleure aptitude verbale	82,7
. Hommes - meilleure aptitude en mécanique	81,7
. Femmes - plus névrotiques	81,7
. Hommes - plus à l'aise avec les chiffres	78,8
. Femmes - meilleures images mentales	75,9
. Femmes - apprentissage plus précoce du langage	75,9
. Femmes - meilleure mémoire	75,0
. Hommes - plus motivé en esthétique	69,2

Des générations d'étudiants et de professeurs, ont eu de tels stéréotypes sur les différences sexuelles fourrés en tête - même lorsqu'aucune donnée scientifique n'existe ! Par exemple, la croyance selon laquelle les femmes sont plus émotives que les hommes était citée dans tous les textes antérieurs à 1960 mais dans seulement 22% de ceux qui ont suivis.

Et dans leur vaste examen des différences sexuelles, Maccoby et Jackin concluent que les différences d'aptitudes spatiales et quantitatives n'ont pas été clairement établies ces dernières années. Lorsqu'elles apparaissent chez les 9-13 ans, c'est en faveur des garçons. Dès l'adolescence, les garçons tendraient à prendre l'avantage sur les filles pour les aptitudes spatiales et quantitatives. Cependant, des études récentes n'établissent pas un net clivage pour les aptitudes spatiales (...)

Comment sont déterminées ces différences sexuelles ? On fait souvent appel à des facteurs innés, spécialement pour l'aptitude spatiale. Ainsi un texte de 1977 sur la psychologie des femmes relève que, des trois domaines où les différences sexuelles sont bien établies, "celui de l'aptitude spatiale semble le plus susceptible d'avoir une composante héréditaire".

UN MARQUAGE CHROMOSOMIQUE ?

Selon une théorie, l'aptitude spatiale serait un caractère récessif porté par le chromosome X. Notons X_1 la présence d'aptitude spatiale, et X_0 son absence supposée être un caractère dominant. Si X_1 est récessif, l'aptitude spatiale se manifestera si X_1 est présent et si X_0 ne l'est pas. Selon cette théorie, le seul cas où une femme (qui normalement a deux chromosomes X) peut manifester une aptitude spatiale est celui où elle reçoit X_1 de chacun de ses parents. Si elle ne le reçoit que d'un seul d'entre eux, le caractère dominant situé sur l'autre chromosome X l'inhiberait. D'un autre côté, si un garçon recevait X_1 de sa mère, il manifesterait l'aptitude (que sa mère l'ait ou non), puisque sur le chromosome Y transmis par son père, aucun caractère dominant ne pourrait inhiber X_1 . Ainsi y aurait-il une probabilité d'aptitude spatiale plus importante chez les hommes. Pour être précis, la moitié d'entre eux devrait la posséder, contre un quart pour les femmes.

La principale difficulté de cette théorie est de considérer l'aptitude spatiale comme une affaire de tout ou rien alors qu'apparemment, il s'agit d'une variation continue. De plus, elle accepte la thèse selon laquelle le facteur est inné, que sa répartition est la même dans toutes les civilisations, et ignore l'effet évident de l'éducation et de la culture sur l'aptitude spatiale. Enfin, aucune preuve irréfutable du bien-fondé de la thèse du chromosome X n'a été avancée dans les récents travaux. Une étude générale sur l'aptitude spatiale, publiée en 1979 assure que :

" l'hypothèse d'un gène récessif lié au chromosome X qui a fourni une tentative d'explication des différences sexuelles dans les aptitudes spatiales et de leur transmission génétique n'est pas prouvée de façon décisive dans les travaux récents" . Une critique publiée en 1980 la rejette, comme non fondée.

L'HYPOTHÈSE HORMONALE

D'autres hypothèses mettent l'accent sur les différences hormonales. L'absence d'hormone femelle (oestrogène) expliquerait la meilleure aptitude spatiale des hommes. Les recherches dans cette voie sont très ambiguës. Par exemple, Petersen a étudié la relation entre les effets physiques des hormones et les fonctions cognitives. Il a trouvé que, chez les hommes, les caractéristiques non masculines (androgynes) sont liées à une bonne aptitude spatiale et à une mauvaise expression verbale. Ce n'est pas ce qu'on attendrait de l'hypothèse hormonale. Il semblerait d'ailleurs, selon une autre étude que chez des hommes à fortes caractéristiques masculines, les capacités spatiales soient plutôt faibles. Il serait intéressant d'étudier, ce qu'il advient de ces capacités lors de variations, naturelles ou induites, du taux d'oestrogènes, en période post-menstruelle pour les femmes, par exemple.

DES STRUCTURES CÉRÉBRALES DIFFÉRENTES ?

Les hypothèses les plus répandues font appel à des différences sexuelles dans le fonctionnement du cerveau. Dans un livre à succès relayé par des articles de la grande presse, le neurologue Richard Restak affirme :

" Des recherches récentes en psycho-biologie indiquent qu'un grand nombre des différences selon les sexes pour les fonctions cérébrales sont innées, biologiquement déterminées, et relativement peu sensibles aux influences culturelles " .

Les différences de fonctions cognitives et d'aptitudes spatiales (ou verbales) sont attribuées à une différence de spécialisation, de maturation ou de dominance de l'un ou l'autre des hémisphères cérébraux, en rapport avec la latéralisation cérébrale. Plusieurs thèses sont avancées.

Chez la plupart des droitiers, l'hémisphère gauche contrôle la main droite et reçoit l'information du champ visuel droit, l'hémisphère droit ayant un rôle symétrique. L'hémisphère gauche est spécialisé dans le langage et les processus verbaux, tandis que le droit serait le siège de l'information non verbale et des tâches spatiales. Leurs modes de fonctionnement sont aussi considérés comme différenciés : l'hémisphère gauche, apte à l'analyse séquentielle, divisant une tâche en ses composantes et les traitant séparément. Le droit favorisant une analyse globale, une approche "Gestalt".

Les femmes sont réputées connaître une spécialisation ou une latéralisation plus précoce ou plus forte que les hommes. La précocité de la dominance de l'hémisphère gauche rendrait compte de leur apprentissage antérieur du langage, de leur prétendue sensibilité précoce à la prononciation, de leur meilleure aptitude verbale et de leur supériorité dans les tâches séquentielles. Parallèlement, leur hémisphère droit semble devenir moins dominant et tend à être inhibé par la gauche. Ceci permettrait d'expliquer la dite faiblesse des femmes dans les aptitudes spatiales. En admettant que nous tendions à favoriser le meilleur hémisphère, ceci rendrait également compte de la préférence des mathématiciennes pour l'Algèbre, plutôt que pour une spécialité où la perception spatiale est plus centrale. (C'est du moins le cas des mathématiciennes de notre étude pour la National Science Foundation).

De nombreuses études concluent que la dominance ou la spécialisation de l'hémisphère droit est plus forte chez les hommes que les femmes. Ceci expliquerait la dite supériorité masculine dans les tâches spatiales qui demandent une approche globale ainsi que l'infériorité masculine dans les performances verbales. De récentes mesures électroencéphalographiques suggèrent que les garçons auraient tendance à user de leur hémisphère droit pour les tâches spatiales alors que les filles utiliseraient le gauche aussi bien pour les tâches spatiales que verbales. Il en résulterait une sorte d'interférence chez les filles, effet nuisible de l'usage des mots pour la résolution de problèmes spatiaux.

De toute façon, la situation reste ambiguë, pour ce qui est du rôle joué par les différents hémisphères et par les facteurs spatiaux et verbaux pour les aptitudes mathématiques. Nous connaissons tous des mathématiciens

ciens qu'une mauvaise aptitude spatiale n'empêche pas de faire du très bon travail. Des branches différentes des mathématiques, l'algèbre et la géométrie par exemple, semblent faire appel à des degrés différents d'aptitude spatiale. Mais en général, les mathématiques font intervenir des processus à la fois spatiaux et verbaux, à la fois analytiques et globaux. Elles devraient alors mettre à contribution les deux hémisphères. Restak, qui explique les différences d'aptitudes spatiales par la différence de latéralisation cérébrale et attribue ces aptitudes à l'hémisphère droit, affirme pourtant que **" l'hémisphère gauche contrôle le langage écrit et parlé ainsi que les capacités mathématiques "**, et présente les mathématiques comme l'affaire de l'hémisphère gauche. Par ailleurs, ce dernier se voit en général attribuer le contrôle des processus logiques, analytiques et rationnels, qui sont sûrement impliqués en mathématiques. Si les femmes ont un hémisphère gauche plus développé, pourquoi ne sont-elles pas meilleures en mathématiques ?

Deux psychologues, Martha Menick et Nancy Felipe Russo soutiennent que Restak se livre à une revue trompeuse de la littérature. Leur principal argument est le suivant : les études sur les enfants n'ont pas montré qu'un sexe ou l'autre serait plus "visuel" ou plus "auditif". La supériorité verbale féminine n'a été mise en évidence ni en Allemagne ni en Israël. Les différences sexuelles dans l'aptitude spatiale ne semblent pas exister chez les Esquimaux canadiens pour qui elle a une importante fonction de survie. En admettant que les garçons et les filles de notre société montrent une telle différence après l'âge de neuf ans, peut-on négliger l'entraînement des garçons aux tâches mettant en oeuvre ces capacités, à travers leurs jouets et leurs jeux, par exemple ? Cette critique affirme enfin que l'erreur la plus grosse de conséquences commise par Restak est la confusion entre groupes et individus. Erreur qui affecte en particulier ses propositions de réforme scolaire.

L'auteur de cet article estime qu'il y a lieu de s'inquiéter de l'accueil apparemment sans critique que certains mathématiciens et pédagogues font aux prétendues différences sexuelles dans le fonctionnement du cerveau - et aux pratiques pédagogiques que l'on veut fonder sur elles. A la réunion qui s'est tenue à l'Université du Minnesota en Août 1979, un pro-

fesseur de mathématiques proposa que l'on séparât les classes selon le sexe, avec des méthodes d'enseignement différentes pour les filles et les garçons, tenant compte de leurs différences de fonctionnement intellectuel. De telles propositions semblent négliger le fait que les différences sexuelles invoquées à propos du fonctionnement cérébral ne sont pas clairement établies et que leurs relations avec les aptitudes spatiales, verbales et mathématiques ne sont pas nettes. Bien plus, ni les hypothèses sur les différences ni la recherche actuelle ne contiennent intrinsèquement d'implications pédagogiques. Même si, à l'échelle d'une importante population les femmes montraient une meilleure aptitude verbale et les hommes une meilleure aptitude spatiale, ces tendances générales n'auraient aucune raison de s'appliquer à telle femme ou à tel homme. Et si l'on songe à différencier l'enseignement et le cursus scolaire sur la base de ces aptitudes, pourquoi le sexe serait-il le critère ? Si la seule information sur les étudiants était le sexe, il faudrait se limiter à elle. Mais il doit bien exister des critères plus fins pour juger directement des aptitudes verbales, spatiales et mathématiques et introduire des changements pédagogiques.

L'INFLUENCE DE LA FAÇON D'ENSEIGNER

On a suggéré que les femmes ont été privées des expériences qui développent l'aptitude spatiale. Il est possible qu'une présentation des mathématiques qui mettrait plus l'accent sur les facteurs spatiaux que sur les facteurs verbaux aide les deux sexes, de différentes façons. Il faut procéder à des études nouvelles pour explorer les modifications à introduire dans les méthodes d'enseignement, dans le contenu et le déroulement du cursus scolaire pour prendre en compte les différences éventuelles (pas nécessairement sexuelles) dans les aptitudes mathématiques. Des études évaluant les effets de ces différences sur l'attitude et l'intérêt vis à vis des mathématiques et aussi sur ce qu'on appelle la "façon de penser" sont également nécessaires. Notre travail, qui utilise des problèmes de géométrie plane demandant une visualisation spatiale et synthétique, suggère que les différences sexuelles peuvent être moins marquées que d'autres. Dans une épreuve, les garçons obtiennent 26% de

meilleures réponses que les filles, mais les filles bien classées en mathématiques en obtiennent 51% de plus que les autres. Notre expérimentation sur des figures à trois dimensions suggère que les différences sexuelles peuvent être moins importantes que celles provenant de la présentation du problème. Lorsque l'épreuve proposée aux étudiants fut de reconnaître un solide d'après sa description, il apparut que les descriptions non structurelles (qui ne proviennent pas de la division naturelle de la structure du solide) provoquèrent des écarts significatifs entre filles et garçons, à l'avantage de ces derniers. Les descriptions de type structurel éliminèrent quasiment les différences entre les sexes. Cette étude indique qu'il est peut-être plus fructueux de trouver des méthodes d'enseignement structurellement adaptées plutôt que de discuter sur d'éventuelles différences entre les sexes en mathématiques. Plus généralement, la façon de l'enseigner provoque de plus grandes variations dans l'apprentissage que la différence sexuelle.

LES MATHÉMATIENS TESTÉS

Alors qu'on a observé les aptitudes spatiales d'étudiants depuis plus d'un demi-siècle, on ne sait pratiquement rien de celles des mathématiciens. Voici quelques observations préliminaires faites durant l'été 1979 lors d'une conférence de mathématiques appliquées où les femmes brillaient par leur absence. Un questionnaire portait sur les aptitudes spatiales et aussi sur l'habileté manuelle. On demandait aux participants s'ils se servaient de leur main droite ou de leur main gauche dans différentes situations. Sur trente mathématiciens interrogés, plus d'un quart indiquèrent qu'ils étaient gauchers ou ambidextres (ce qui est un taux supérieur aux 10 à 14% observés dans la population).

Questionnés sur leur aptitude à visualiser des structures spatiales, 93% d'entre eux se qualifièrent de "très bons" ou "bons". Parmi les non-droitiers, 50% s'estimèrent "très bons". Ce taux tombe à 18% chez les droitiers. Les deux tiers du groupe pensent que les aptitudes spatiales leur sont "souvent utiles" en mathématique, et presque un tiers "parfois utiles". Il serait intéressant de comparer les réponses à ces questions données par des spécialistes en mathématiques appliquées, en mathématiques

pures, hommes ou femmes, des mathématiciens de diverses spécialités, ou des artistes, des musiciens, qui ont une activité créatrice. Nous avons entrepris un travail pour répondre à quelques unes de ces questions. Il semble indiquer des relations entre le fait d'être gaucher et des facteurs comme le sexe, l'ordre et la saison de la naissance.

La moitié des participants sont nés entre novembre et février. La plupart des chocs prénataux ont aussi lieu dans cette période. De plus, les schizophrènes sans antécédents familiaux sont aussi nés, pour une large proportion, durant ces mois. Et le taux de schizophrènes est relativement élevé parmi les gauchers. Une récente étude utilisant le SCANNER a montré une certaine tendance à l'inversion de la dominance normale des lobes cérébraux de droitiers chez les schizophrènes. Une hypothèse avance que la latéralité mixte (i.e une dominance mal tranchée) prédispose à être gaucher et aussi à des problèmes psychologiques comme la dyslexie, les troubles de comportement et la schizophrénie. Peut-être prédispose-t-elle aussi à la créativité en mathématique et dans d'autres domaines. Peut-être s'avérera-t-elle le lien entre la folie et le génie, qu'un certain bon sens populaire rapproche.

Que faire de ces hypothèses ? aussi fascinantes soient-elles, il reste à savoir si elles sont fantaisistes ou non. Poursuivre des recherches dans ce sens permettrait de séparer la réalité de la fiction à propos des mathématiciens en général, et des femmes mathématiciennes en particulier.

(*) American Mathematical Monthly, Vol. 88, n°6.

Adaptation et sous titres de l'Ouvert.