

V. LA RETENTION ET LA RECUPERATION DE L'INFORMATION:

Quand des processus mentaux opèrent sur des représentations pour les transformer en d'autres représentations, leurs temps d'opération n'est pas nul.

Donc les premières représentations doivent pouvoir persister un moment ; en plus il faut pouvoir les mettre en réserve pour aller les recupérer ultérieurement.

L'acquisition, la rétention, et la récupération de l'information, sont les trois stades décrits quand on étudie la mémoire.

La mémoire n'est pas une grosse boîte, un muscle qu'on entraîne, elle est constituée de sous-systèmes nombreux.

Au début des années 60, on a démontré l'existence de phénomènes de persistances de l'information sensorielle à un stade précatégoriel (mais comme les vieilles notions sont dures à abattre, on a parlé longtemps de mémoire sensorielle).

V.1. La persistance visuelle ou l'icône :

George Sperling (1960) :

A X H U

T R G L

F B Y M

O E P J

A l'aide d'un tachistoscope il présente à ses sujets une matrice (de douze lettres par exemple) pendant 50 msec (un temps trop court pour une fixation oculaire).

Le nombre de lettres que le sujet pourra identifier après une seule présentation brève s'appelle l'empan d'appréhension.

Dans cette situation de rappel total le sujet dit 4 ou 5 lettres, mais il dit aussi : " c'est curieux, j'ai l'impression d'en avoir vu plus mais je ne parviens pas à m'en souvenir".

Alors Sperling propose une situation de rappel partiel :

Immédiatement après la disparition de la matrice, il présente un son qui peut être aigu, moyen, ou grave.

Il dit : " Si vous entendez un son aigu vous devez dire les lettres du haut, un son grave : les lettres du bas, et un son moyen : les lettres du milieu. "

Le sujet peut alors donner en moyenne 3 lettres correctement sur les quatre de la rangée. Ce qui est plus que 4 ou 5 sur douze.

Comme il ne pouvait pas savoir quelle ligne il devrait rappeler, il faut admettre

qu'immédiatement après la fin de la présentation la matrice presque complète était présente dans le système mental de l'observateur.

Cette représentation mentale qui résulte d'une persistance de l'information dans le système perceptif est appelée icône ou mémoire iconique.

Cette persistance est évidemment très courte. Dans la situation de rappel total, le temps que le sujet identifie 4 ou 5 lettres, déjà la représentation mentale était détériorée et inutilisable. Sperling a ensuite voulu savoir combien de temps durait cette représentation iconique : il a fait varier le temps entre la disparition de la matrice et l'apparition du son. Avec une seconde d'écart, le rappel partiel n'est pas meilleur que le rappel total.

Deux propriétés de la représentation iconique : elle est précatégorielle et elle est visuelle.

1. Précatégorielle :

Dans une nouvelle expérience, Sperling proposait deux critères pour le rappel partiel :

- comme avant : rappeler une des trois lignes (critère physique)
- rappeler, dans une matrice composée de chiffres et de lettres, seulement les chiffres ou seulement les lettres (critères catégoriel)

Avec le critère catégoriel, les performances n'étaient pas meilleures en rappel partiel qu'en rappel total.

La représentation mentale se fait donc avant que tout traitement catégoriel ait été effectué. Le traitement catégoriel demande un temps supplémentaire qui fait perdre tout avantage au rappel partiel.

Clark (1969) utilise d'autres critères physiques (la couleur) et obtient les mêmes résultats.

Par contre, nous verrons plus loin que cette idée de précatégorielle a été remise en question.

2. Visuelle :

Si juste après la matrice, le champ visuel est éclairé, la supériorité du rappel partiel sur le rappel total dure une seconde ; par contre s'il fait noir, cette supériorité peut durer cinq secondes.

Les stimulations dans d'autres modalités sensorielles (l'ouïe...) n'ont pas d'influence sur la représentation iconique.

Dans une de ses expériences, Sperling présentait un masque (un dessin de lignes enchevêtrées) juste après la disparition de la matrice. Les sujets pouvaient alors rappeler un élément sur les douze (ce qui est bien inférieur à un rappel total quand il n'y a pas de masque.)

Le masquage latéral ou métacontraste :

C'est la disparition apparente d'une figure quand elle est suivie d'une autre figure dont les contours sont adjacents à la première.

Si l'énergie (lumière par unité de temps) du masque est moins forte que celle de la cible, le masquage latéral sera plus puissant quand la cible précède le masque que dans le cas inverse.

Les phénomènes de masquage peuvent être produits à deux niveaux :

- En périphérie : il se produit au niveau d'un œil, ou de chaque œil, mais avant l'intégration des données par les deux yeux, il agit sur la rétine (ou sur le nerf optique), il agit si l'énergie du masque est supérieure à celle de la cible.
- Central : Plus au centre de la tête, il se produit après l'intégration des données des deux yeux (il n'agit pas sur la rétine mais plus loin dans le système visuel), il peut donc se produire même si la cible est présentée à un œil et le masque à l'autre, et même si le masque a une énergie inférieure à celle de la cible.

La condition du masquage central est que les contours du masque soient similaires à ceux de la cible.

Le métacontraste agit donc à un niveau central.

(le masquage est un phénomène naturel, si au quotidien il est évité c'est parce que nos fixations visuelles sont normalement plus longues que dans ces expériences)

Le fait que des masquages puissent se produire à des niveaux différents implique que la représentation iconique n'est pas un phénomène unitaire.

L'étude de l'effet de la luminance, et celui de la durée du stimulus, conduit à remettre en cause l'explication simple de la persistance visuelle, et sa relation avec la supériorité en rappel partiel.

Haber et Standing (1970) : quand on demande au sujet de délimiter la durée d'un stimulus visuel par un son marquant le début et un son marquant la fin ; on constate que plus le stimulus est effectivement long, moins l'erreur sur sa longueur sera grande. Donc la durée apparente diminue au fur et à mesure que sa durée réelle (et sa luminosité) s'agrandit.

Cependant d'autres études ont montrées, soit une relation positive, soit l'absence de relation entre la supériorité du rappel partiel et des variables telles que la durée et la luminosité du stimulus.

La supériorité en rappel partiel et l'illusion de persistance ne seraient pas déterminées par les mêmes facteurs.

Il faut encore distinguer entre l'allongement apparent de la durée du stimulus (mis en évidence dans ce type d'étude), de l'impression de persistance de l'information du stimulus au-delà de sa disparition (effet qu'on peut obtenir dans les situations d'empans d'appréhension quand le champ post-exposition est noir).

Coltheart (1983) propose que les indices de rappel partiel n'opèrent pas à un stade précatégoriel, mais post-catégoriel.

Il se base sur le modèle proposé par Kahneman et Treisman (1983) qui dit que pour chaque objet que nous percevons nous ouvrons un fichier dans lequel nous faisons rentrer petit à petit les informations perceptives et sémantiques de cet objet.

La représentation perceptive visuelle fournit des informations pour le fichier mais n'est pas accessible par une recherche intentionnelle. C'est donc déjà au niveau des fichiers que les indices de rappel partiel opèrent une sélection.

Le fait que l'emplacement des lettres sera mieux rappelé que leur classification en lettre et en chiffre, serait dû au fait que l'intégration de traits physiques se fera plus rapidement, et sera présente plus tôt dans le fichier, que l'intégration de traits sémantiques.

Le fait que la représentation iconique est catégorielle est appuyé par un résultat de Butler (1974) : Le rappel partiel est meilleur quand les lettres des lignes qu'il ne faut pas rappeler ressemblent à des mots (ça ne marche pas quand c'est la ligne qu'il faut rappeler). Si les lignes

à ignorer ressemblent à des mots, ça permet à l'observateur de focaliser son attention sur la ligne pertinente ; mais pour faire cela il faut que sa représentation iconique soit déjà catégorisée en mots, pseudo-mots, et non mots.

V.2. Le “ code visuel ” ou représentation visuelle à court terme.

Il s'agit d'une représentation visuelle plus élaborée que l'icône, et dont la persistance semble être plus longue.

Posner et Mitchell (1967) demandent à leurs sujets de répondre le plus vite possible “ même ” ou “ différent ” à deux lettres présentées.

Réponses possible :

- A A = même (physiquement identiques)
- A B = différent
- A a = même (physiquement différents).
- ...

Les sujets ne se sont même pas rendus compte qu'ils étaient un plus lents pour répondre “ même ” quand ils avaient affaire à deux exemplaires différents de la même lettre.

En fait, identifier physiquement une lettre, et l'identifier réellement selon son sens, constituent des niveaux distincts et successifs de traitement perceptifs.

Posner et Keele (1967) : La durée du code visuel est de 1.5 secondes :

Quand on présente les deux lettres successivement, au lieu de simultanément, le sujet élabore d'abord un code visuel, sur base des traits physiques, ensuite il a un processus plus lent qui va jusqu'à trouver le nom de la lettre.

Si la deuxième lettre est présentée moins d'1.5 sec après la première, le code visuel est encore présent et le sujet répondra plus rapidement si la similitude est physique que graphémique (sémantique).

Au-delà de cette durée, le sujet fera de toute façon appel au nom de la lettre, même si elles sont physiquement identiques, et ne gagnera donc pas de temps qu'il s'agisse de A et A, ou de A et a.

Posner (1969) : Contrairement à la représentation iconique, le code visuel n'est pas affecté par le masquage.

Posner et Keele (1987) : Le code visuel peut être sous contrôle volontaire, il peut être entretenu par le sujet, sauf si celui ci est occupé dans une autre tâche.

Donc : Le code visuel de Posner est une représentation plus tardive et plus élaborée que la représentation iconique de Sperling.

Le code visuel, comme la représentation iconique, est visuel (une représentation de caractéristiques physiques).

Le fait de présenter des lettres auditivement entre les deux lettres à appairer, n'handicape pas le code visuel.

Et si la lettre cible a été présentée visuellement, son rappel est nettement meilleur que si elle a été présentée auditivement.

Phillips (1974) : distingue bien les propriétés de la mémoire iconique de celle du code visuel dans son expérience sur la matrice des carrés. (voir page 121 : trop compliquer à résumer).

En tout cas : la représentation iconique persiste pendant un temps très court, peut contenir des informations complexes, liée à l'image rétinienne elle est très sensible, et affectée, par des déplacements d'objets ; par contre le code visuel est d'une durée beaucoup plus longue, il est plus affecté par la complexité (peut contenir moins d'information), étant basé sur un système de coordonnées plus abstrait le déplacement (dans l'espace) de l'objet ne l'affecte pas.

Baddeley et Lieberman (1980): “ nous suggérons que le code visuel soit plus spatial que visuel ”.

Les sujets devaient rappeler une matrice qu'ils avaient dessinés eux-mêmes d'après des ordres dictés. (Tâche visuo-spatiale).

On a tenté d'affecter leur performance avec des tâches intermédiaire soit visuelles (jugement de brillance), soit spatiale (suivre avec une torche, les yeux bandés, une pendule qui émettait un son).

Les sujets n'étaient pas affectés par la tâche visuelle, mais bien par la tâche spatiale.

Dans ce cours nous appelons “code visuel” ce que beaucoup d'auteurs appellent “mémoire visuelle à court terme”, mais la mémoire visuelle à court terme peut en fait contenir beaucoup de type de représentations différentes.

Voici un résultat qui appuie l'idée qu'il peut y avoir différents type de représentations post-iconiques et à court terme :

Marshall et Walker (1982) et Kroll et Ramskov (1984): dans une tâche de reconnaissance de lettres, les sujets reconnaissent plus facilement deux lettres qui sont physiquement identiques (A A) que deux lettres seulement graphiquement identiques (A a); et cela même si on leur montrait des items non pertinent entre les répétitions et qu'ils étaient occupés à d'autres tâches.

Il est possible que les descriptions structurales activées pour l'identification d'une lettre, restent activées un certain temps et facilite ainsi l'identification d'une même lettre un peu plus tard, sans être affectées par des événements visuels intermédiaires.

On voit déjà ici deux types de persistance :

1. Celle d'une représentation à partir d'un stimulus.
2. Celle de l'activation d'une représentation faisant partie des informations stockées.

La persistance d'une représentation à partir d'un stimulus n'est pas nécessairement courte. Sa durée va dépendre de l'importance de l'événement, de la similitude avec d'autres événements, etc...

Phillips et Christie (1977): On montre au sujet une séquence de matrice, on lui montre ensuite une matrice seule, et le sujet doit dire “même” ou “différent” (si la matrice était ou n'était pas présente dans la séquence).

Résultats : Si la matrice présente était la dernière de la séquence la performance est bien meilleure. Par contre si une autre tâche est insérée entre la séquence et la matrice à reconnaître, le résultat est identique quelle que soit la place de la matrice dans la séquence.

Donc la dernière matrice de la séquence était inscrite dans une mémoire à court terme qui pouvait être affectée par la tâche distrayante, alors que les autres matrices étaient inscrites dans une mémoire à plus long terme et aussi à plus haut degré d'abstraction, puisqu'elles étaient insensibles à la tâche distrayante.

Conclusion : l'information sur les propriétés visuelles d'un stimulus visuel peut être maintenue dans le système cognitif à des degrés d'abstractions différents et pendant des temps variables.

Les formes de rétention d'une information visuelle sont donc multiples.

V.3. La mémoire visuelle à long terme

L'information visuelle peut être maintenue à très long terme.

Nickerson (1965) et Shepard (1967) ont suggéré une capacité presque illimitée à reconnaître des dessins après les avoir vus pendant quelques secondes.

Shepard obtenait 98% de réponses correctes à ses tests, alors qu'en rappel de mot il n'en obtenait que 90%.

Si la performance pour le matériel pictural est tellement élevée c'est probablement parce qu'il fournit une multitude d'indices, dont il n'est nécessaire de se rappeler que d'un ou deux pour pouvoir les reconnaître.

Goldstein et Chance (1971) présente à leurs sujets des cristaux de neiges très difficiles à reconnaître parmi un grand nombre de distracteurs : les résultats obtenus sont faibles. Avec des taches d'encre les résultats sont un peu plus élevés. Et enfin avec des visages les résultats sont excellent.

Il y a donc une influence claire de l'importance fonctionnelle du patron visuel sur sa rétention.

Wiseman et Neiser (1972) et Freedman et Haber (1974): la signification d'un patron peut affecter sa rétention. Parmi des dessins qui peuvent être perçus ou non comme des visages, les sujets discriminent plus tard beaucoup mieux les dessins qu'ils avaient interprétés comme des visages que les autres dessins.

La rétention visuelle à long terme n'est pas uniquement visuelle, puisqu'elle se base aussi sur des critères sémantiques.

Craik et Lockhart (1972) parlent de l'importance des "niveaux de traitements" :

Le fait de faire des jugements sur des traits de personnalités apparents des visages présentés conduit à une meilleure performance que le fait de faire des jugements sur leurs traits physiques.

Par contre Intraub et Nicklos (1985) disent exactement le contraire :

Demander aux sujets de faire attention à des caractéristiques physiques des objets conduit à des meilleures performances que leur demander de faire attention à des caractéristiques sémantiques.

Par rapport à leur expérience, on peut se dire que le fait de poser aux sujets des questions d'ordre sémantiques pour les aider à retenir était en fait redondante, parce que les sujets y pensaient d'office. Alors que leur proposer de penser à des caractéristiques physiques fournirait un code additionnel.

La relation entre les activités d'encodage et la nature du test de mémoire est cruciale.

Wells et Hryciw (1984): les jugements sur des traits physiques conduisent à une meilleure rétention si la rétention est testée à l'aide d'une tâche de reconstruction du visage en utilisant des Identikit (pièces de portraits robots).

Le masquage conceptuel :

Intraub (1981) présente à ses sujets des séquences de dessins en présentation visuelle séquentielle rapide (RSVP). Les sujets devaient reconnaître des cibles par rapport à des catégories (ex : ce qui est un chien, ce qui n'est pas un animal,..). Les résultats étaient très bons.

Par contre, si on leur donnait un test de reconnaissance immédiate, seulement 58% des cibles étaient retenues.

Il est possible qu'on oublie rapidement les cibles parce qu'elles sont masquées par les dessins suivant.

Intraub à observer que si on remplit l'intervalle entre les dessins par un masque pictural constant, la rétention sera aussi bonne que si l'intervalle est blanc.

Par contre si on le remplit par des masques variés, et surtout significatifs, la performance diminuait.

La signification des masques oblige le sujet à réaliser un traitement conceptuel.

Loftus et Gin (1984) : il ne peut pas s'agir d'une interférence perceptive plutôt que conceptuelle, parce que l'effet du masquage se produit même quand on le présente 300 msec après la cible, là où plus aucun masquage perceptif ne peut se produire.

Mandler essaye de déterminer, en présentant à ses sujets des scènes complexes, quels aspects de la scène sont retenus, et quels sont oubliés. Quels rôles jouent les schémas du monde réel dans la rétention de ces scènes ?

Mandler et Parker (1976) comparent la rétention de scènes organisées et de scènes désorganisées selon trois critères de rappel : l'inventaire des objets présents, leurs apparences, et leurs dispositions.

Pour l'inventaire et l'apparence les sujets n'étaient pas affectés par le fait que la scène soit désorganiser, mais pour la disposition ils avaient tendance à replacer les objets là où ils auraient du être.

Goodman (1980) : le rappel d'un objet pertinent dans une scène est bien meilleur que le rappel d'un objet non pertinent. Par contre le rappel des détails d'un objet sera meilleur pour l'objet non pertinent.

Cela peut être du au fait que la rétention de l'objet présent peut correspondre non pas à une vraie rétention visuelle mais à une rétention conceptuelle.

On peut penser que dans la mémoire visuelle à long terme, il peut y avoir différentes composantes de reconnaissance et de rappel qui ne sont pas toutes de nature visuelle.

Les situations de témoignages :

Souvent des innocents ont été reconnus coupable par des témoins.

La manière dont on interroge les témoins a une influence énorme sur leurs témoignages.

Loftus et Palmer (1974) montrent un film d'un accident routier.

Quand ils demandent ensuite aux sujets : "a quelle vitesse allaient les véhicules quand ils se sont écrasés l'un contre l'autre ?" ; les sujets répondent des vitesses beaucoup plus élevée que quand ils demandent : "...se sont heurtés ?".

Une semaine après, les sujets à qui on avait dit "écraser" répondaient beaucoup plus "oui" que les autres à la question : "avez vous vu des vitres cassées ?". (Il n'y en avait pas).

Loftus, Miller et Burns (1978) montrent une influence possible de l'information ultérieure :

Les sujets voyaient des diapositives dans lesquelles une Datsun rouge cognait un piéton, une autre voiture passe et ne s'arrête pas.

Le groupe 1 de sujets reçoit la question : "est-ce qu'une autre voiture est passée quand la datsun s'est arrêtée au signal : donner la priorité ?"

Le groupe 2 reçoit : "... au signal : stop ?"

Plus tard, on leur donne le choix entre les deux signaux :

75% du groupe qui avaient reçu l'information correcte a donné une réponse correcte.

41% du groupe qui avait reçu l'info incorrecte a donné une réponse correcte.

Est-ce qu'une nouvelle info modifie l'événement original, ou coexiste avec celui ci ?

Loftus (1977) suggère à la moitié de ses sujets que la voiture qu'ils ont vue était bleue et non verte. Ces sujets plus tard choisissaient une voiture d'un vert bleuâtre.

Donc, la rétention de l'accident aurait été effectivement altérée.

Ca veut dire que : toute l'information serait retenue à long terme d'une manière qui ne dépend plus de la modalité sensorielle par laquelle elle a été obtenue; l'effet d'une information ultérieure trompeuse serait irrévocable.

Bekerian et Bowers (1983) suggèrent que l'interprétation de Loftus est erronée.

Si on donne des indices contextuels aux sujets ils ne se trompent pas.

Une représentation de l'information trompeuse coexiste avec, mais n'altère pas, la représentation originale.

D'autres auteurs prétendent que l'information trompeuse n'affecte pas la rétention des événements. Les effets obtenus seraient liés aux caractéristiques de la tâche.

McCloskey et Zaragosa (1985) incluent dans l'expérience une alternative complètement nouvelle : un distracteur rien a voir avec les infos vraies ou fausses.

Dans cette condition ils n'ont pas trouvé de différences entre les sujets trompés et les sujets contrôles.

Zaragosa (1987) a trouvé les mêmes résultats avec des enfants de 3 à 6 ans.

Mais Ceci, Ross et Toglia (1987), en utilisant la même expérience, ont trouvés un effet de l'information trompeuse chez les enfants de 3 à 12 ans.

Cette question n'est pas prête d'être résolue.

V. 4. Les images mentales.

Les images mentales impliquent une récupération d'informations à partir de la mémoire visuelle à long terme.

Cette récupération se fait de manière très peu contraignante, l'individu peut effectuer volontairement des transformations sur les représentations récupérées.

La distinction entre images mentales et représentations verbales.

L.Brooks : les sujets doivent former une image mentale d'une lettre, pour pouvoir dire si les coins successifs se trouvent aux extrémités (supérieures ou inférieures) ou pas.

S'ils doivent dire :oui, non . Ils vont plus vite que s'ils doivent pointer sur une feuille des oui et des non.

Les réponses de pointage ont interférer sur le maintien de l'image mentale de la lettre.

Dans une autre tâche de Brooks, les sujets devaient lire une phrase puis dire si oui ou non chaque mot était un substantif concret.

Cette fois ci les réponses verbales étaient plus lentes que les réponses de pointage.

Donc, les réponses de pointage interfèrent plus avec les images mentales, et les réponses verbales plus avec le rappel verbal de la phrase.

La distinction entre les deux types de représentations est confirmée.

L'effet symbolique de distance :

Quand on demande à un sujet par exemple : " qu'est ce qui est plus grand, un ananas ou une noix de coco ? " ; le temps nécessaire à la discrimination diminue avec le l'augmentation de la différence entre les deux objets.

Le principe d'équivalence spatiale.

Kosslyn (1973) : Les images mentales, tout comme l'espace physique, seraient continues spatialement.

Les sujets doivent apprendre des dessins d'objets familiers qui sont allongés verticalement ou horizontalement.

Dans une condition les sujets devaient former une image de l'objet entier, et ensuite chercher la partie indiquée.

Dans une autre condition, ils devaient se focaliser sur une extrémité donnée du dessin dès qu'ils avaient formé l'image mentale, et ensuite seulement chercher la partie indiquée.

Résultats : il faut plus de temps pour parcourir la distance entre deux points qui sont plus éloignés l'un de l'autre, que ce soit pour un mouvement oculaire réel ou pour une image mentale.

Léa (1975) a critiqué l'interprétation de Kosslyn :

Le facteur critique est le nombre d'items à balayer, plutôt que la distance à balayer.

Donc les représentations mentales contiendraient une information ordinale plutôt que spatiale, un modèle propositionnel plutôt qu'analogique.

1978 : Kosslyn, Ball et Reiser cherchent à répondre aux critiques de Léa :

“ Dans ton expérience Léa, il n'y avait pas d'instruction explicite de balayage d'une image mentale. ”

Ils demandent aux sujets de mémoriser les positions de trois lettres sur un axe. Ils devaient ensuite focaliser sur une extrémité de l'axe, puis balayer tout l'axe pour chercher une lettre demandée.

Les temps de réaction augmentaient et avec la distance et avec le nombre d'items à balayer.

Quand il n'y avait pas d'items à balayer, la distance affectait quand même le temps de réponse.

Ca n'est pas compatible avec l'idée de Léa basée sur le rappel d'une série ordonnée d'éléments.

Dans une autre expérience de Kosslyn, les sujets devaient apprendre la position de sept objets sur une carte fictive.

Ils devaient se focaliser sur un objet qu'on nommait puis réaliser un balayage mental vers un autre objet (il n'y avait pas d'objets entre les objets).

Les résultats ont montré une correspondance linéaire entre la distance et le temps de réaction.

Quand les sujets ne recevaient pas d'instruction de balayage mental à faire, il n'y avait pas de relation entre la distance et le temps de réaction.

Les images mentales préservent donc les relations spatiales, mais elles ne sont pas nécessairement utilisées de manière spontanée.

Nancy Kerr (1983) en faisant ce type d'expérience avec des aveugles congénitaux, a démontré que le balayage de l'image mentale n'est pas nécessairement basé sur une image visuelle.

Les transformations des images mentales.

La rotation mentale :

Roger Shepard et Jacqueline Metzler (1971) présentent aux sujets des dessins en perspectives représentant des objets tridimensionnels fait à base de petits cubes. La tâche était de vérifier si

les formes étaient identiques malgré les différences d'orientation.

Les sujets devaient réaliser la transformation dans leur têtes parce que les résultats ont montrés que, aussi bien pour les rotations dans le plan que pour celles en profondeur, le temps nécessaire pour vérifier que les formes sont identiques augmentait en fonction proportionnelle de la différence angulaire entre les formes.

- Le type d'augmentation du temps de réaction implique que la rotation avait lieu à un taux constant pour toutes les comparaisons.
- Puisque les deux types de rotations donnaient le même taux, ce qui était imaginé en rotation devait être l'objet tridimensionnel et non la figure à deux dimensions.

Lynn Cooper et Shepard (1973) présentent d'abord au sujet une lettre, ensuite dans beaucoup de cas lui présente une flèche (pendant 100 à 1000 msec) qui indique dans quel sens la lettre va tourner, le caractère suivant apparaît et le sujet doit dire s'il est le miroir ou la version normal du caractère initial.

Dans les cas ou les sujets n'avaient pas eu de flèche (ou pendant pas assez longtemps) les temps de réactions augmentait avec la distance angulaire ; s'ils avaient eu une seconde pour se préparer, la courbe du temps de réaction était plate : ils avaient eu le temps de compléter la rotation mentale avant la présentation du test.

Les transformations imaginées et les transformations physiques sont gouvernées par les mêmes lois de mouvement.

Marmor et Zaback (1976) : comme le balayage d'image, la rotation mentale n'est pas basée exclusivement sur l'imagerie visuelle.

Avec des sujets aveugles congénitaux, dans une situation analogue, ils obtiennent le même type de résultats.

Le principe d'équivalence transformationnelle, comme le principe d'équivalence spatiale, n'est pas limité à une modalité sensorielle.

Lawrence Parsons (1987) montre que les rotations mentales qui impliquent des parties du corps sont influencées par les contraintes biomécaniques qui seraient imposées aux mouvements corporels correspondants.

Les transformations mentales incorporent des restrictions naturelles sur les degrés de liberté des mouvements corporels.

Neuropsychologie :

Farah, Hammond, Levine et Calvanio (1988): il y a deux systèmes séparés d'imageries mentales :

1. Les tâches qui impliquent des jugements spatiaux sont réalisées dans la région pariétale et ne montrent pas d'effets spécifiques d'une modalité.
2. Les tâches qui exigent un accès à des détails visuels sont réalisées dans la région temporale et montrent des effets spécifiques à la modalité visuelle.