

UFR Sciences Humaines, Sociales et Philosophie

La théorie mathématique de la communication (théorie de l'information) et la psychologie cognitive

Heurley L.

Dernière mise à jour : jeudi 7 février 2013

En 1949, deux ingénieurs de la compagnie de téléphone Bell, Shannon et Weaver, ont publié une théorie mathématique de la communication. La théorie mathématique de la communication (notamment le concept d'information qui y est particulièrement développé; pour cette raison on l'appelle aussi la théorie de l'information) a eu une répercussion très importante sur la psychologie, ceci dès le début des années 50.

En grande partie grâce à cette influence, la psychologie, initialement science du comportement, est progressivement devenue au cours des années 50-60, la **science du traitement de l'information**.

L'objectif de ce document est de présenter les grandes lignes de cette théorie et de monter son impact sur la 1^{ère} génération de la psychologie cognitive à travers trois exemples.

1. La théorie mathématique de la communication

Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Urbana: The university of Illinois Press.

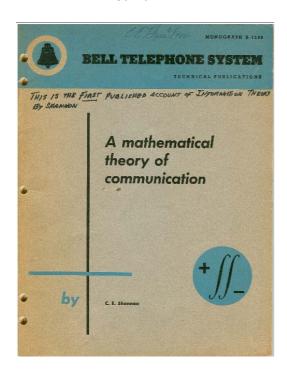
L'article comporte deux articles (2 parties) rédigés par Weaver et Shannon.

L'article de W. Weaver, intitulé Some recent contributions to the mathematical theory of communication, constitue une présentation générale de la théorie mathématique de la communication dont une forme condensée avait déjà été publiée initialement dans la revue Scientific American.

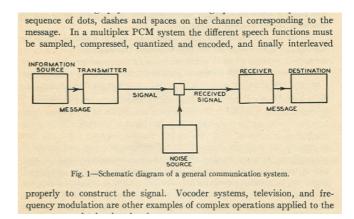


C. Shannon

L'article de C. Shannon, The mathematical theory of communication, est une réimpression d'un article de 91 pages publié en 1948 dans le Bell System Technical Journal.



Le début correspond à une présentation d'un système de communication général (c'est en partie ce schéma qui l'a rendue célèbre) :



La suite de l'article est constituée demonstrations mathématiques :

 $p(x_1, \dots, x_n)$ are fixed at A_{ij} :

$$A_{ij} = \int \cdots \int x_i x_j p(x_i, \cdots, x_n) dx_1 \cdots dx_n.$$

Then the maximum entropy occurs (by a similar calculation) when $p(x_1, \dots, x_n)$ is the *n* dimensional Gaussian distribution with the second order moments A_{ij} .

6. The entropy of a one-dimensional Gaussian distribution whose standard deviation is σ is given by

$$H(x) = \log \sqrt{2\pi e}\sigma.$$

This is calculated as follows:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(x^2/2\sigma^2)}$$

$$-\log p(x) = \log \sqrt{2\pi}\sigma + \frac{x^2}{2\sigma^2}$$

$$H(x) = -\int p(x) \log p(x) dx$$

$$= \int p(x) \log \sqrt{2\pi}\sigma dx + \int p(x) \frac{x^2}{2\sigma^2} dx$$

$$= \log \sqrt{2\pi}\sigma + \frac{\sigma^2}{2\sigma^2}$$

$$= \log \sqrt{2\pi}\sigma + \log \sqrt{e}$$

$$= \log \sqrt{2\pi}\sigma.$$

Shannon et Weaver, la notion de communication considérée au sens large fait référence à toutes les procédures par lesquelles un esprit peut en affecter un autre. Ils identifient trois niveaux de problèmes:

Niveau A : problème technique: avec quelle exactitude les symboles utilisés pour communiquer peuvent-ils être transmis ?

Niveau B : problème sémantique : dans quelle mesure les symboles transmis véhiculent-ils la signification désirée ?

Niveau C : le problème de l'efficacité : avec quelle efficacité la signification reçue affecte-t-elle la conduite du destinataire dans la direction voulue ?

La théorie proposée par ces chercheurs tente essentiellement de résoudre le problème technique correspondant au **niveau A** : il s'agit de déterminer avec quelle précision un émetteur (*sender*) peut transmettre différents types de signaux (*signals*) à un récepteur (*receiver*).

En fait il s'agit davantage d'une théorie de la transmission d'informations que d'une réelle théorie de la communication (pour cette raison appelle souvent cette théorie la théorie de l'information).

Selon ces chercheurs, le système de la communication peut être représenté par un schéma comportant plusieurs composants (Figure 1).

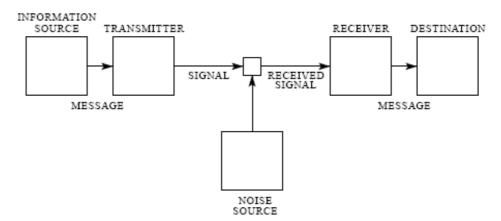


Fig. 1—Schematic diagram of a general communication system.

Figure 1. Représentation schématique d'un système général de communication (Shannon & Weaver, 1949)

Les différents composants d'un système de communication général sont:

La source d'information La source d'information (the information source) sélectionne un

message à transmettre (message désiré) parmi un ensemble de message possibles (ce point est crucial, cf. plus loin). Le message peut être

composé de mots parlés ou écrits, d'images, de musique, etc.

Le transmetteur (transmitter) transforme ce message en un signal qui

est réellement envoyé grâce au canal de communication

(communication channel).

Le canal (channel) correspond au medium utilisé pour transmettre le

signal du transmetteur au récepteur.

Le bruit Le bruit (noise) correspond à tout ce qui peut perturber le signal durant

la transmission¹.

Le récepteur (receiver) est une espèce de transmetteur inverse qui

transforme le signal transmis à nouveau en message et qui le tient à la disposition de la destination. Dans le cas d'une situation de communication orale, le récepteur correspond, selon Shannon et Weaver, à l'oreille du destinataire et aux huit nerfs qui lui sont associés.

La destination (destination) correspond à la personne ou à l'objet pour

lequel le message est destiné.

Selon Shannon et Weaver (1949) ce schéma général permet de rendre compte de la plupart des situations de communication :

Dans le cas de la parole par exemple, la source d'information est le cerveau, le transmetteur est le mécanisme de production de la voix qui produit la variation de la pression de l'air relative au son (le signal) qui est transmise par l'air (le canal). ...

Dans le cas d'une communication par téléphone, le canal est un fil électrique, le signal un courant électrique variant à l'intérieur de ce fil, le transmetteur est l'ensemble des appareils (téléphone, transmetteur, etc.) qui transforment la modification de la pression de l'air produit par le son de la voix en un courant électrique.

Dans le processus de transmission, certaines choses viennent s'ajouter au signal. Ces différentes choses n'étaient pas voulues par la source de l'information. Elles peuvent être des distorsions du son (e.g., dans le cas du téléphone), des distorsions de la forme, ou des contrastes de l'image (e.g., dans le cas de la télévision), ou des erreurs de transmission... Tous ces éléments qui viennent s'ajouter au signal de départ sont ce que les auteurs appellent du bruit (noise).

Attention: le bruit peut être auditif et visuel. Par exemple, le bruit peut correspondre au bruit ambiant dans lequel se déroule une communication (e.g., en discothèque il est difficile de communiquer oralement à cause du bruit), mais il peut également s'agir de parasites sur l'écran de télévision ou d'une tache de café sur une lettre, etc.

Sur la base d'un tel modèle, Shannon et Weaver identifient cinq questions importantes:

- (1) Comment s'y prendre pour mesurer la quantité d'information?
- (2) Comment mesurer la capacité du canal de communication?
- (3) En transformant le message en signal, le transmetteur doit disposer d'un processus de codage (coding process). Quelles sont les caractéristiques d'un processus de codage efficace? Quand ce processus est-il le plus efficace ?
- (4) Quelles sont les caractéristiques du bruit ? Dans quelle mesure le bruit affecte-t-il l'exactitude du message reçu? Comment minimiser les effets indésirables du bruit?
- (5) Si le signal est transmis de manière continue (e.g., dans le cas de la parole ou de la musique) plutôt que par des symboles discrets (e.g., à l'écrit), dans quelle mesure cela affecte-t-il le problème de la communication ?

Les problèmes soulevés par Shannon et Weaver sont des problèmes d'ingénieurs. Toutefois plusieurs notions qui ont été développées dans cette théorie vont être reprises par la suite par les psychologues :

Information Encodage Décodage Capacité du canal bruit redondance

L'information

Dans la théorie de la communication, le mot information a un sens différent de celui du sens commun. Ici information n'est pas synonyme de signification. Dans ce cadre, deux messages, l'un fortement chargé en signification, l'autre n'ayant aucun sens, peuvent être cependant considérés comme équivalents du point de vue de l'information qu'ils transmettent. En fait le mot information fait ici moins référence à ce qui est dit (what you do say) qu'à ce qui aurait pu l'être (what you could say). Ici l'information est une mesure de la liberté de choix que l'on a lorsque l'on sélectionne un message parmi tous les messages possibles.

L'unité d'information

Shannon décide d'établir une unité d'information arbitraire afin de pouvoir quantifier la quantité d'information contenue dans un message. Si l'on considère une situation élémentaire dans laquelle deux messages A et B seulement sont possibles, alors on décide arbitrairement que l'information associée à une telle situation servira d'unité. On se retrouve dans une situation de choix binaire de type 0 / 1. Cette unité d'information est appelée "bit" d'information qui est une condensation de "binary digit" (chiffre binaire).

Shannon décide d'utiliser la base 2 et non la base 10 pour exprimer la quantité d'information transmis. <u>Il définit l'information comme le logarithme (en base 2) du nombre de choix possibles.</u>

Ainsi dans le cas où seuls deux messages sont possibles on n'a qu'un seul choix possible. Dans ce cas on dira que le message A ou B véhicule 1 bit d'information (21).

En d'autres termes <u>une unité d'information, un bit d'information, est ce qui permet de réduire l'incertitude de moitié.</u>

Si l'on se trouve dans une situation dans laquelle 16 messages sont possibles et équiprobables, alors cette situation est caractérisée par 4 bits d'informations.

$$16 = 2^4$$
 et $Log_2 16 = 4$

<u>Exemple</u>: Imaginons que quelqu'un pense à un chiffre parmi 16. Pour connaître le chiffre auquel pense cette personne en lui posant des questions donnant lieu à des réponses binaires (oui / non) on dispose de plusieurs stratégies possibles. Une première solution consiste à énoncer des chiffres au hasard (5?, 2?, 12?...). Cette stratégie n'est pas très sûre et pose problème si l'on augmente le nombre de nombres possibles. Une seconde stratégie permet de découvrir le chiffre en posant 4 questions seulement:

Question	Réponse	Possibilités restantes			
Q1 le chiffre est-il supérieur à 8 ?	OUI	(8 possibilités)			
Q2 le chiffre est-il supérieur à 12 ?	NON	(4 possibilités)			
Q3 le chiffre est-il supérieur à 10 ?	NON	(2 possibilités : 9 ou 10)			
Q4 le chiffre est-il 10 ?	NON	(1 possibilité = 9)			

Solution: le chiffre est 9

Si la personne avait choisi un chiffre parmi 64 chiffres (2^6) il aurait fallu seulement 6 questions $(\log_2 64 = 6)$ pour lever complètement l'incertitude et découvrir le nombre.

La capacité du canal

La capacité du canal correspond à sa capacité à transmettre ce qui est produit par la source de l'information. La capacité est définie en termes de **quantité d'information transmise** et non en termes de nombre de symboles transmis.

Si par exemple la source est telle que chaque symbole choisi représente s bits d'information et si le canal peut transmettre n symboles par seconde, alors la capacité C du canal est définie comme étant ns bits par seconde (en fait un élément important est la longueur des symboles et le temps nécessaire pour les produire).

Si
le canal peut transmettre *n* symboles par unité de temps (sec.)
1 symbole = *s* bits

Alors *C* = *ns* bits par seconde.

[la capacité du canal peut être éprouvée intuitivement dans la situation suivante : on est dans une cabine téléphonique et on doit transmettre un message important et complexe à l'interlocuteur. L'interlocuteur se situe dans un autre département et il ne reste que 2 unités sur la télécarte].

Codage et décodage

Dans la théorie de Shannon et Weaver (1949), la fonction du transmetteur (c'est le transmetteur qui transforme le message en signal, en signal électrique par exemple) est d'*encoder* (mettre en code : la langue étant assimilable à un code), et celle du récepteur est de *décoder* le message.

L'efficacité de l'encodage (i.e., processus responsable de l'action d'encoder) peut être définie comme le rapport de la capacité du canal et de la quantité d'information produite par la source d'information. Quoi qu'il arrive, ce rapport ne peut excéder la capacité du canal. Plus l'encodage est efficace plus la quantité d'information transmise se rapproche de la capacité du canal. Toutefois, ceci n'est vrai que pour un système de communication sans bruit. Dès lors qu'il y a du bruit les choses se compliquent.

Le bruit et la redondance

Le bruit: dans le cas d'un système de communication "bruité" (i.e., caractérisé par la présence de bruit) la quantité d'information que comporte le message reçu est plus importante que celle du message transmis. Ici le mot "information" n'a aucune connotation positive ou négative. Une autre manière d'exprimer ce fait consiste à dire que le message reçu véhicule plus d'incertitude que le message transmis. Ceci aboutit à la situation paradoxale selon laquelle le message reçu est plus informatif que le message transmis (plus l'incertitude est grande, plus il y a d'information). Dans ce cas, un élément joue un rôle très important : la redondance.

La redondance : en première approximation la redondance désigne le fait que <u>le message contient</u> <u>plus d'information que nécessaire</u>. Shannon et Weaver ont proposé la formule suivante pour quantifier la redondance d'un message :

Redondance = 1 - information relative

L'information relative de la source correspond au rapport de l'information réelle sur l'information maximale (ou entropie, ou liberté de choix maximale).

information réelle
Information relative = -----information maximale

Lorsque le message contient le maximum d'information possible alors l'information réelle (i.e., celle réellement véhiculée par le message) est égale à l'information maximale. De fait, le rapport entre l'information réelle sur l'information maximale est égal à 1 (i.e., l'information relative). Si l'on applique la formule de calcul de la redondance, on constate que celle-ci est égale à 0 :

Une redondance nulle signifie que le message véhicule le maximum d'information possible. Aucune information n'est "superflue". Si l'information relative est égale à 8/10 soit (.80), cela signifie que la source, dans son choix de symboles pour former un message, dispose de 80% de la liberté totale que l'on pourrait avoir en théorie avec les mêmes symboles. Par conséquent la redondance est égale à :

$$1 - .80 = .20$$

Ce rapide calcul indique par conséquent que la redondance est égale à 20%. Ces 20% du message ne sont en théorie pas nécessaires. C'est ce que l'on appelle la redondance.

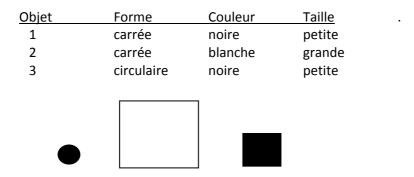
Commentaires supplémentaires (L. Heurley):

La redondance de l'anglais est estimée à 50%. En d'autres termes, environ la moitié seulement des lettres ou des mots qu'un anglais peut choisir pour écrire ou parler est sous son libre-arbitre, tandis que l'autre moité est déterminée par la structure statistique de sa langue, bien qu'il n'en soit pas

conscient. Dans les faits, la redondance loin d'être superflue, s'avère en fait extrêmement utile, notamment lorsque le canal est bruité. Voici quelques exemples :

Avez-vous remarqué qu'il manque un "i" à moitié ("tandis que l'autre moité...") dans le paragraphe précédent? L'absence de ce "i" vous a t-elle empêché de comprendre la phrase?

Pechmann (1989) a montré que lorsqu'on demande à des adultes de décrire des configurations spatiales comportant plusieurs objets, les adultes en question produisent des messages plus informatifs que nécessaire. Par exemple si la configuration est :



Les sujets tendent spontanément à faire référence à l'objet n°3 en utilisant des énoncés du type: "le petit cercle", "le cercle noir." ou "le petit cercle noir". En fait tous ces énoncés fournissent plus d'information que nécessaire car, comme la configuration comporte deux pièces noires et deux petites pièces, les informations relatives à la couleur et à la taille des pièces ne permettent pas à elles seules d'identifier de manière non ambiguë le cercle. En revanche, la forme constitue la seule information vraiment nécessaire puisque la configuration ne comporte qu'une seule forme circulaire. Pour permettre d'identifier l'objet n°3, le syntagme nominal "le cercle" aurait suffi.

L'xmple suivant montr qu tous ls élémnts d'un mssag écrit n sont pas complètmnt indispnsabls: L théorie qui été proposée pr Shnnon et Wever v voir un impct considérble sur l linguistique et l psychologie. Les notions d'informtion, de cpcité du cnl de communiction, de bruit, de redondnce et pour ce qui nous concerne ici, d'encodge et de décodge vont être Irgement utilisées dns ces deux disciplines.

Dubois (1965), un linguiste français a montré que la langue écrite est d'une manière générale plus redondante que la langue orale. Si l'on considère la phrase "Les portes claquent", on constate qu'elle se caractérise par une redondance de marques. Le nombre, ici le pluriel, est indiqué à trois reprises (les marques du nombre sont soulignées). A l'oral en revanche, la même phrase ne comporte qu'une seule marque de nombre). Cette redondance peut s'avérer très utile en présence de bruit. Imaginons qu'un bruit (e.g., le son d'une règle métallique qui tombe sur le sol ou une tache de café renversé) "masque" le premier segment de la phrase "Les". A l'écrit les conséquences sont moins dramatiques qu'à l'oral, car le reste de la phrase contient deux autres marques du pluriel: ".... portes claquent" qui indiquent que plusieurs portes ont claqué (il y a tout de même perte d'information car on ne sait pas si la phrase initiale est : "Trois portes claquent, Des portes claquent, etc.). A l'oral en revanche, la perte de l'information relative au premier segment n'est compensée par aucune autre information fournie ultérieurement, il est donc impossible de déterminer si une ou plusieurs portes ont claqué.

2. La psychologie cognitive : science du traitement de l'information

Selon Le Ny (1991), la théorie du traitement de l'information constitue la base de la psychologie cognitive :

Elle suppose que les organismes vivants reçoivent de l'information et la saisissent de façon sélective par leurs organes récepteurs ; cette information est alors transformée et conduit à des comportements. Chez les organismes supérieurs, et particulièrement chez l'homme, ces transformations deviennent très complexes. Elles donnent lieu à des formes diverses de stockage de l'information ; la plus élaborée est celle qui, par structuration, constitue des représentations à long terme de l'environnement et de ses partie. Le traitement de l'information se présente alors sous la forme d'une suite de transformations de représentations transitoires en des représentations plus complexes grâce à l'incorporation aux premières d'informations venues de la mémoire (Le Ny, 1991, p. 797) .

Avec cette redéfinition du champ de la psychologie, l'objet d'étude n'est plus externe comme c'était le cas avec le courant béhavioriste, mais interne : il s'agit désormais d'identifier, de comprendre, et éventuellement d'être capable de prédire, les processus responsables du traitement de l'information, c'est-à-dire les processus responsables de la perception et de la pensée humaine.

De même, pour Lindsay et Norman (1980), la psychologie cognitive vise à identifier, comprendre et prédire les processus responsables du traitement de l'information chez l'être humain :

La connaissance du traitement de l'information est essentielle si vous voulez comprendre les outils qui servent à l'étude des mécanismes de la pensée (...) Par conséquent, la science du traitement de l'information est pertinente à notre propos, même si la partie purement technique peut ne pas toujours l'être. Notez en passant qu'on donne maintenant à cette science le nom de psychologie cognitive (Lindsay & Norman, 1980, p. 582).

Une manière d'illustrer influence de la théorie de l'information sur la psychologie cognitive est de présenter les conceptions développées par plusieurs auteurs particulièrement représentatifs de la psychologie cognitive de première génération, respectivement Osgood et Sebeok (1954), Miller (1956), Broadbent (1958) et Lindsay et Norman (1980).

1) Osgood et Sebeok (1954): l'être humain comme unité de communication.

En **1951** et en **1953**, un linguistique Sebeok, et un psychologue, Osgood (d'orientation néobéhavioriste), ont organisé deux séminaires de plusieurs semaines aux Etats-Unis afin d'opérer un rapprochement entre deux disciplines : la linguistique et la psychologie. Ces deux séminaires ont débouché sur la rédaction un ouvrage commun qui marquait la naissance d'une nouvelle discipline : la **psycholinguistique**.

Les chercheurs participants à ce séminaire (Miller en faisait partie) <u>ont pris la théorie de la communication de Shannon et Weaver (1949) pour cadre conceptuel</u> afin de modéliser le processus de communication humaine.

Cependant, constatant certaines insuffisances du modèle de Shannon et Weaver, ils formulèrent plusieurs **critiques** et y apportèrent **quelques modifications** dans le but de le rendre plus "réaliste" d'un point de vue psychologique.

L'une des critiques était que la source du message et sa destination d'une part, et, le transmetteur et le récepteur d'autre part, étaient représentés comme étant des entités séparées. Ceci est peut-être vrai des systèmes mécaniques mais ne s'applique pas à l'être humain. L'individu humain fonctionne plus ou moins simultanément comme une source et comme une destination et comme un transmetteur et un récepteur de messsages que lui-même encode grâce à divers mécanismes de rétroaction. Chaque individu dans une communauté linguistique peut être plus ou moins conçu comme contenant lui-même un système de communication qui comporte dans son appareil nerveux, des récepteurs aux effecteurs, tous les composants" décrits dans le modèle de Shannon et Weaver (1949).

Selon Osgood et coll., l'être humain doit donc être conçu comme une unité de communication dotée d'un pôle récepteur et d'un pôle émetteur qui lui permettent d'émettre et de recevoir des messages. En conséquence, celui-ci peut être représenté comme un système de communication à part entière ou plus exactement comme une **unité de communication** (Figure 2).

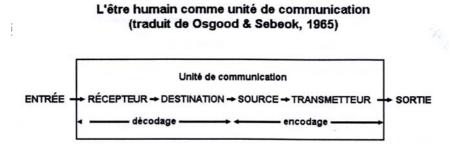


Figure 2. L'être humain comme unité de communication

Dans cette perspective, le processus de communication n'était plus conçu comme intervenant entre une source et une destination, mais entre deux unités de communication dotées chacune, d'un pôle récepteur (récepteur + destination) et d'un pôle émetteur (source + transmetteur)².

Traduit en termes psychologiques le schéma initial a été modifié en un schéma plus adapté à la psychologie (Figure 3).

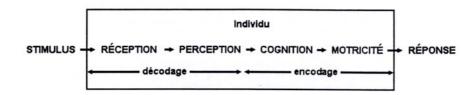


Figure 3. L'être humain comme unité de communication (en termes psychologiques) On remarque que le terme « cognition » apparaît dans le schéma.

² Bien qu'ayant noté ce point, les auteurs n'incluent pas encore de boucle de rétroaction (feedback) dans leur schéma entre les deux unités de communication.

Osgood et Sebeok décrivent le fonctionnement de l'unité de communication ainsi :

Le fonctionnement de l'unité de communication

Dans le processus de décodage humain, l'entrée d'une quelconque forme d'énergie physique, codée linguistiquement ou sous une autre forme, est premièrement recodée en impulsions nerveuses, transformée par l'appareil sensoriel, et finalement 'interprétée' au niveau de la destination (probablement sous la forme d'un pattern d'activité dans les centres supérieurs).

Dans le processus d'encodage humain, une 'intention' au niveau de la source (probablement un quelconque pattern d'activité dans les mêmes centres) est mise en oeuvre par l'appareil transmetteur dans les aires motrices, est recodée en mouvements physiques, et se transforme en sortie de cette unité. En traduisant ceci en langage psychologique classique, entrée devient équivalent à 'stimulus', récepteur devient 'réception' et 'perception', destination et source deviennent 'cognition' (signification, attitude, et des choses similaires), transmetteur devient 'organisation et mise en séquence motrice', et sortie devient 'réponse' (Osgood & Sebeok, p. 1-2, notre traduction).

Dans ce cadre, "Cette psycholinguistique de première génération se définissait alors comme la science des processus d'encodage et de décodage dans la communication interindividuelle"... (Mehler & Noizet, 1974, p. 10).

2) Miller (1956): le nombre magique 7+2

Dans un article très célèbre, Miller (1956, trad. in Mehler & Noizet, 1974) a tenté de tenter de déterminer la capacité de traitement de l'information humaine et d'en définir les limitations.

<u>L'auteur se situait d'emblée dans le cadre de la théorie de l'information</u>, à la fois au niveau conceptuel et méthodologique.

D'un point de vue conceptuel, Miller considérait qu'un individu peut être considéré comme un système de communication (cf. Osgood & Sebeok, 1954) dans lequel entre et sort de l'information. Entre l'entrée et la sortie, l'information est transmise par un canal à capacité limitée (Figure 4).

L 'organisme comme canal unique de communication MILLER (1956)

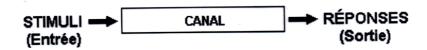


Figure 4. Représentation de la manière dont Miller (1956) conçoit le système de traitement humain

Sur le plan de la méthode, dans cet article Miller utilise la théorie de l'information comme un **outil de mesure** de l'information (l'unité étant le **bit**) :

La théorie met un mètre entre nos mains qui nous permet de calibrer notre matériel et de mesurer la performance de nos sujets (Miller, 1956 in Mehler & Noizet, 1974, p. 362)

Pour déterminer la capacité de traitement de l'information humaine, c'est-à-dire pour évaluer la quantité d'information transmise entre l'entrée et la sortie, via le canal, il suffit de faire varier la quantité de l'information entrant dans le système, de mesurer celle qui en sort, et de déterminer le degré de corrélation existant entre l'entrée et la sortie (Figure 5).

La mesure de l'information transmise n'est rien d'autre que la mesure de la corrélation entre l'entrée et la sortie (p 339).

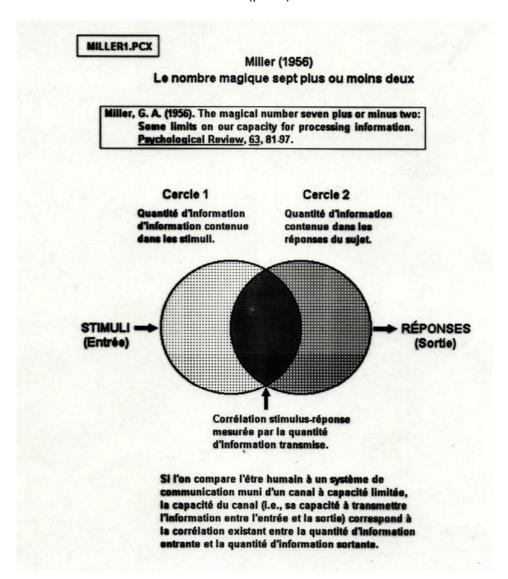
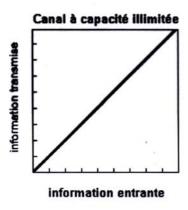


Figure 5. Méthode préconisée par Miller pour déterminer la capacité du canal



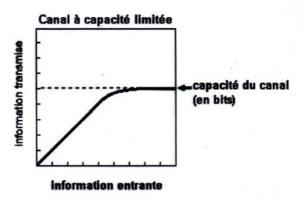


Figure 6. Si la capacité du canal est illimitée, toute l'information d'entrée est transmise (figure de gauche). En revanche si la capacité du canal est limitée, l'information transmise est inférieure à l'information entrante (figure de droite).

Afin de déterminer la capacité du canal, Miller ne réalise pas d'expérience lui-même, mais réinterprète des expériences qui ont été réalisées antérieurement par d'autres auteurs à la lumière de la théorie de l'information (Rmq: 16/20 soit 80% des articles qu'il cite ont été publiés en 1949 ou postérieurement).

Ils réanalyse les résultats de recherches réalisées dans trois domaines différents:

- l'estimation absolue
- la perception numérique immédiate (subitizing)
- la mémoire immédiate.

Son analyse le conduit aux 4 conclusions suivantes:

- la capacité de traitement de l'information humain est limitée ;
- cette limite est relativement constante et indépendante du type de tâche ;
- la limite semble varier autour d'un même chiffre: le chiffre 7;
- l'unité de traitement pertinente n'est pas le bit mais le CHUNK

Ainsi, Miller (1956) écrit:

la mémoire immédiate a une capacité d'environ 7 items; il existe une capacité d'estimation absolue permettant de distinguer environ 7 catégories; il existe une capacité d'appréhension qui embrasse environ 6 objets d'un seul coup d'oeil.

La découverte la plus célèbre de Miller ne se situe pas dans sa démarche, ni dans le constat selon lequel le système de traitement humain a une capacité limitée, mais dans le fait que la limite de la capacité de la mémoire immédiate (i.e., mémoire à court terme) ne s'exprime pas en termes de **bits** (i.e., nombre d'informations), mais en termes de **chunks** (paquets, groupements d'informations). Miller constate en effet qu'en groupant les informations, il est possible d'augmenter le nombre de bits d'informations stockable dans la mémoire immédiate (i.e., **l'empan de la mémoire immédiate**).

L'organisation de l'information (les chunks).

Miller (1956) rapporte une expérience de Smith qui montre qu'il est possible d'accroître considérablement la capacité de stockage de la mémoire immédiate (i.e., mémoire à court terme) en codant l'information de manière à réduire le nombre de "paquets à mémoriser", c'est-à-dire en procédant à des regroupements (*chunkage*).

Initialement (avant codage) Smith était capable de stocker une suite de 12 chiffres binaires. Pour améliorer ses performances, il apprit à coder très rapidement (i.e., automatiquement) des séquences de chiffres binaires en base 4 puis en base 8 (octaux) et enfin en base 10 (décimaux). Après un certain entraînement, Smith parvint à retenir, via le recodage, environ 40 chiffres binaires (au lieu de 12 initialement).

Rappel:

Base 2	Base 4	Base 10
1	1	1
10	2	2
11	3	3
100	10	4
101	11	5
110	12	6
111	13	7
1000	100	8
1001	101	9
1010	102	10
1011	103	11
	•••	

Exemple:

Comment mémoriser le nombre binaire :

1001101000001000110100101011010111010

Avec technique de recodage (chunkage) de Smith, ce nombre binaire peut être segmenté puis recodé en base 10 :

Base 2	0001	0011	0100	0001	0001	1010	0101	0110	1011	1010	
Base 10	1	3	4	1	1	10	5	6	11	10	

Smith n'avait donc plus qu'à mémoriser: 1 3 4 1 1 10 5 6 11 10 (ce qui est plus facile)

3. Broadbent (1958): l'hypothèse du canal unique et les deux systèmes de stockage

Broadbent est un psychologue britannique qui a joué un rôle déterminant dans l'évolution de la psychologie cognitive. Il défendit l'idée que des phénomènes aussi différents que la perception, l'attention et la mémoire pouvaient être intégrés dans une théorie unique reposant sur le postulat selon lequel le système cognitif est un système dans lequel circule de l'information (on voit encore ici clairement l'influence de la théorie de l'information).

Selon Eysenck (1994), l'idée centrale que défendait Broadbent était qu'au lieu "de traiter tous ces phénomènes de manière isolée, il est préférable de les traiter comme les ingrédients interdépendants d'un système cognitif unique" (p. 47). Toujours selon ce même auteur, Broadbent

"fut le premier psychologue à avoir proposé une explication systématique et détaillée du système cognitif conçu comme étant constitué d'un ensemble de composants séparés mais interagissant." (p. 47). En d'autres termes, on considère que <u>Broadbent est le premier psychologue à avoir proposé une architecture globale de la cognition.</u>

Dans son ouvrage le plus célèbre intitulé "Perception and communication" publié en 1958, Broadbent a proposé une représentation de **l'architecture interne** des organismes. Il a caractérisé son approche comme une tentative d'appréhension de ce qui "se passe à l'intérieur de l'organisme". (p. 302). Cette approche qui consiste à étudier l'inobservable à partir de faits observables est valide, selon Broadbent, à condition qu'il existe un rapport de causalité entre les faits inobservables et les faits observables. Si une telle causalité existe alors il devient possible d'**inférer** des faits inobservables à partir de faits observables (toute la psychologie cognitive moderne repose sur ce postulat).

Le raisonnement de Broadbent (1958) était le suivant:

...si deux stimuli différents produisent la même réponse, il est légitime de supposer l'existence d'un événement commun dans le système nerveux : si un certain type de traitement supprime l'effet d'un stimulus mais pas celui de l'autre, alors c'est que ce traitement doit agir avant le point où les deux lignes causales se rejoignent (p. 304, notre traduction).

Les faits observables à partir desquels Broadbent a tenté d'inférer le fonctionnement interne des organismes étaient pour la plupart des données provenant de situations expérimentales dans lesquelles on présentait simultanément deux messages à un même sujet. Le sujet avait pour consigne de prêter attention à un seul message sur les deux. Le principe était le suivant: en étudiant ce que le sujet a retenu du message qui lui a été présenté, mais pour auquel il ne devait pas prêter attention, il est possible d'inférer le fonctionnement mental sous-jacent. Ce paradigme permettait en l'occurrence d'étudier dans quelle mesure il est possible de faire deux choses à la fois, et dans quelle mesure on traite un message pour lequel on n'est pas attentif.

Dans la perspective adoptée par Broadbent, le fonctionnement psychique correspond à une succession d'événements internes inobservables (Broadbent parle d'événements du système plutôt que de réponses internes car il préfère réserver le terme de réponse à des faits observables, donc externes. Cette précision est destinée à marquer clairement la différence de son approche avec les conceptions béhavioristes modérées qui prévalent à l'époque).

Dans son ouvrage, Broadbent <u>prend clairement pour cadre la théorie de l'information</u> et, après avoir effectué une revue de nombreuses recherches réalisée en psychologie, il propose dans le dernier chapitre de son livre, une liste de principes qualitatifs qu'il intègre dans une construction hypothétique unique du fonctionnement interne de l'organisme. Cette construction hypothétique est conçue comme un réseau dans lequel circulent des informations. (<u>remarque</u>: l'approche qu'il utilise est **inductive** puisqu'il rassemble une grande quantité de faits à partir desquels il élabore une théorie *a posteriori*).

Principaux principes énoncés par Broadbent (1958, notre traduction)

- A) Un système nerveux se comporte dans une certaine mesure comme un canal de communication unique, de telle sorte qu'il est pertinent de le concevoir comme ayant une capacité limitée³.
- B) Une opération de sélection est accomplie sur l'information entrant dans le système, cette opération prenant la forme d'une sélection des informations en provenance de tous les événements sensoriels ayant une certaine caractéristique en commun. Les caractéristiques physiques identifiées comme étant capables d'agir sur la base d'une telle sélection incluent l'intensité, l'accentuation, et la localisation spatiale des sons.
- **C)** La sélection n'est pas complètement aléatoire, et la probabilité qu'une classe particulière d'événements soit sélectionnée est augmentée par certaines propriétés des événements et par certains états de l'organisme.
- **E)** Les états internes actuels et passés de l'organisme jouent sur la probabilité qu'un signal soit sélectionné ou non (e.g., la probabilité qu'un chien choisissent le signal "viande" est moins forte si le chien est repu que s'il n'a pas mangé depuis 24 heures).
- **F)** Quand deux signaux ont été sélectionnés l'un après l'autre, la probabilité conditionnelle du second en fonction de l'occurrence détectée du premier est stockée dans le système nerveux dans un **système de stockage à long terme**.
- H) L'information qui parvient au système peut être maintenue dans un système de stockage temporaire avant de passer dans le canal à capacité limitée: elle passera ensuite dans le canal lorsque la classe d'événements à laquelle elle appartient sera à nouveau sélectionnée. Le temps de stockage maximum possible de cette manière est de l'ordre de quelques secondes⁴.
- I) Pour échapper aux limitations imposées par H) il est possible à l'information de retourner dans le système de stockage temporaire après être passée à travers le canal à capacité limitée: ceci permet d'obtenir un stockage d'une durée illimitée. Ce moyen de maintenir une certaine information dans le système de stockage temporaire a cependant un coût élevé puisqu'il réduit la capacité du canal pratiquement à zéro. Le stockage à long terme n'affecte pas la capacité du canal, mais constitue plutôt le moyen d'ajuster le codage interne aux probabilités des événements externes; ainsi la limite du canal est une limite informationnelle et non simplement une limite qui s'exprimerait uniquement en termes de nombre de stimuli à traiter.

³

⁴ Broadbent émet l'hypothèse d'un système mnémonique composé d'une mémoire à court terme et d'une mémoire à long terme (cette hypothèse a déjà été ébauchée au 19ème siècle par W. James).

Le modèlede Broadbent (1958)

Dans le modèle proposé par Broadbent (1958), l'information est tout d'abord stockée sous une forme non analysée dans un registre sensoriel de capacité illimitée le "système de stockage à court terme" (Figure 7).

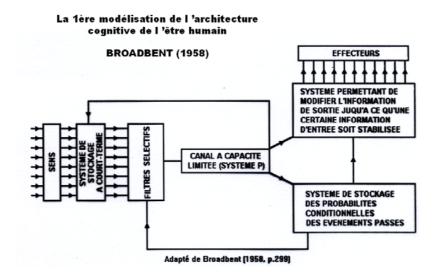


Figure 7. Modèle général de l'organisme comme réseau dans lequel circule de l'information (adapté et traduit de Broadbent, 1958).

Une partie de cette information peut ensuite être sélectionnée grâce à un filtre ("filtres sélectifs") pour faire l'objet d'un codage plus élaboré. Elle est alors stockée **temporairement** dans un **registre à capacité limitée**: **le canal unique à capacité limitée** (ce registre sera appelé mémoire à court terme plus tard). C'est dans ce système à capacité limitée, qu'un nombre d'opération limité serait effectué par unité de temps. Seules les informations transitant par ce canal accéderaient à la conscience. Enfin, l'information transitant dans le canal à capacité limitée pourrait être ensuite transmise à un **registre permanent** pour y être stockée de manière durable ("système de stockage des probabilités conditionnelles des événements passés", ce qui correspond à la mémoire à long terme aujourd'hui).

Références

Broadbent, D. E., (1958). Perception and communication. Oxford: Pergamon Press.

- Le Ny, J.-F. (1991). Traitement. In Bloch, H., Chemana, R., Gallo, A., Leconte, P., Le Ny, J.-F., Postel, J., Moscovici, S., Reuchlin, M., & Vurpillot, E. (Ed.). *Grand dictionnaire de la psychologie* (pp. 797). Paris: Larousse.
- Lindsay, P. H., & Norman, D. A. (1980). *Traitement de l'information et comportement humain: Une introduction à la psychologie.* Montréal: Editions Etudes Vivantes.
- Miller, G. A. (1974). Le nombre magique sept plus ou moins deux: sur quelques limites de notre capacité à traiter l'information. In J. Mehler & G. Noizet (Eds.), *Textes pour une psycholinquistique* (pp. 337-364) (trad. de Miller, G. A., 1956). Paris : Mouton.
- Osgood, C. E., & Sebeok, T. A. (Ed.) (1965). <u>Psycholinguistics: A survey of theory and research problems</u>. Bloomington & London: Indiana University Press (la première édition date de 1954).