

Les opérations cognitives (ou activités mentales)

A. Quinton

Acquérir des connaissances et apprendre à raisonner constituent des activités mentales complexes.

Tout enseignant doit connaître:

- les limites physiques et les lois qui régissent les perceptions et leur donnent leurs automatismes,
- la place prépondérante et la robustesse
 - des représentations mentales en mémoire qui permettent d'interpréter les éléments de notre environnement,
 - du raisonnement analogique,

En corollaire il doit

- connaître la difficulté de substituer chez les étudiants de nouvelles représentations, de nouvelles interprétations, de nouveaux raisonnements.
- apprendre aux étudiants
 - à analyser leurs représentations mentales et leurs raisonnements automatiques, si nécessaire à prendre du recul vis-à-vis d'eux,
 - à recourir aux outils de la logique formelle (mathématiques, statistiques),
 - à prendre en compte les modes de raisonnement des autres.

On peut distinguer chez l'homme **trois types d'activités mentales ou pensées, celles qui sont innées, celles qu'il apprend, celles qu'il crée.**

- **les activités mentales innées** répondent aux besoins élémentaires universels (respirer, dormir, se nourrir, se protéger, se reproduire, s'amuser, avoir du plaisir, etc.).
- **les activités mentales apprises** sont :
 - les apports culturels dans la façon de comprendre et satisfaire nos besoins instinctifs,
 - les outils intellectuels et matériels auxquels chacun recourt sans nécessairement en connaître le fonctionnement (pourquoi un caillou est-il dur et l'eau liquide ? Comment fonctionne un réfrigérateur, un ordinateur ? Comment reconnaît-on ses collègues ?).

Il est possible d'approfondir la connaissance de *ces activités mentales apprises* auprès de ceux qui savent ; on leur fait confiance, et on les **croit** en ayant conscience de ne pas atteindre le niveau de pouvoir être critique.

- **les activités mentales créées** par l'esprit expriment l'évolution de la pensée.

Il y a une continuité dans ces activités mentales:

- **les données** de notre environnement (ou du fonctionnement de notre corps) sont perçues par nos organes des sens ;
- ces données deviennent des **informations** après avoir été sélectionnées, traitées et interprétées par notre cerveau en fonction de nos représentations mentales ;
- nous raisonnons sur ces informations pour **réagir, analyser et résoudre des problèmes, prendre des décisions.**

Nous aborderons successivement :

- 1 - Les activités perceptives et les représentations mentales,
- 2 - De l'arc réflexe à l'introduction de structures de décision – L'instruction *Si..., alors...*
- 3 - Les programmes des activités mentales,
- 4 - De la curiosité au raisonnement,
- 5 - La logique, ou l'art de faire des déductions.
- 6 - Les processus de décision,
- 7 - Les problèmes et les raisonnements permettant de les résoudre
- 8 – Qualités des connaissances utilisées pour résoudre les problèmes
- 9 – Le raisonnement clinique

1 - Les activités perceptives et les représentations mentales

Nos perceptions:

- proviennent de notre environnement et de notre corps,
- sont limitées par des contraintes physiques,
- sont véhiculées par des neurones spécialisés ; des groupes de neurones de "spécialités" différentes fonctionnent en synergie (assemblées de neurones),
- ces assemblées de neurones produisent des objets mentaux,

Les objets mentaux issus de nos perceptions sont confrontés aux représentations mentales que nous avons en mémoire,

- ce qui pourrait expliquer que la construction de ces objets mentaux réponde à des lois,
- certains objets mentaux peuvent être des illusions.

1.1 - Perception

- **Le cerveau perçoit des éléments de notre environnement et des sensations issues de notre corps.**

Nous percevons certains éléments de notre environnement par la vue, l'audition, l'olfaction, la gustation, le toucher, la perception de l'espace.

Notre cerveau perçoit aussi des sensations venant de l'ensemble de notre corps ; les unes contribuant à son fonctionnement normal (telles l'envie de dormir, les sensations de faim, de soif), d'autres alertant sur des dysfonctionnements (tels les récepteurs à la douleur).

Des structures de notre cerveau (le cerveau limbique) traitent nos émotions (peur, plaisir) que celles-ci arrivent ou non à la conscience.

- **Nos organes sensoriels ont des contraintes physiques**

Ces contraintes limitent l'étendue de nos perceptions visuelles, auditives, olfactives etc. Le langage courant exprime la conscience de ces limites *"c'est passé trop vite, je n'ai pas eu le temps de voir", "vous parlez trop vite", "je ne perçois pas ce goût, je ne sens pas cette odeur"* etc. Des comparaisons avec les capacités des sens des animaux en apportent d'autres démonstrations.

- **Les influx naissant des stimuli sensoriels (visuels, auditifs, olfactifs, etc.) parcourent des neurones spécialisés.**

Divers groupes de neurones spécialisés travaillant en synergie constituent les **assembles de neurones** qui ont une activité spontanée avec des dépolarisations synchrones qui permettent,

- d'explorer l'environnement physique, social et culturel,
- de coder des objets et des situations.
- et de les confronter aux **représentations mentales** qui sont en mémoire.

1.2 – Interprétations des sensations: les représentations mentales

Toute interprétation de nos sensations en est une représentation mentale.

- **La représentation mentale est un modèle réduit et simplifié de la réalité extérieure,**

- son support est neuronal, donc physique,
- il est sélectionné,
- il est mis en mémoire.

Voiture, arc-en-ciel, girafe, chocolat : la lecture de ces mots évoque automatiquement des **images mentales**.

Lorsqu'on entend des phrases ou une mélodie, lorsqu'on sent une odeur, goûte un plat, on se réfère pour les identifier à des **représentations mentales**.

L'expression représentation mentale est plus générale que celle d'image mentale qu'elle inclut.

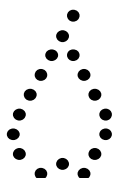
Si, regardant une vitrine, on **arrête son œil** (*en fait l'intérêt*) **sur un objet** c'est parce qu'on l'a distingué en fonction de la **représentation mentale** qu'on en fait.

La représentation mentale est à la fois un modèle qu'on acquiert et un modèle qu'on projette.

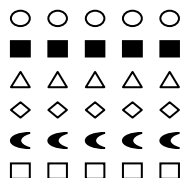
Le cerveau, système auto-organisé ouvert et motivé, **produit des représentations** qu'il projette sur le monde extérieur. Il n'est pas une machine traitant passivement des informations venues de l'extérieur (CHANGEUX).

- **Des représentations mentales élémentaires pourraient être à l'origine de faits constatés par les psychologues de la Gestalt (Max Wertheimer, Wolfgang Köhler et Kurt Koffka entre 1910 et 1920) et établis comme les principes d'organisation de la perception.**

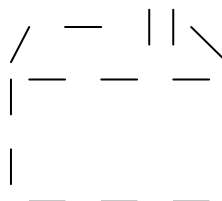
C'est à partir de la perception de dessins comme ceux ci-dessous que la Gestalt a établi différentes **lois** :



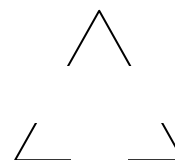
Proximité



similarité



fermeture



symétrie

- loi de **proximité** : un objet schématisé par un pointillé est automatiquement identifié (on voit une poire et non pas *seulement des points*)
- loi de **similarité** : les formes similaires sont spontanément regroupées (on voit des **lignes** de ronds, rectangles etc, et non des colonnes hétéroclites)
- loi de **fermeture** : des formes ébauchées par des traits discontinus sont reconnues (on identifie un schéma de maison)
- loi de **symétrie** : des formes sont spontanément constituées à partir d'éléments symétriques (un triangle à partir de la schématisation de 3 représentations d'angles)

1.3 - Nos sens peuvent être illusionnés.

Les illusions d'optiques sont les plus connues (en références sont données deux sites web présentant un large éventail d'illusions d'optique).

En 2006 deux attractions de l'exposition "Illusions, ça trompe énormément" au Palais de la Découverte à Paris, apportaient une démonstration spectaculaire de la difficulté à maintenir son équilibre dans deux situations (illusions):

- la première, face à un panneau présentant des bandes verticales animé de petits mouvements de translation alternativement à droite et à gauche,
- la seconde, en traversant un cylindre paraissant animé d'un mouvement de rotation grâce au défilement rotatif de bandes lumineuses longitudinales.

- **Le cerveau humain est dans l'impossibilité d'identifier des perceptions qui n'ont aucune correspondance avec les représentations mentales dont il dispose.**

On ne peut reconnaître un objet ou un animal inconnu. Lire ou entendre un mot inconnu ne fait venir à l'esprit aucune représentation mentale.

Que vous inspire cet objet ?

Réponse en annexe 1.



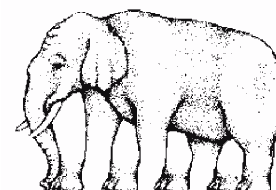
- **Des représentations mentales personnelles** interviennent dans la reconnaissance des images ambiguës. Des artistes se sont attachés à composer des œuvres qui peuvent être interprétées de deux façons différentes, aussi cohérentes l'une que l'autre (le dessin ci-contre représente aussi bien un saxophoniste vu de profil qu'un visage de femme vu de face, vivement éclairé par la gauche).

Lorsqu'on ignore le fait on ne voit qu'une interprétation. Averti de l'ambiguïté on arrive plus ou moins aisément à commuter d'une interprétation à l'autre.



- **Notre perception visuelle est déroutée par les jeux visuels que de nombreux artistes se sont plu à imaginer.**

L'inéluctable recours aux représentations mentales explique nos difficultés face à des dessins où l'incohérence a été volontairement recherchée, tel celui-ci où la difficulté à compter les pattes de l'éléphant tient au fait que l'artiste a dessiné des buissons de même forme que les bas des pattes que notre esprit s'obstine à interpréter comme *pattes*.



- 1.4 - Les souvenirs** ont comme supports les *assemblées de neurones*. Le souvenir d'une orange regroupe des éléments visuels (forme et couleur), gustatif, kinesthésique (la consistance), et de plaisir.

On a observé que les mêmes zones cérébrales étaient en activité tant dans l'observation d'un objet ou d'un événement que dans leur évocation.

2 - De l'arc réflexe à l'introduction de structures de décision - L'instruction *Si... alors....*

- ♦ **Toute perception d'un stimulus implique une réponse**

L'**arc réflexe** est la structure élémentaire de tout comportement : au minimum deux neurones communiquent au niveau d'une synapse :

- le **neurone de l'organe sensoriel** perçoit un stimulus et transmet l'information, sous forme d'influx nerveux, au second neurone,
- le **neurone qui innerve un muscle ou une glande** libérant enzymes ou hormones



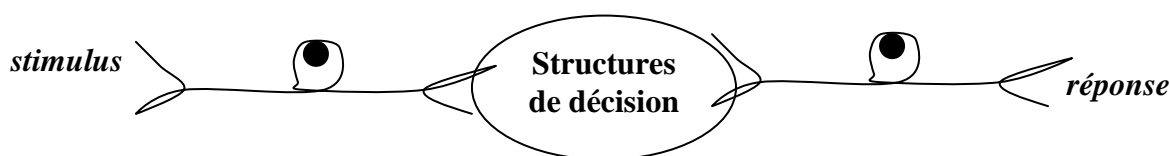
La chaîne neuronale est en fait plus complexe faisant intervenir l'influx nerveux et, au niveau des synapses des produits chimiques, les neurotransmetteurs.

En outre les neurones baignent dans le milieu intérieur dont la composition influe sur leur perception de la stimulation et la transmission de l'influx.

⇒ La traduction conceptuelle qu'un stimulus entraîne une réponse peut être exprimée dans le langage de l'intelligence artificielle par l'instruction *Si... alors...*

*Si j'ai soif, alors je bois,
Si il pleut, alors je me mets à l'abri,
Si j'ai peur, alors je fuis,
Si j'ai froid, alors je me couvre.*

♦ Ce schéma de base se complexifie lorsque des structures de décision s'interposent entre les afférences sensorielles et les efférences d'action.



⇒ La traduction conceptuelle de la structure de décision s'enrichit :

*Si je suis attaqué et
Soit je suis le moins fort, alors je fuis
Soit je suis le plus fort, alors j'attaque*

La notion de comportement a été longtemps limitée à cette réponse, un comportement se référant alors à une action observable, mesurable, quantifiable, reproductible.

Actuellement la psychologie cognitive distingue:

- le comportement **latent** des activités mentales, qui traite l'information,
- et, en réponse, génère un comportement **manifeste**, patent, fait d'activités motrices et/ou glandulaires,

Le **comportement manifeste** est plus ou moins aisément observable, mesurable, quantifiable, reproductible (ce qui est le champ de la psychologie comportementale classique).

Les **activités cognitives** (le comportement latent) étaient en revanche considérées comme devoir être déduites de l'observation du comportement manifeste. En fait le questionnement sur le *pourquoi et le comment* de certains comportements peut les rendre *déclaratifs*. De plus l'exploration fonctionnelle cérébrale (EEG, IRM fonctionnelle, PET-scan), le recours à des paramètres mesurant des réactions physiologiques émotionnelles (pouls, tension, EEG, sécrétion sudorale), permettent mieux d'appréhender les activités mentales.

3 - Les programmes des activités mentales

♦ Tout comportement est réalisé selon un **programme** (ou algorithme) d'activités cognitives conscientes ou inconscientes. Les travaux portant sur l'intelligence artificielle tentent de reproduire les programmes d'activités cognitives.

Tout programme commence par l'instruction de base : *Si... alors.*

Cette notion est valable pour des actes simples *Si j'ai soif, alors je bois* ou très complexes *Si je veux construire une maison, alors...*

Ensuite les programmes

- sont sériels, au moins en partie,
- sont emboîtés hiérarchiquement,
- sont auto-régulés,
- présentent des bifurcations appelant le recours à **des processus de décisions**.

En essayant d'écrire le banal programme *prendre une douche* on constate aisément la complexité de nos programmes quotidiens.

Exemple de programme : *prendre une douche le matin au réveil*

- l'introduction de base est
 - *Si c'est le matin alors je vais me doucher*
- le caractère sériel du programme est représenté par la séquence d'instructions (en fait ici des titres de sous-programmes) :
 - *je vais sous la douche,*
 - *j'ouvre les robinets,*
 - *je règle la température de l'eau, etc*
- l'emboîtement hiérarchique est le fait des sous-programmes qui gèrent les moindres mouvements, le maintien de l'équilibre, l'orientation ; les sous-programmes des précédents deviennent :
 - *je vais sous la douche*
 - *je me lève*
 - *je me dirige vers la douche*
 - *je me mets sous la douche*
 - *j'ouvre l'eau...*
 - ...
 - *je règle la température de l'eau...*
 -
 - *je me douche*
- l'auto-régulation est ici représentée par plusieurs éléments :
 - *j'augmente ou diminue le débit d'eau,*
 - *j'augmente ou diminue la température de l'eau*
 - *je me douche jusqu'à...*
- les bifurcations appelant le recours à des processus de décisions sont nombreuses
 - *emploi du collier de douche ou de la douche fixée ?*
 - *savon liquide ou savon solide ?*
 - *protéger ou non les cheveux par un bonnet ?*
 - *écoute la radio ou non ?*

♦ On dispose de **programmes innés et de programmes acquis, les uns appris, les autres créés.**

Les programmes innés sont ceux de la respiration, de la marche, du sommeil, les innombrables régulations physiologiques, la capacité d'acquérir un langage, oral ou gestuel.

A la naissance on dispose de nombreux outils de pré-représentations (ainsi on a les capacités d'acquérir n'importe quelle langue, de reconnaître différentes formes) mais progressivement, avec l'expérience acquise en découvrant notre environnement, il se fait une sélection qui diminue le nombre de pré-représentations: **apprendre c'est éliminer**

Les programmes acquis sont ceux que nous construisons lors de notre développement et tout au long de notre vie, soit en les apprenant d'autres hommes, soit en les créant.

Avant l'acquisition du langage verbal l'enfant explore le monde extérieur organisé pour produire dans son cerveau "des hypothèses spontanées" ou "pré-représentations", qui sont mises à l'épreuve par essais et erreurs: ce sont "*les jeux cognitifs*" qui précèdent les jeux de langage. Il y a *une conscience des phénomènes*.

Après l'acquisition du langage la perception et l'interprétation du monde sont plus complexes. A la perception non verbale (on goûte, palpe, ressent) et prise de conscience des phénomènes, s'ajoute le langage qui permet de coder ces perceptions de façon à échanger sur ce qu'on perçoit ; la *conscience est devenue réflexive* (au sens physique de la réflexion).

La notion de programmes créés (au sens de construits consciemment) est indissociable de celles de l'acquisition de concepts et de l'élaboration des réseaux conceptuels.

Le programme *prendre une douche* fait appel à de nombreux concepts (*eau, robinet, chaud et froid, douche, régulateur*, etc.) reliés entre eux et à d'autres plus complexes tels *hygiène, propreté, dignité de son corps vis-à-vis de soi-même et des autres*.

4 – De la curiosité au raisonnement

Avant de poursuivre on ne peut faire l'impasse de quelques définitions prises dans le Petit Robert (édition 1992).

Raison

- *la faculté pensante et son fonctionnement chez l'homme; ce qui permet à l'homme de connaître, de juger et d'agir conformément à des principes,*
- *"Nos théories scientifiques, liées au fonctionnement de notre esprit, à la structure de notre raison" (Louis de Broglie)*
- *la faculté de penser, en tant que celle permet à l'homme de bien juger et d'appliquer ce jugement à l'action*

Raisonnement

- *L'activité de la raison, la manière dont elle s'exerce*
- *suites de propositions liées les unes aux autres selon des principes déterminés et aboutissant à une conclusion*

Raisonner

- *faire usage de sa raison pour former des idées, des jugements,*
- *conduire un raisonnement, enchaîner des jugements pour aboutir à une conclusion*

Intuition

"une forme de reconnaissance immédiate qui ne recourt pas au raisonnement" ; mais le dictionnaire énumère différentes formes d'intuition empirique, rationnelle, métaphysique, divinatrice. BERGSON définit l'intuition comme une sorte de sympathie avec l'objet de connaissance.

Si, à partir de l'interprétation d'un fait par intuition, on généralise on effectue un *raisonnement par induction*

Induction

"opération mentale qui consiste à remonter des faits à la loi, de cas donnés le plus souvent singuliers ou spéciaux, à une proposition plus générale".

Déduction

"procédé de pensée par lequel on conclut de propositions prises pour prémisses, à une proposition qui en résulte en vertu de règles logiques".

• **Qu'est-ce que c'est ?**

La curiosité, au sens de *besoin d'apprendre*, pourrait être le premier raisonnement instinctif qui se traduit par le besoin de voir, toucher, écouter, sentir, goûter.

Qu'est ce que c'est, c'est aussi avoir la conscience de...

Toute conscience est conscience de quelque chose (Sartre)

• **Pourquoi ? Parce...que**

Rechercher une explication est le fait de considérer instinctivement que tout effet à une cause. C'est le départ du **raisonnement causal**.

• **Ensuite tout s'enchaîne de l'intuition (ou raisonnement par intuition) à la déduction (au raisonnement par déduction).**

On a l'intuition de... On a l'intuition que...

On croit à... On croit que...

On pense à... On pense que

On réfléchit à... On raisonne sur... On enchaîne des idées

On procède à des déductions...

De déductions en déductions on arrive à conclure...

Ces expressions expriment que prendre conscience, avoir l'intuition, croire, raisonner par déduction, s'effectuent à partir de données, de connaissances, d'idées.

On considère généralement que :

- dans un **raisonnement déductif** on interprète un fait en fonction d'une loi générale ou on tire des conclusions à partir de prémisses (voir plus loin). **Le raisonnement déductif conclut après un effort de réflexion**, qui est conscient, obéit à des règles, se prête à l'observation, à l'analyse et à la critique.
- dans un **raisonnement inductif** on part du fait pour établir quelque chose qui serait plus général.

Le raisonnement par intuition conclurait en l'absence de raisonnement patent.

Nous reviendrons sur ce point en prenant comme hypothèse que les représentations mentales et l'insight (voir plus loin) sont des éléments de l'intuition.

Une référence met fin au casse tête : "*Il me paraît bien difficile de séparer nettement l'induction et la déduction*" (Claude Bernard).

Nous allons confronter les parts respectives du raisonnement et de l'intuition dans trois situations: les exercices de logique, la prise de décision, la résolution de problèmes.

5 – La logique, ou l'art de faire des déductions.

La logique est "*la science ayant pour objet l'étude, surtout **formelle**¹, des normes de la vérité*" mais aussi "*la manière de raisonner, telle qu'elle s'exerce en fait, conformément ou non aux règles de la logique formelle*" (Petit Robert – édition 1992).

La logique formelle "*étudie la forme des opérations de l'entendement sans considérer la matière sur lesquelles elles s'effectuent*" (Le Petit Robert). Les formules mathématiques, algébriques, la géométrie, relèvent de la logique formelle. Elle a été un sujet privilégié d'étude dans l'Antiquité et au Moyen Age avec le raisonnement par syllogisme (syllogistique).

• **Les syllogismes sont des exercices de logique.**

Un syllogisme présente **deux propositions** (appelées *prémisses*) à partir desquelles on **peut déduire, ou ne pas pouvoir déduire, une conclusion**.

¹ Formel est ici employé au sens de *qui concerne la forme, l'ensemble des relations entre des éléments*.

Voici un syllogisme célèbre :

Ses deux prémisses sont

Tous les hommes sont mortels

Socrate est un homme

Sa conclusion par déduction est

Donc Socrate est mortel

Chaque prémisses (proposition) peut être :

- **une affirmation** (l'homme est mortel) **ou une négation** (l'homme n'a pas d'aile),
- **universelle** (les éléphants ont une trompe) **ou particulière** (quelques moutons sont noirs).

Par combinaison de ces deux propriétés il y **quatre** types de prémisses:

- **affirmative universelle** : « tous les hommes sont mortels » ;
- **négation universelle** : « aucun homme n'est immortel » ;
- **affirmation particulière** : « quelques hommes sont peintres » ;
- **négation particulière** : « quelques hommes ne sont pas peintres ».

Des combinaisons de ces 4 types de prémisses permettent de construire 256 formes de syllogismes dont seulement 19 permettent de porter une conclusion (syllogismes concluants).

Les jeux sur les syllogismes sont de deux types :

- on présente des prémisses, et l'exercice est de conclure quand cela est possible (syllogisme concluant), ou d'énoncer l'impossibilité de conclure (syllogisme non concluant)
- on présente les prémisses et une conclusion, et l'exercice est de dire si la conclusion est vraie (syllogisme concluant) ou fausse (syllogisme non concluant).

Les syllogismes ont été utilisés au Moyen Age pour former au raisonnement déductif rigoureux. Seul un long entraînement permet d'être performant dans l'analyse des syllogismes. Qui désire en savoir un peu plus sur les syllogismes et ne répugne pas à une "prise de tête", peut se reporter à l'annexe 2.

♦ **L'instruction *Si... alors...***

Dans un raisonnement l'instruction *Si... alors...* est souvent apparente, surtout depuis l'émergence de l'intelligence artificielle (c'est le *if... then...* des programmes informatiques). Dans d'autres situations elle est implicite.

Dans un syllogisme l'instruction *Si... alors* est implicite et on pourrait reformuler ainsi ce syllogisme précédent

- *Si* Tous les hommes sont mortels,
- *Et si* Socrate est un homme,
- *Alors* (se substituant à donc) Socrate est mortel.

♦ **Les études de psychologie cognitive sur des sujets confrontés à des syllogismes**

En psychologie cognitive la **logique** est un sujet d'étude au sens de *"la manière de raisonner, telle qu'elle s'exerce en fait, conformément ou non aux règles de la logique formelle"*.

Des études ont montré que des sujets non entraînés auxquels on présente des prémisses de syllogismes **non concluants** donnent une conclusion dans 56 % à 93 % des cas selon la difficulté du syllogisme, au lieu de répondre *"impossible de conclure"*.

Les erreurs des sujets ne sont pas aléatoires, mais ont pour causes, soit qu'ils sont influencés par des assertions positives, soit qu'ils reformulent inconsciemment des propositions par référence à leur réseau conceptuel.

Des exercices de logique, au même titre qu'autrefois les syllogismes, sont utilisés soit dans de multiples études de psychologie cognitive sur la mémoire et l'intelligence, soit à titre de divertissements dans de nombreux journaux et ouvrages spécialisés. Ils peuvent être purement intellectuels, nécessiter le maniement d'outils (géométrie, algèbre) soit le maniement d'images mentales (le puzzle en est l'avatar le plus banal). La réussite de ces exercices nécessite des connaissances particulières ou un sérieux entraînement.

Lorsqu'il s'agit de "tests d'intelligence" on ne peut qu'adhérer à la boutade de BINET définissant l'intelligence comme "*ce que mesurent les tests*". On peut concevoir une multitude de tests d'intelligence ; les uns sont les exercices formels qu'on trouve dans les revues "entraînant aux tests" (il suffit d'acquérir l'ambiance et l'entraînement de ces tests pour les réussir), les autres touchent à des domaines spécialisés faisant appel à des connaissances spécifiques.

On doit retenir de cet ensemble

- que la plupart des exercices de logiques utilisés dans les tests :
 - sont artificiels, en dehors de la vraie vie,
 - reposent sur des connaissances, certaines dites générales car sensées être connues de tous, soit spécialisées, sémantiques, mathématiques, géométriques, algébriques etc.
- que la performance augmente avec l'entraînement,
- que l'intuition se substituant à une démarche rigoureuse de déduction conduit souvent à des réponses erronées.

6 - Les processus de décision

Il est nécessaire de préciser les rapports entre *la décision* et la *résolution de problème*.

- après que les données d'un problème aient été analysées, il y a souvent différentes façons de le résoudre et, si on en a conscience, il y a un moment où il faut faire un choix, c'est-à-dire prendre une décision,
- il y a des situations qui ne sont pas problématiques car d'emblée on connaît les différentes solutions possibles, encore faut-il en choisir une, donc prendre une décision.

♦ 6.1 - La notion de *processus de décision* résulte d'une évolution dans la compréhension des modalités possibles de réponses *R* à un stimulus *S*

On a vu qu'un stimulus peut provoquer un seul type de réponse, automatique.

Si *S* alors *faire R*

Dans un tel cas il n'y a pas de processus de décision. Le type en est le réflexe: *mon doigt s'égare sur une plaque brûlante, je le retire instantanément.*

Dans d'autres cas plusieurs réponses sont possibles car un processus de décision s'intercale entre le stimulus et un choix de différentes réponses, obligatoire, conseillée ou permise.

- réponse obligatoire: si *S* alors *faire obligatoirement R*
(même quand le choix est imposé, il est possible de ne pas répondre mais on peut s'exposer à des conséquences fâcheuses)
- réponse permise: Si *S* alors *il est permis de faire R* (c'est un choix possible)
- réponse conseillée: Si *S* alors *il est judicieux de faire R* (c'est un choix possible)

Les réponses au choix nécessitent d'anticiper sur les conséquences possibles de chacun d'eux : il y a un *processus de décision*.

Tout processus de décision passe par 2 phases

- une **phase pré-décisionnelle** : identifier les variables à prendre en considération
- la **phase décisionnelle** : faire le meilleur choix.

On distingue deux situations de prise de décision :

- celle où on dispose de données certaines, **la décision est dite sans risque**,
- celle où les données sont incertaines ou incomplètes, ce qui entraîne une incertitude qui constitue le risque: **la décision est dite sous risque**,

♦ 6.2 - La décision sans risque (on pourrait dire "sans se prendre la tête")

Exemple : lors d'un séminaire vous avez la possibilité de faire une pause en cours de matinée et une en cours d'après-midi. Que choisir comme boisson parmi l'eau, le café, ou le jus d'orange?

Au même titre que le Bourgeois Gentilhomme découvrant qu'il parlait en prose, il est grand temps que vous sachiez comment vous vous décidez

On appelle :

- **partis** ce qui fait l'objet des choix (café, jus d'orange, eau)
- **contextes** les situations de choix (matin et l'après-midi)
- **utilités** les expressions de vos préférences (subjectives et personnelles) pour chaque parti dans chaque contexte, chiffrées sur une échelle de 0 à 1 (0 on n'a pas envie de cette boisson) (1 pour la partie qui serait la seule à vous tenter).

Contextes			
Partis	Matin	Après Midi	Utilités
	1	0,2	
	0,4	0,8	
	0	0,4	

Les **données sur les partis et les contextes** étant **certaines** on est dans un processus de décision sans risque.

Ainsi la phase pré-décisionnelle:

- identifie l'éventail des **partis**: café, jus d'orange, eau
- identifie les **variables contextuelles** susceptibles d'influencer les conséquences du choix de chacun des partis: matin et après-midi
- estime arbitrairement les **utilités** à affecter aux partis dans les divers contextes

Dans cet exemple la décision est simple: le choix se porte sur le parti ayant la plus grande **utilité** dans chaque contexte: par exemple café le matin et jus d'orange l'après-midi.

Le choix peut être plus complexe lorsqu'il faut tenir compte de plusieurs critères.

Avant d'acquérir une voiture, on hiérarchise différents critères (prix, nombre de places, nombre de portes, volume du coffre, puissance du moteur, consommation, confort, "look", usage envisagé). Le choix est un compromis et il n'y a pas de surprise.

Dans une situation de décision sans risque le choix du meilleur parti se fait avec certitude, il n'y a rien à perdre.

Quelles sont les parts d'intuition et de déduction ? Dans ces deux exemples les deux interviennent ; le choix d'une boisson à la pause est plutôt spontané, donc intuitif, en revanche choisir une voiture nécessite de raisonner sur divers paramètres, donc de déduire une décision, mais sans incertitude.

♦ 6.3 - La décision sous risque

Ici décider est plus difficile car **il y a une incertitude** sur les contextes qui sont exprimés en probabilités (énoncées en terme de pourcentages ou par une valeur entre 0 et 1).

Deux exemples permettent de montrer qu'à nouveau on peut décider par intuition ou par raisonnement ou en d'autres termes faire intervenir les probabilités estimées ou les probabilités calculées

- Un exemple où les probabilités du contexte sont régulièrement estimées de façon subjective.

Pour vous rendre à votre lieu de travail qui, par chance dans cet exemple, est près de votre domicile, vous pouvez aller à pied ou prendre votre voiture.

Ce jour un paramètre nouveau apparaît: de gros nuages sombres laissent prévoir la survenue d'un orage. C'est le moment de partir et vous devez faire un choix: aller à pied en emportant le parapluie pour vous protéger s'il pleut, ou prendre la voiture et subir les embouteillages ?

Le choix est évidemment spontané, intuitif, dans la vie courante.

Mais il pourrait être calculé (déduit) en deux étapes :

- d'abord fixer arbitrairement
 - le taux de probabilité pour que l'orage éclate pendant votre trajet (c'est là l'incertitude du contexte),
 - les utilités (aller agréablement à pied s'il ne pleut pas, aller à pied et subir l'orage, prendre la voiture et subir les embouteillages alors qu'il ne pleut pas encore, prendre la voiture et apprécier d'être tranquillement à l'abri en cas de pluie malgré les embouteillages),
- ensuite modéliser la situation.

Pour les curieux l'exercice est développé en annexe 3.

Simple jeu anodin à propos de cet exemple, **la modélisation** est un puissant outil qui a été poussé à son maximum dans les simulateurs et les jeux.

- Un exemple où la probabilité de survenue d'un évènement peut être estimée de façon subjective ou faire l'objet d'un calcul de probabilités rationalisant la prise de risque.

Les études de psychologie cognitive montrent que la prise de décision en situation d'incertitude fait le plus souvent intervenir une estimation subjective erronée des probabilités.

L'expérience de COHEN (1972) en est une belle démonstration.

Dans cette expérience on présente à des sujets plusieurs meubles avec étagères, chacune contenant plusieurs boîtes.

5 étagères de 4 boîtes

4 étagères de 3 boîtes

3 étagères de 4 boîtes

Plusieurs compositions sont étudiées, d'au maximum 25 boîtes (soit 5 rangées de 5 boîtes). Les nombres d'étagères et de boîtes diffèrent d'un meuble à l'autre mais **sur chaque étagère 1 seule boîte renferme 1 billet (par exemple 10 €).**

Les règles du jeu sont les suivantes

- on joue en n'ouvrant qu'une boîte par étagère et en prenant le billet s'il s'y trouve.
- pour gagner il faut avoir ouvert dans chacune des étagères la boîte contenant le billet.

La question est: avec quel meuble a-t-on le plus de chances de gagner ?

Réponse en annexe 4

L'expérience montre que les sujets estiment correctement les probabilités liées au nombre de boîtes par étagère, mais sous-estiment les probabilités en rapport avec le nombre d'étagères.

♦ **D'autres études ont montré que la prise de décision en situation d'incertitude fait le plus souvent intervenir une estimation subjective erronée des probabilités.**

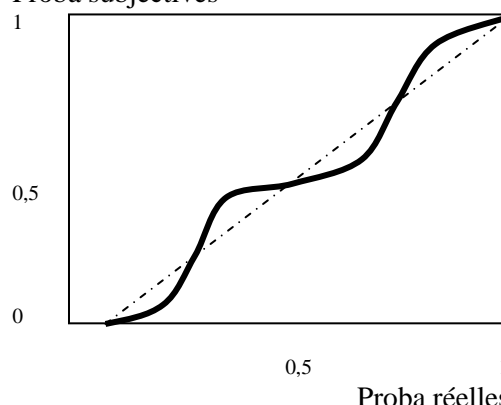
Regardez 5 secondes ce tableau et donner une estimation de la proportion de signes x

+	X	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	X	+	+	+	X	+	+	+
+	+	X	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	X	+	+	+	X	+	+
+	X	+	+	+	+	+	+	+	+	X	+
+	+	+	+	+	+	X	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	X	+	+	+	X	+
+	+	+	+	+	+	X	+	+	+	+	+

Les résultats donnés comportent des distorsions par rapport aux fréquences réelles ; le graphique montre que :

- le point central de l'échelle est relativement bien évalué (0,5),
- les probabilités extrêmes sont assimilées à 0 ou 1
- les probabilités réelles intermédiaires "témoignent d'une tendance centrale de jugement".

Proba subjectives



L'expérience de Winterfeldt et Edwards (1986) demande dans un groupe de personnes d'estimer la probabilité que deux d'entre elles aient la même date d'anniversaire (jour et mois).

Alors que le calcul montre que la probabilité de cette éventualité atteint 50 % dans un groupe de 23 personnes (12 % pour 10, 25 % pour 15), la plupart des sujets sous-estiment fortement cette probabilité (certains au point de la considérer comme nulle).

Le détail du calcul est donné en annexe 5.

Toutes ces expériences démontrent que les probabilités subjectives des individus ont des écarts plus ou moins importants avec les probabilités calculées.

Il a été montré que ces écarts sont d'autant plus grands que les exercices demandés sont artificiels, sans rapport avec la "vraie vie".

Le corollaire est que pour raisonner sur un sujet il faut avoir les connaissances lui ayant trait.

Les connaissances thésaurisées dans notre mémoire sont régulièrement confrontées à de nouvelles données qui vont nous faire acquérir de nouvelles connaissances et remodeler nos idées.

Ceux qui aiment les défis peuvent se pencher sur **le paradoxe de Saint-Petersbourg (dû à Bernoulli au 18^e)** dont on trouve plusieurs présentations sur le web.

Pour en terminer avec les processus de décisions signalons qu'on distingue 3 groupes de théories de la décision:

- **les théories mathématiques** qui s'intéressent à l'ensemble des stratégies possibles
- **les théories normatives** qui s'intéressent à la meilleure stratégie dans des conditions données
- **les théories descriptives** qui s'intéressent à la façon dont les décisions sont prises dans la réalité et pourquoi elles peuvent être inadéquates, voire déraisonnables : **il s'agit plus des théories des décideurs que de celles de la décision**. Un dossier du Monde de l'Economie du 15 janvier 2008 aborde ce thème sous le titre *Neuroéconomie: les émotions dictent-elles nos décisions*, et signale que le nombre de publications qui lui sont consacrées est passé de 0 en 1992 à 480 en 2000 pour atteindre 1400 en 2006.

7 – Les problèmes et les raisonnements permettant de les résoudre.

7.1 – Problème: définition

"Difficulté qu'il faut résoudre pour obtenir un certain résultat" (Le Petit Robert)

Allen NEWELL et Herbert SIMON, auteurs travaillant sur l'intelligence artificielle, ont défini le problème comme *"Toute situation pour laquelle on souhaite passer de l'état présent à un état différent sans que la solution s'impose à l'esprit"* (Human problem solving - 1972),

Ils ont introduit la notion **d'espace de problème** qui a 3 composantes :

- un **état initial** dont les données sont utilisées pour construire une **représentation du problème**,
- **l'état final attendu**,
- **l'algorithme** (ensemble des opérateurs disponibles) qui définit les mouvements licites pour passer de l'un à l'autre en passant par des états intermédiaires.

Une situation est perçue comme posant ou non un problème en fonction du degré de familiarité² qu'on peut avoir avec l'état initial et l'état final attendu.

- lorsqu'on a été rarement ou jamais confronté à une situation, on ignore souvent comment la résoudre: ***il faut étudier le problème***, c'est-à-dire l'analyser et chercher les moyens de le résoudre ;
- si on est familier de l'état initial et de l'état final, on sait comment on doit procéder pour résoudre la situation, ***il n'y a pas de problème*** (mais la difficulté peut être celle de disposer des moyens).

La difficulté n'est donc pas seulement liée au fait qu'une situation pose ou non un problème. Les moyens permettant de résoudre une situation *sans problème* peuvent être complexes, et, en revanche, ceux pour résoudre une situation *posant un problème* être aisés à partir du moment où on a bien analysé le problème.

² On pourrait aussi bien écrire du niveau des connaissances ayant trait à la situation.

7.2 – Problèmes structurés et problèmes non structurés

On oppose les problèmes bien définis (ou structurés) aux problèmes mal définis (ou non structurés).

⇒ Les problèmes bien définis (structurés)

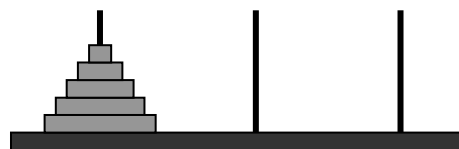
Toutes les données (l'état initial) sont connues d'emblée, les règles précises et claires, une suite d'opérations conduit avec certitude à une seule solution possible (l'état final). Ces problèmes sont modélisables.

De nombreux exercices de logique (dont les syllogismes) sont des problèmes bien définis avec un espace de problème linéaire, c'est-à-dire dont l'algorithme présente un choix réduit de chemins.

Deux exercices célèbres par *La tour de Hanoï* et *Les missionnaires et les cannibales* (cités par EYSENCK et KEANE), le jeu d'échec constituent des problèmes bien définis.

- La tour de Hanoï : Edouard Lucas (1842-1891)

Des anneaux sont superposés en pyramide sur un piquet. Le jeu consiste à transférer les anneaux du piquet de gauche (état initial) à celui de droite (état final) avec pour règles de déplacer un seul anneau à la fois et qu'au cours des opérations tout anneau doit reposer sur un anneau plus grand.



- Les missionnaires et les cannibales³

Voyageant ensemble trois missionnaires et trois cannibales doivent traverser une rivière, donc passer d'une berge à l'autre (états initial et final) ; la pirogue ne contient que 2 personnes (1^{ère} règle) et la sécurité des missionnaires impose que sur chaque berge il ne puisse y avoir à aucun moment plus de cannibales que de missionnaires (2^{ème} règle).

Ces deux situations sont des exercices pour l'enseignement de la modélisation. Dans les références vous trouverez les sites où il est possible de voir la solution de ces jeux.

- Le jeu d'échecs est l'exemple le plus analysé de problème bien défini.

En début de partie les joueurs sont à égalité (état initial), à la fin de la partie l'un est gagnant, l'autre perdant (état final). Les règles de déplacement des pièces sont précises mais contrairement aux jeux précédents "il y a une **explosion combinatoire**" en effet "l'espace de problèmes présente une multiplicité de chemins susceptibles de mener de l'état initial à l'état final, et ces chemins peuvent être inégalement longs et donc inégalement coûteux. Il existe, le plus souvent, un chemin plus court que les autres, qui représentera la solution optimale" (COSTERMANS).

La modélisation des parties d'échecs fait partie des succès de l'intelligence artificielle depuis les programmes de jeux d'échecs électroniques où on s'entraîne en jouant contre la machine, jusqu'à ceux de haut niveau (Deep Blue) auxquels se confrontent les grands champions d'échecs.

• **Dans la vie réelle** certains problèmes sont d'autant mieux définis qu'on prend en compte peu de données: changer de voiture, se préparer à une compétition sportive, ou banalement rechercher le meilleur mode de circulation et le meilleur chemin pour aller d'un point à l'autre en tenant compte de son confort, du temps et de la circulation,.

³ N'ayant pas réussi à trouver l'auteur de ce jeu de logique je saurais gré à qui me le communiquera.

⇒ Les problèmes mal définis (mal structurés)

- les données ne sont pas toutes connues d'emblée, de nouvelles étant introduites dans le cours du traitement du problème,
- les règles peuvent changer,
- il peut y avoir différentes façons d'arriver à la solution (solution au sens de résultat), *"une suite d'opérations cognitives ne garantit pas la solution mais l'expérience apprend qu'elle a une probabilité supérieure au hasard d'y parvenir"* (J. COSTERMANS). Cette citation de COSTERMANS laisse entendre qu'il y a des problèmes sans solution, ou dont la solution n'a pas été trouvée.

De tels problèmes sont difficilement modélisables.

La quasi-totalité des problèmes de la vie réelle entrent dans cette catégorie qu'ils soient propres à un individu (réussir un examen, passer des vacances agréables, gagner une élection) où à la société (l'effet de serre, la faim, l'illettrisme).

7.3 – Les étapes de la résolution de problème

Alan H SCHENFELD (Mathematical Thinking and Problem Solving - 1989) a conceptualisé la résolution de problème en 6 étapes

- | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> - lecture du problème - analyse du problème - étude des solutions - choix d'une solution et planification d'une ou plusieurs stratégies de résolution - application de la ou des solutions - évaluation |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Le raisonnement clinique peut être considéré comme comportant trois étapes, le diagnostic⁴, le traitement, le pronostic.

L'étape diagnostique repose sur l'interrogatoire, l'examen clinique et dans un certain nombre de cas sur le recours à des examens complémentaires: elle correspond aux étapes *lecture du problème* et *analyse du problème* de Schoenfeld.

L'étape thérapeutique intègre *l'étude des solutions, choix d'une solution et planification d'une ou plusieurs stratégies de résolution, application de la ou des solutions*.

L'étape du pronostic peut être assimilée à une anticipation sur l'évaluation

7.4 – Les modes de raisonnement pour résoudre les problèmes

Trois modes de raisonnement vont être présentés, le raisonnement par déduction, le raisonnement analogique, l'irruption "spontanée" de la solution (insight).

7.4.1 - Le raisonnement hypothético-déductif: succession du raisonnement analogique (ou raisonnement par cas) et du raisonnement par déduction.

Le **raisonnement hypothético-déductif** est la combinaison de deux processus de raisonnement, d'abord le rappel en mémoire de travail de situations (ou raisonnement par cas) qui ont une analogie avec le problème à résoudre, ensuite la déduction de réflexions comparant le problème avec les situations évoquées

⁴ Dans l'étape diagnostique il convient actuellement de distinguer dans l'enseignement l'étape clinique (interrogatoire et examen clinique) de celles des investigations compte tenu des coûts humains et financiers possibles des examens complémentaires.

Pour mieux appréhender les raisonnements utilisés il est intéressant de partir de quelques problèmes et de réfléchir sur la façon dont ils sont résolus par des novices (jamais confrontés avant au problème proposé) et par des experts (familiers de problèmes du même ordre).

♦ **Tour de Hanoï et Missionnaires et cannibales**

Les trois façons de résoudre les problèmes de ces jeux sont :

- de procéder par essais et erreurs : cela prend du temps et peut ne pas aboutir (novices),
- par raisonnement en anticipant les coups, méthode qui permet de trouver à coup sûr la solution (habitués des problèmes de façon générale),
- par une bonne connaissance du mécanisme du jeu permettant d'aller très vite (experts).

Bien connaître ces jeux permet de résoudre aisément par **analogie** des situations (des jeux) proches.

♦ **Etude chez les joueurs d'échecs (De Groote en 1946 – puis Newell et Simon 1970)**

Des études comparant les raisonnements des grands maîtres, des bons joueurs et des novices ont montré que la force des champions d'échecs est d'avoir mémorisé de nombreuses parties et de pouvoir, soit reconnaître dans la partie qu'ils jouent une situation identique, soit amener leur adversaire dans une situation qu'ils connaissent (ils se comportent comme les stratèges militaires qui conduisent des batailles en amenant l'adversaire sur un terrain connu).

	Champions	Novices
Représentation d'une partie	Ils appréhendent des ensembles de pièces, et en plus grand nombre que les novices ou les bons joueurs	Ils appréhendent moins d'ensemble
Anticipation	Plusieurs choix de coups	Peu de coups au choix
Reconstitution sur un échiquier de la disposition des pièces après observation de quelques secondes		
Pièces disposées au hasard	Pas de différence entre les champions et les novices	
Pièces dont la disposition correspond à une partie réelle	Les champions mémorisent mieux que les bons joueurs ou les novices (ils s'en sont fait une représentation plus complète en lui donnant plus de sens)	

♦ **Les informaticiens de Thomas Barfield (1986)**

L'expérience consiste à présenter 25 lignes de programme informatique sous trois modalités: lignes disposées au hasard, groupes cohérents de lignes mais disposés au hasard, programme correctement écrit (exécutable).

Les performances d'experts et de bons amateurs ne sont que légèrement supérieures à celles des novices pour les lignes et groupes de lignes disposés au hasard. En revanche les experts ont des performances supérieures à celles des bons amateurs et très supérieures à celles des novices pour les programmes exécutables qu'ils ont reconnus.

♦ **Les radiologues de Myles-Worsley (1988)**

On montre d'abord à 4 groupes de radiologues de niveaux différents d'expertise une 1^{ère} série de radios normales et anormales. Ensuite on mélange cette 1^{ère} série à une autre, elle aussi contenant des radios normales et d'autres anormales et on demande aux radiologues de reconnaître celles qui ont été montrées dans la 1^{ère} série

Les experts reconnaissent bien les radios anormales de la 1^{ère} série auxquelles ils ont porté attention, mais n'identifient pas les radios normales qu'ils ont négligées. En revanche les autres reconnaissent plus ou moins bien des clichés normaux ou avec des anomalies.

♦ **Etude de James F Voss, S W Tyler comparant les approches de 4 groupes de sujets travaillant sur la problématique de la productivité agricole en URSS (1983) :**

- **les experts** analysent longuement le problème et ses sous-problèmes, prennent en compte le contexte, puis présentent des solutions, d'abord abstraites, puis concrètes ;
- **les novices** (par manque de connaissance) **et les post novices** (par manque de transferts) analysent plus sommairement, ne hiérarchisent pas, ne voient pas de sous-problèmes, ne distinguent pas les causes des solutions, proposent des solutions qu'ils ne regroupent pas autour de sous-problèmes particuliers ;
- **des spécialistes d'autres domaines** se comportent les uns comme des novices, d'autres comme les experts. En particulier un étudiant connaissant bien les problèmes agricoles d'Amérique latine a raisonné comme un expert, mais **par analogie**.

♦ **Des constats identiques ont été faits par Larkin avec des problèmes de mécanique, par Chi, Glaser, Rees (1982) avec des problèmes de physique.**

On parle de raisonnement hypothético-déductif car il y a d'abord une évocation de situations connues, une *reconnaissance d'analogies* entre elles et la situation problématique à laquelle on est confronté, ce qui permet de faire des hypothèses. Ensuite un raisonnement par *déductions* confronte ces hypothèses au problème posé, certaines sont écartées, d'autres retenues.

Les joueurs d'échecs reconnaissent dans une partie en cours les caractères d'une situation connue et en déduisent les coups suivants, les informaticiens chevronnés reconnaissent et mémorisent un programme structuré et son rôle, les radiologues distinguent dans une série de radios celles montrant des anomalies et sont ensuite capables de les identifier parmi d'autres, les économistes analysent des problèmes, les rapprochent de situations connues et vont proposer des solutions appropriées.

"Pour résoudre adéquatement un problème, la personne doit nécessairement avoir dans sa mémoire à long terme les connaissances nécessaires pour traiter d'une façon significative les données du problème soumis" (TARDIF).

La connaissance de ces notions a débouché il y a une quinzaine d'années sur des développements d'intelligence artificielle utilisant le **raisonnement par cas** ou **Case Based Reasoning (CBR)**.

L'étude de cas est une technique d'enseignement très utilisée dans divers domaines (le droit, l'économie, le marketing... sans compter les grandes manœuvres, nos *war games*, les exercices de sécurité).

7.4.3 – Les outils du raisonnement par déduction

Il existe de nombreux outils de formation à la logique, les uns sont généraux, les autres spécifiques à des disciplines.

La rédaction de textes, le discours, sont les premiers exercices de logique lorsqu'on veille à l'agencement des idées, à la pertinence de leurs enchaînements.

Mathématiques, algèbre, géométrie, enseignées dans les conditions les plus concrètes et ludiques possibles donnent une "gymnastique" intellectuelle.

Plus tard le calcul des probabilités, les statistiques, la modélisation, conduisent à mieux cerner l'incertitude.

Les techniques méthodologiques sont les armatures de raisonnements et conduites logiques, qu'il s'agisse de planifier, de conduire des expériences, des investigations, d'observer des protocoles, de rédiger des rapports, des articles.

7.4.3 – Trouver tout d'un coup la solution d'un problème (l'insight).

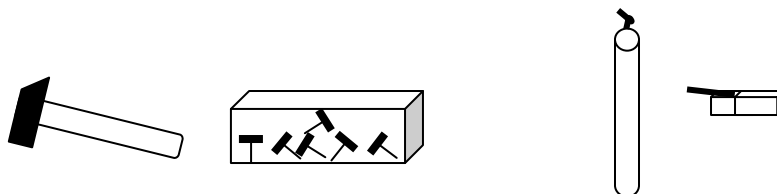
La notion d'insight fait partie des apports de la Gestalt. Dans **l'insight** la solution d'un problème paraît avoir été trouvée d'un seul coup, il a été considéré qu'il y avait un "apprentissage brusque", terme mettant en avant la différence avec "l'apprentissage progressif".

♦ Etudes de Wolfgang Köhler chez le singe

Dans une série d'études, des singes trouvaient brutalement le moyen d'attraper une banane hors de portée.

Dans une situation les singes étaient enfermés dans une cage à barreaux et la banane se trouvait à l'extérieur ; l'outil qu'ils devaient concevoir était d'emmancher deux tiges de bambou (système de la canne à pêche) pour arriver à atteindre le fruit. Dans une autre ils étaient dans une salle où une banane suspendue par une ficelle au plafond était inaccessible à bout de bras ; pour l'atteindre ils devaient superposer deux caisses et monter sur cet échafaudage improvisé.

♦ Karl Duncker (1945)

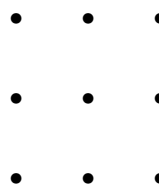


Une boîte de clous, une bougie, une boîte d'allumettes et un marteau

Mission : fixer la bougie allumée au mur de la pièce. A vous... (solution en annexe)

♦ Scheerer et les 9 points (1963) :

Le problème consiste à relier 9 points par 4 lignes droites sans lever la main. A vous... (solution en annexe).



Il apparaît que chaque sujet se construit **une représentation du problème** qui lui est propre ; *"le sujet ne répond pas au problème tel qu'il est objectivement posé, mais tel qu'il se le représente"*.

Karl Duncker oppose la **fixité fonctionnelle** qui empêche de trouver la solution à la **plasticité fonctionnelle** de l'insight qui permet une "redéfinition fonctionnelle" ou une "restructuration fonctionnelle" qui caractérise.

En fait l'insight semble être l'émergence soudaine d'une solution face à un problème mettant en jeu des mécanismes en partie inconscients de raisonnement.

8 – Qualités des connaissances utilisées pour résoudre les problèmes

Les connaissances ont des origines diverses étant :

- soit tirées de l'expérience, de l'observation, ou empiriques,
- soit tirées de l'expérimentation,
- soit révélées.

• Connaissances empiriques

L'observation de faits, *l'expérience* au sens de *pratique que l'on a eue de quelque chose, considérée comme un enseignement* (Le Petit Robert), sont à l'origine de connaissances.

La valeur de ces connaissances dépend de la qualité des observations et des interprétations qui en sont tirées.

On oppose:

- **les observations minutieuses**, faites avec les outils adéquats, contrôlées, répétées, **aux observations hâtives**, désordonnées, parcellaires ;
- **les interprétations (ou déductions) prudentes, considérées comme des hypothèses provisoires**, soumises à critiques, **aux interprétations dogmatiques**.

Le raisonnement empirique utilise des connaissances tirées de *l'expérience*. De l'observation de faits particuliers on **induit des conclusions**. C'est à tort que les connaissances empiriques sont souvent considérées comme irrationnelles.

• Connaissances tirées de l'expérimentation

L'expérimentation crée une situation dont les paramètres sont maîtrisés par l'expérimentateur. Ceci rend l'expérience parfaitement observable, quantifiable et reproductible.

Le raisonnement expérimental :

- part d'une hypothèse,
- crée une situation permettant de tester si l'hypothèse est juste ou fausse,
- tire une conclusion qui peut être une nouvelle hypothèse
- et ainsi de suite.

Claude BERNARD a fixé les grandes règles de l'expérimentation en médecine dans *L'introduction à la médecine expérimentale*.

• Connaissances révélées

Toutes les religions, les idéologies (au sens de *Ensemble des idées, des croyances et des doctrines propres à une époque, à une société, ou à une classe* - Le Petit Robert) en général s'appuient sur des connaissances qui sont considérées avoir été révélées par un dieu, différentes divinités ou personnalités réelles ou mythiques inspirées.

• Les connaissances scientifiques et les croyances.

La principale caractéristique d'un énoncé, ou d'une théorie scientifique, est sa **réfutabilité** (Karl POPPER). M. CUCHERAT l'exprime en ces termes: "*possibilité de soumettre l'énoncé (la théorie) à une épreuve logique de déduction qui, lorsque les conséquences attendues de l'énoncé (de la théorie) sont infirmées, permet de conclure formellement à la fausseté de l'énoncé (la théorie), c'est-à-dire de la réfuter*".

On ne peut jamais prouver qu'une théorie scientifique est vraie, mais on peut démontrer sa fausseté. La non réfutation d'une théorie ne fait que la corroborer, sans la prouver. En corollaire les dogmes, vérités absolues non réfutables, ne relèvent pas de la science au sens que lui donne Karl POPPER.

La science se forge à partir de toutes les connaissances réfutables tirées de l'expérimentation et de l'observation. **Le raisonnement scientifique est celui qui traite ce type de connaissances**. Il est lui-même réfutable.

Les croyances reposent sur des connaissances établies sur des observations érigées en dogmes, et, dans le cas des religions, sur des connaissances considérées irréfutables car censées révélées par des divinités.

La croyance en la science est reconnaître pour vrai, adhérer, et très souvent bénéficier des acquis scientifiques sans avoir nécessairement les connaissances pour en comprendre les mécanismes. Mais la croyance en la science implique de rester ouvert à ses évolutions, à la remise en question des conditions d'observation des faits, spontanés ou expérimentaux, des interprétations, des théories. Il faut beaucoup se méfier des théories érigées en dogmes.

La science est proche d'une définition de la modernité donnée Ahmed DJEBBAR (mathématicien et historien à l'université de Lille) : *la tolérance, la convivialité, des relations interculturelles grâce à la science et à travers la science, la science pratiquée de façon séculière, l'audace et le doute des savants, des débats scientifiques d'où sont exclus les débats idéologiques religieux ou interculturels de non scientifiques.*

9 – Le raisonnement clinique

Dans le chapitre sur le raisonnement clinique nous verrons que les études menées vers les années 1980, dans l'ensemble des travaux sur la résolution de problèmes et l'intelligence artificielle ont montré la complexité du raisonnement clinique.

Dans l'étape diagnostique il a pour point de départ la confrontation des faits aux représentations mentales issues de connaissances multiples, empiriques relevant de l'expérience et de croyance, scientifiques issues de la formation académique. **Il s'agit d'un raisonnement analogique produisant des hypothèses.**

Ensuite ces hypothèses sont testées par l'interrogatoire, l'examen clinique, les investigations, qui confirment les unes et écartent les autres. **C'est une étape de raisonnement déductif.**

Le choix d'un traitement est déduit de la connaissance du diagnostic et de divers paramètres tenant au patient, au diagnostic, aux connaissances des traitements : **il y a prise de décision.**

Le pronostic repose sur des hypothèses, et à nouveau interfèrent des connaissances empiriques et scientifiques.

Conclusion

Ce chapitre sur les opérations cognitives apporte aux enseignants les arguments qui justifient que l'enseignement doit:

- contribuer à la formation des réseaux conceptuels des étudiants qui seront les supports de leurs représentations mentales,
- transmettre des représentations mentales conceptuelles, visuelles, auditives, olfactives et gustatives (les *nez* dans l'industrie du parfum, les dégustateurs), tactiles, kinesthésiques (les exercices en apesanteur des astronautes),
- entraîner par des études de cas à la maîtrise du raisonnement hypothético-déductif qui associe
 - le raisonnement analogique, incontournable point de départ de tout raisonnement (ne pas reconnaître expose à l'errance et mène le plus souvent à l'impasse), mais dont on doit connaître le manque de souplesse et les risques si on ne le soumet pas au doute,
 - le raisonnement qui procède par déduction ;
- donner les outils de la réflexion, depuis l'apprentissage de la rédaction à celle des statistiques.

Références

Les références essentielles qui ont permis la rédaction de ce texte sont

- Jean Costermans: Les activités cognitives : raisonnement, décision et résolution de problèmes (De Boeck et Larcier, Paris Bruxelles 1998)
- Claudette Fortin, Robert Rousseau: Psychologie cognitive. Une approche du traitement de l'information - Presses de l'université du Québec
- Tardif J: Pour un enseignement stratégique. L'apport de la psychologie cognitive. Montréal. Ed Logiques, 1997
- Cadet B: Psychologie cognitive. Paris : In Press éditions, 1998
- Cucherat M: La recherche clinique est-elle une démarche scientifique ? Karl Popper et la recherche clinique. La Revue du Praticien: 2000; 50: 1286-1290.

D'autres revues et articles permettent d'aller plus avant pour éprouver la curiosité.

Illusions d'optiques

Deux sites consultés le 13 février 08 offrent un large éventail d'illusions d'optiques accompagnées de commentaires.

<http://ophtasurf.free.fr/illusion.htm>

<http://illusions.5sens.fr/#>

Un numéro de la revue **Dossier pour la Sciences** (dossier hors série avril-juin 2003)

Est consacré aux *Illusions des sens* ; il présente des articles sur les illusions visuelles, sonores, tactiles, gustatives et olfactives

La logique les syllogismes

Un numéro de la revue **Dossier pour la Sciences** (dossier octobre/décembre 2005), présente sous le titre générale *Les chemins de la Logique* une série d'articles sur les ayant trait à la logique et au raisonnement en général.

Tour de Hanoï

Jouer et/ou avoir la solution (consulté le 13 février 08)

<http://www.crocodilus.org/jeux/tours/hanoi.htm>

Lire la légende sur Wikipédia

Missionnaires et cannibales)

La solution à ce problème est donnée sur (consulté le 13 février 08)

http://www.irit.fr/~Philippe.Muller/Cours/RO_si/trsp_cours_ia.html

Plusieurs jeux similaires sur <http://www.diophante.fr/pages/trajets.htm#I103>

Article de Myles-Worsley

Il est accessible sur le web

MYLES-WORSLEY M. ⁽¹⁾ ; JOHNSTON W. A. ; SIMONS M. A.- The influence of expertise on X-ray image processing Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition J. exper. psychol., Learn., mem., cogn.) ISSN 0278-7393

Article de Voss, J. F., Tyler,

Voss, J. F., Tyler, S. W., & Yengo, L. A. (1983b). Individual differences in the solving of social science problems. In R. F. Dillon & R. R. Schmeck (Eds.). *Individual differences in cognition (vol 1)* (pp. 205-232). New York: Academic Press.

Expert–Novice Differences in the Understanding and Explanation of ...Voss, Tyler, et al., 1983) had experts and novices engage in think-aloud protocols. about how they would increase Soviet crop production if they were the ...

www.leaonline.com/doi/abs/10.1207/s15326950dp3901_2

Annexe 1 – L'objet insolite a été trouvé sur le site www.mcq.org/fr/patrimoine/mystere.html

(12 février 08) avec la légende suivante: "*Cet objet en fer forgé, à l'extrémité insolite et d'allure diabolique, était utilisé autrefois par les marchands généraux pour défaire le sucre et la cassonade qui étaient dans des barils de bois et avaient tendance à durcir. Les anglophones appelaient cet instrument un Sugar Devil, expression difficilement traduisible en français. Nous pourrions désigner cet outil comme une tarière ou une vrille à sucre.*"

Annexe 2 – Quelques mots de plus sur les syllogismes

Un syllogisme présente **deux propositions** (appelées **prémisses**) à partir desquelles on **peut déduire, ou ne pas pouvoir déduire, une conclusion**.

Dans le syllogisme célèbre :

Tous les hommes sont mortels

Socrate est un homme

Donc Socrate est mortel

Les deux prémisses (ou propositions) sont *Tous les hommes sont mortels* (prémisse majeure car d'ordre général) et *Socrate est un homme* (prémisse mineure car concernant un cas particulier) ; il est possible de conclure par déduction *Donc Socrate est mortel*.

ARISTOTE est le créateur de ce mode de raisonnement : "*Le syllogisme est un discours dans lequel, certaines choses étant posées, quelque autre chose en résulte nécessairement par cela seul qu'elles sont posées*". (*Organon, Premiers Analytiques*, I, 1).

Toute prémisse comporte un sujet et un prédicat donnant une caractéristique du sujet. Dans *Tous les hommes sont mortels*, le sujet est *hommes*, le prédicat *mortels*.

Un syllogisme se compose de **3 termes** (dans l'exemple ci-dessus *hommes*, *Socrate*, *mortels*) unis 2 à 2 dans les prémisses et la conclusion.

Le terme **moyen** (ici *hommes*) présent dans les deux prémisses (comme sujet de la 1^{ère} et prédicat de la 2^{ème}) fait la médiation entre le terme **majeur** (qui est le prédicat de la conclusion, ici *mortel*) et le terme **mineur** (le sujet de la conclusion, ici *Socrate*).

	<i>Dénomination des "termes"</i>		
	Sujet		Prédicat
Prémisse majeure	Tous les hommes (<i>moyen</i>)	sont	mortels (<i>majeur</i>)
Prémisse mineure	Socrate (<i>mineur</i>)	est	un homme (<i>moyen</i>)
Conclusion	Socrate (<i>mineur</i>)	est	mortel (<i>majeur</i>)

Les prémisses (propositions) sont

- des affirmations ou des négations,
- universelles ou particulières

La scolastique médiévale les a codées A, E, I, O avec comme moyen mnémotechnique les deux mots latins: *affirmo* - j'affirme - et *nego* - je nie,).

A = affirmative universelle : « tous les hommes sont mortels » ;

E = négation universelle : « aucun homme n'est immortel » ;

I = affirmation particulière : « quelques hommes sont peintres » ;

O = négation particulière : « quelques hommes ne sont pas peintres ».

En combinant ces 4 types de propositions il est possible de construire 256 formes de syllogismes dont seulement 19 permettent de porter une conclusion (syllogismes concluants).

Les études sur les syllogismes ont débouché sur des règles de raisonnement telles :

- le moyen terme doit être universel au moins une fois dans les prémisses ;
- on ne peut tirer de conclusion à partir de deux prémisses particulières ;
- on ne peut tirer de conclusion à partir de deux prémisses négatives ;
- deux prémisses affirmatives ne peuvent donner une conclusion négative ;
- la conclusion doit être aussi faible que la prémisse la plus faible.

Quelques syllogismes

Ce qui est rare est cher,
Ce qui est bon marché est rare
Donc ce qui est bon marché est rare

Le jambon fait boire
Or, le boire désaltère
Donc, le jambon désaltère

Tous les chats sont mortels
Or, Socrate est mortel
Donc, Socrate est un chat

Si le soleil est là, c'est le jour
Le soleil est là
Donc C'est le jour

Aucun philosophe n'est prétentieux.
Quelques individus prétentieux n'aiment pas jouer à la roulette.
Conclusion ?

Les pays inexplorés attirent l'imagination.
Quelques pays déjà explorés n'ont pas de dragon.
Conclusion ?

Annexe 3 – Un exemple de *Prise de décision avec risque avec une estimation subjective de la probabilité de survenue d'un évènement*

Pour vous rendre à votre lieu de travail qui, par chance dans cet exemple, est près de votre domicile, vous avez toujours le choix d'aller à pied ou de prendre votre voiture.

Ce jour un paramètre nouveau apparaît: de gros nuages sombres laissent prévoir la survenue d'un orage. C'est le moment de partir et vous devez faire un choix: aller à pied avec le parapluie pour vous protéger s'il pleut, ou prendre la voiture et subir les embouteillages ?

Le choix est évidemment spontané, intuitif, dans la vie courante.

Mais il pourrait être calculé en deux étapes :

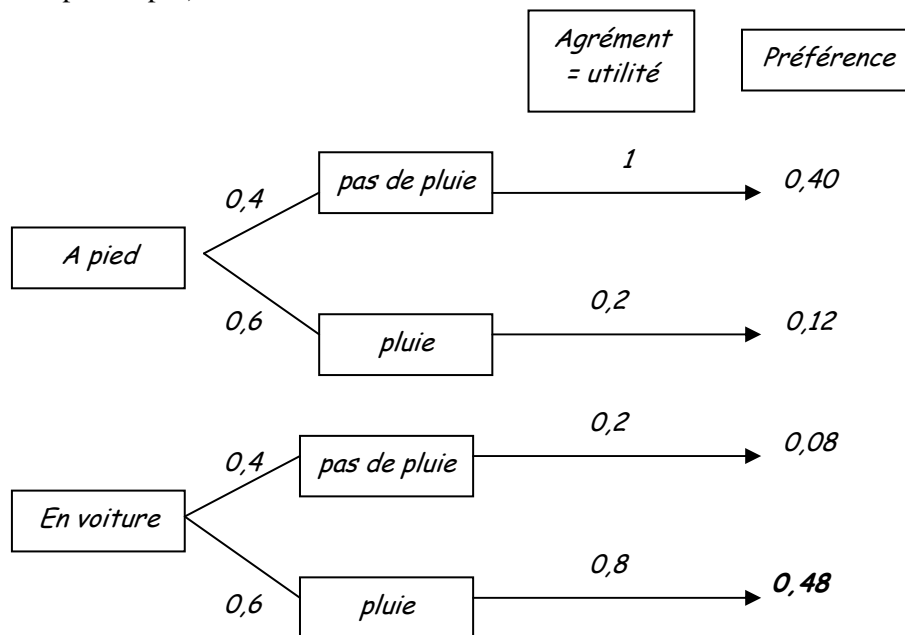
- d'abord fixer arbitrairement

- **le taux de probabilité pour que l'orage éclate** pendant votre trajet (c'est là l'incertitude) ; *Supposons qu'il soit à 60 % (donc 40 % pour qu'il n'éclate pas).*
- **les utilités**
- **S'il ne pleut pas**, le trajet à pied est agréable et ne prend que 15 minutes, on cote son agrément (son utilité) à 1. Aller en voiture prend autant de temps, sinon plus, et fait subir les aléas de la circulation : on cote son agrément à 0,2
- **S'il pleut**, l'agrément du trajet à pied n'est plus coté que 0,2. En revanche, si on est tranquillement à l'abri dans sa voiture, malgré la circulation, l'agrément passe à 0,8.

Voici le tableau des utilités.

	Pas d'orage	orage
Aller à pied	1	0,2
Prendre la voiture	0,2	0,8

- **ensuite modéliser la situation** en fonction de la probabilité qu'il pleuve (et inversement qu'il ne pleuve pas) et de vos utilités.



Le choix donné par le calcul, l'utilité, de partir en voiture est la plus élevée 0,48.

Annexe 4 : Probabilité de gagner tous les billets

Dans chaque étagère il y a un tiroir contenant 10 euros

- Étagère de 5 rangées de 4 boîtes

Probabilité d'ouvrir tous les bons tiroirs: $0,25 \times 0,25 \times 0,25 \times 0,25 \times 0,25 = 0,00097$

soit 1 chance sur 1000 de gagner 50 euros

- Étagère de 4 rangées de 3 boîtes :

Probabilité d'ouvrir tous les bons tiroirs: $0,33 \times 0,33 \times 0,33 \times 0,33 = 0,0118$

soit 1 chance sur 100 de gagner 40 euros

- Étagère de 3 rangées de 4 boîtes :

Probabilité d'ouvrir tous les bons tiroirs: $0,25 \times 0,25 \times 0,25 \times 0,25 = 0,0039$

soit 4 chances sur 1000 de gagner 30 euros

Le paradoxe de Saint-Petersbourg est un bon casse tête pour ceux que ce genre d'exercice titille.

Annexe 5 : Probabilité que 2 personnes d'un groupe aient leur anniversaire à la même date de l'année.

La probabilité mathématique est $(1/n)^m$

- la probabilité que 2 personnes aient la même date : $p(\text{même})$ et $p(\text{diff})$ que 2 personnes n'aient pas la même date

$$p(\text{même}) = 1 - p(\text{diff})$$

- on commence à inscrire la liste des dates

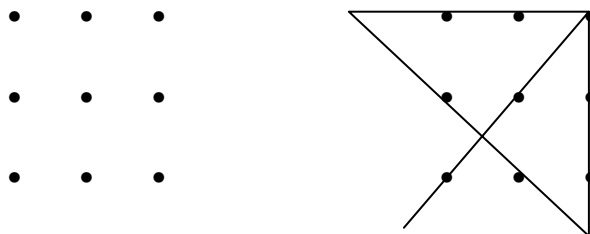
- pour la 1^{ère} personne, la liste est vide, la probabilité qu'elle donne une date qui soit nouvelle est de 1 (365/365)
- pour la 2^{ème} personne la probabilité qu'elle puisse ajouter sa date sur la liste, donc que cette date diffère de celle de la 1^{ère} personne est $1/364 = 0,997$
- pour la 3^{ème} personne $1/363 = 0,994$
- etc jusqu'à la 23^{ème}
- le produit des probabilités différentielles donne 0,49

➔ il y a donc une chance sur deux que parmi 23 personnes deux aient la même date anniversaire de naissance

Annexe 6 - Clouer la bougie allumée

Allumer la bougie - faire chauffer un clou – avec ce clou forer un trou dans la bougie et lorsque le clou est passé clouer la bougie.

Annexe 7 -Joindre les points



Dans ces deux cas il faut sortir des cadres habituels qu'on a tendance à se fixer.