



**HAL**  
open science

# Prendre en compte les comportements cognitifs des apprenants dans la conception de systèmes d'assistance à l'apprentissage

Luc Damas, Alain Mille, Rémy Versace

► **To cite this version:**

Luc Damas, Alain Mille, Rémy Versace. Prendre en compte les comportements cognitifs des apprenants dans la conception de systèmes d'assistance à l'apprentissage. Technologies de l'Information et de la Communication dans les Enseignements d'ingénieurs et dans l'industrie, Nov 2002, Villeurbanne, France. pp.111-117. edutice-00000648

**HAL Id: edutice-00000648**

**<https://edutice.hal.science/edutice-00000648>**

Submitted on 6 Oct 2004

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Prendre en compte les comportements cognitifs des apprenants dans la conception de systèmes d'assistance à l'apprentissage humain

Luc Damas\*, Alain Mille\*, Rémy Versace\*\*

Mars 2002

\* Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes d'Information, Université Claude Bernard, Lyon 1  
43, Boulevard du 11 novembre 1918  
69622 Villeurbanne Cedex  
{ldamas,amille}@lisi.univ-lyon1.fr  
tél : 04 72 44 80 00 poste 842 33  
fax : 04 72 43 15 36

\*\* Laboratoire d'étude des mécanismes cognitifs, Université Lumière Lyon 2  
5, avenue Pierre Mendès France  
69676 Bron Cedex  
versace@univ-lyon2.fr

## Résumé

La conception de systèmes adaptés à l'homme est un domaine largement étudié actuellement. Adapter, c'est ajuster, mettre en harmonie, faire preuve de souplesse. Un système réellement adaptatif devra posséder ces qualités pour avoir un comportement qui corresponde au mieux au besoin de l'utilisateur. L'étude des fonctionnements cognitifs humains devient alors nécessaire. Une démarche expérimentale doit valider les différents étapes effectués.

Nous illustrons cette approche de la conception de tels systèmes par une application aux assistants à la remémoration dans le cadre de l'apprentissage assisté par ordinateur. Ce travail tire ses sources des disciplines complémentaires que sont l'Informatique et les Sciences Cognitives.

## Abstract

The design of systems adapted to the user is a largely studied field. A really adaptive system must have qualities to have a behavior which corresponds the needs of the user as well as possible. The study of human cognitive system then becomes necessary. An experimental way must validate different stages.

We illustrate this approach of the design of such systems by an application to the memory assistants in computer aided learning. This work takes its sources from the complementary disciplines that are Cognitive Sciences and AI.

## Mots-clés :

Sciences Cognitives, démarche expérimentale, assistance, mémoire, apprentissage humain.

## Keywords :

Cognitive Sciences, experimental process, assistance, memory, human learning

## 1. Assistance et mémoire

Le travail présenté dans cet article s'inscrit dans le thème de l'assistance à

l'utilisateur. Les travaux de l'équipe<sup>1</sup> se basent sur la réutilisation de l'expérience pour apporter une aide à l'utilisateur à sa demande. Les études récentes concernent l'assistance à la conception mécanique (CAO) [Champin, 2001a], l'assistance à la recherche de contenu vidéo [Egyed-Zsigmond, 2000], l'assistance à la navigation sur le web [Champin, 2001b] et enfin l'assistance à l'apprentissage [Héraud, 2000].

Pour notre part, nous focalisons notre travail sur les environnements informatiques d'apprentissage humain (EIAH). Des travaux de l'équipe ont conduit à la conception d'un prototype de recherche (Pixed) [Héraud, 2000] représentant les cours sous la forme d'un réseau de notions avec la possibilité pour l'utilisateur d'adapter la navigation dans ce réseau, la présentation et le contenu des cours, de réutiliser et partager les expériences (épisodes d'apprentissage) en facilitant l'adaptation au contexte de chaque situation. Le principe de navigation dans le cours, d'annotation des documents et de validation des connaissances acquises permet à l'apprenant d'avoir un fort degré de liberté d'interaction. Un système d'assistance à l'apprentissage peut tirer des informations captées pendant les interactions et nous supposons qu'un système informatique peut assister un apprenant dans la remémoration de notions et leur mémorisation efficace.

**La finalité du projet est la conception d'un système informatique adapté au processus cognitif humain pour l'apprentissage et plus particulièrement la mémorisation. Cet objectif se réalise grâce au développement et à la validation d'un assistant capable de fournir, à la demande, une bonne évocation pour une remémoration**

---

<sup>1</sup> Equipe « Cognition & Expérience »  
<http://experience.univ-lyon1.fr>

**efficace. Il s'agit d'étudier les possibilités, pour un système informatique, d'influer sur les processus mnésiques de l'utilisateur.**

Pour cela, nous décrivons une démarche expérimentale qui nous permet de valider des résultats à différents niveaux de complexité, et ce de manière incrémentale. La mémoire est au cœur des processus cognitifs puisqu'elle est le conteneur de nos expériences et de nos connaissances [Dennis, 1994]. La conception d'un assistant à la remémoration réellement adaptatif passe par l'étude de la mémoire humaine, par différentes expériences et simulations sur des *objets* d'abord simples, puis plus fortement chargés de sens. L'assistant à l'apprentissage que nous souhaitons obtenir prend plus en compte les interactions entre l'utilisateur et le système que le contenu pédagogique. Nous ne comptons obtenir des interactions que de très faibles informations de contenu conceptuel. Il est plus efficace pour déclencher la remémoration chez l'utilisateur d'utiliser des mots clés (statistiques) ou mieux encore les objets d'interaction. Ces objets peuvent être très divers, de la focalisation sur un mot particulier à l'annotation d'une partie de document. La navigation dans le cours (sauts, vitesse...), les QCM et autres évaluations fournissent des mines d'informations réutilisables. L'apprenant mémorise aussi bien le cours, son contenu sémantique et visuel que l'utilisation qu'il en fait. Une remémoration assistée renforce la mémorisation et augmente la qualité de l'apprentissage.

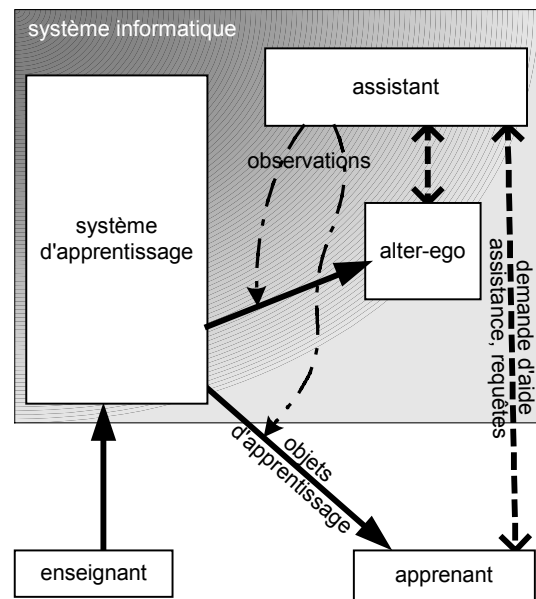
Cet article commence par présenter l'assistance telle que nous l'imaginons en situation pédagogique. La partie suivante propose une démarche progressive pour la conception d'un tel assistant, permettant différentes validations. La première partie de la démarche, qui relève surtout des sciences cognitives, donne des résultats qui montrent qu'un système informatique peut avoir différentes influences sur les processus mnésiques d'un utilisateur.

## 2. Scénario d'usage en situation pédagogique

L'idée principale pour la conception d'un assistant mnésique se base sur ce nous appelons l'« *alter-ego* » de l'utilisateur. Il s'agit de son « double mnésique » restreint. L'utilisateur et son *alter-ego* « perçoivent » en même temps le déroulement de la tâche d'apprentissage. L'interaction entre le système d'apprentissage et l'apprenant est soumise à l'*alter-ego* de façon à ce que celui-ci ait une signature similaire de la tâche. Le terme *alter-ego* est bien sûr métaphorique et abusif. Il ne s'agit que d'un double limité pour une tâche limitée.

Nous distinguons cinq acteurs pour une tâche d'apprentissage assistée : l'apprenant, l'enseignant, le système d'apprentissage, l'*alter-ego* de l'apprenant et l'assistant.

La Figure 1 situe ces différents acteurs et les interactions possibles entre eux.



**Figure 1 : Les acteurs de l'apprentissage assisté et les interactions observées pour l'assistance à la remémoration**

L'enseignant tient le rôle de fournisseur de connaissances et de méthodes pédagogiques dans la mise en place d'un cours. C'est en cela principalement qu'il interagit avec le système. La partie informatique est composée de trois entités principales : Le système d'apprentissage contient le cours avec tous les outils mis à disposition pour l'utiliser (navigateur, visualisateur, gestionnaire d'annotation, évaluations, outils de communication...). L'*alter-ego* sera le double restreint de l'apprenant dans le cadre de la tâche d'apprentissage. Toute interaction entre le système d'apprentissage et l'utilisateur est répercutée automatiquement à son niveau. L'*assistant* possède une vue d'ensemble. Il réceptionne les requêtes de l'utilisateur, traite celles-ci en fonction des réactions de l'*alter-ego* et, éventuellement, de toute autre donnée (profil utilisateur, règles générales, réutilisation d'expériences d'autrui).

### Scénario d'apprentissage assisté :

L'enseignant a mis son cours à disposition au préalable. L'apprenant possède une certaine expérience d'apprentissage dans le cadre de ce cours avec cet outil (les traces d'apprentissage sont dans la mémoire *alter-ego*). Pour le scénario ci-dessous, nous nommerons SSA le sous-système d'apprentissage, AS l'assistant et AL l'« *alter-ego* ».

L'apprenant reprend son apprentissage là où il s'est arrêté lors de la dernière séance. SSA choisit une notion dans la continuité de l'enseignement fourni et présente à l'apprenant un choix de documents traitant de cette notion à acquérir. Lors de la lecture de ce document, un terme fait référence à une notion qui pose problème : soit elle n'a jamais été vue, soit l'apprenant n'arrive pas à se remémorer correctement les connaissances nécessaires qu'il a déjà apprises. Il a donc besoin d'aide et effectue une requête dans ce sens à AS en désignant le terme problématique. Dans le premier cas, AS peut proposer diverses solutions pour rattraper la lacune, basées sur la présentation de la notion. Dans le cas de l'échec de remémoration, AS doit fournir une évocation. Cette évocation dépend de la période d'apprentissage de la notion problématique et de son contexte. AS collabore avec AL pour trouver le bon élément à présenter. L'utilisateur peut alors réussir la remémoration, ou non. Dans ce deuxième cas négatif, AS recalcule ou renforce son évocation, jusqu'à ce que l'aide soit efficace. Ceci peut aller jusqu'à la solution radicale de rejouer entièrement l'épisode d'apprentissage, tel que le ferait un enseignant connaissant son étudiant.

L'*alter-ego* mémorise cette interaction puisqu'elle même fait partie implicitement de l'apprentissage. Le souvenir de la notion problématique est alors renforcé et sera mieux remémoré dans le futur.

### 3. Méthode expérimentale

La finalité du projet est la conception d'un système informatique adapté au processus cognitif humain pour l'apprentissage et plus particulièrement la mémorisation. Une telle assistance à la remémoration repose sur l'hypothèse que des procédures d'amorçage adaptés sont capables de faciliter la remémoration pertinente et en contexte. De façon à implanter un *alter-ego* capable de « suivre » au mieux ce qui peut constituer une « amorce de remémoration », il est nécessaire de reprendre et approfondir les travaux disponibles en sciences cognitives à ce sujet. En premier lieu, il nous faut vérifier certaines hypothèses intermédiaires comme la possibilité de simuler le phénomène d'amorçage.

Nous avons mis en place une démarche expérimentale incrémentale où chaque résultat sert de base à la vérification des hypothèses suivantes, le tout s'appuyant sur des travaux déjà validés. Pour la compréhension, la simulation et l'utilisation des fonctionnements cognitifs, l'approche se fait avec du matériel de complexité croissante :

- a-sémantique simple : il s'agit ici de tester des réactions simples et interprétables sur des objets offrant un minimum de biais pour l'étude des résultats. Les non-mots<sup>2</sup> et les pseudo-mots<sup>3</sup> permettent d'éliminer nombre de biais souvent dus à la phonétique et à la sémantique.
- a-sémantique complexe : l'absence de sémantique permet ici aussi d'éliminer des biais et donc de traiter des objets simples et contrôlables. Ce type de matériel permet d'observer des relations entre objets, comme l'influence d'un contexte (formes géométriques) dans la mémorisation d'un objet simple (pseudo-mot).
- sémantique simple : l'intégration de la sémantique dans l'étude des comportements mnésiques est une étape importante et complexe car difficilement contrôlable. Les tâches formalisables ou possédant un matériel limité, même s'il a une utilité d'un niveau de complexité bien supérieur pour l'utilisateur, peuvent constituer ce type d'expérience.
- sémantique complexe : la résolution de problèmes complexes (conception mécanique, écriture de document) ou l'apprentissage de notions sont des tâches extrêmement complexes à analyser. Dans ces cas, l'interaction entre l'utilisateur et le système semble être la source d'information la plus riche et la plus accessible.
- émotionnel : le stade suivant d'une étude des comportements humains devrait prendre en compte les aspects émotionnels. L'ambition serait toutefois bien grande tant les travaux sur l'émotion sont peu avancés, du point de vue de la modélisation comme de la détection.

La simulation de processus mnésiques simples est la première étape de la démarche expérimentale. Avant d'envisager un assistant mnésique, l'étude des mécanismes de mémorisation et de remémoration nous permet de montrer qu'il est possible de concevoir un *alter-ego* mnésique simple possédant des comportements similaires à ceux de l'utilisateur qu'il représente. Il faut dans un premier temps observer ces comportements cognitifs à l'aide d'expérimentations. L'interprétation des résultats permet d'obtenir un certain nombre de règles générales par statistiques, ainsi que des comportements spécifiques à certains sujets. Être capable d'induire un fonctionnement général sur le fonctionnement de la mémoire ne doit pas faire perdre la spécificité de chaque personne afin que l'assistant mnésique soit réellement adapté.

<sup>2</sup> Chaîne de caractères imprononçable (tgmaktr).

<sup>3</sup> Suite de syllabes sans signification (kalig, zomeu).

## 4. Mécanismes d'apprentissage humain d'un point de vue mnésique

La conception d'un assistant à la remémoration passe, comme indiqué à la section 3, par l'étude de mécanismes cognitifs de bas niveau. Cette étude nous permet non seulement de mieux comprendre les aspects mnésiques de l'apprentissage, mais aussi de tester les moyens de réactiver des souvenirs.

### 4.1 Modélisation de la mémoire

La mémoire est au centre de nombreuses études en sciences cognitives [Versace, 2001]. La façon dont nous souhaitons interagir avec la mémoire de l'utilisateur nous impose de modéliser celle-ci. De nombreux modèles décrivent le système mnésique humain sous des angles différents, parfois contradictoires. Du point de vue fonctionnel, niveau auquel nous resterons, les modèles à systèmes multiples se distinguent des modèles à système unique [Rousset, 2000]. Les modèles à systèmes multiples postulent la présence de stocks à rôles différenciés : sémantique (stock de concepts), épisodique (stock d'expériences), procédural (stock de procédures). Ce sont les modèles les plus fréquemment cités.

La théorie des systèmes uniques propose un seul stock de souvenirs dont sont extraits « à la volée » les aspects sémantiques. Ces modèles sont aussi appelés *abstractifs* car les concepts ne sont pas stockés mais abstraits en cas de besoin. Ce concept peut bien sûr être plus ou moins partagé et exister au niveau social, mais il n'est pas stocké pas au niveau de l'individu [Barsalou, 2000]. Ce principe d'abstraction se base sur le phénomène d'ecphorie synergique [Tulving, 1983]. L'ecphorie est le processus qui fait ressurgir un souvenir au niveau conscient. La synergie vient du fait que l'ensemble des souvenirs et le stimulus travaillent en commun à la prise de conscience.

Nous avons choisi d'utiliser un modèle abstractif à système unique. En tant que stock d'expérience, il correspond bien aux traces d'utilisation d'un système informatique. Les interactions et les contenus sont sauvegardés naturellement en informatique, et la conversion en traces mnésiques utilisables dans le modèle est relativement aisée (cf §4.2). La terminologie pour la description de la mémoire à système unique et pour le domaine de la réutilisation de l'expérience en informatique est la même pour des notions très similaires (expérience, trace, ...). De plus, l'extraction d'aspects sémantiques est d'une complexité bien plus grande et nous éloigne des modèles stockant ces aspects. Le choix d'un tel modèle est finalement motivé par le besoin d'une possibilité d'accès au contenu de la mémoire (ce qui n'est pas possible avec un réseau de neurones), la complexité algorithmique n'étant pas un critère déterminant.

## 4.2 Le modèle Minerva II

### 4.2.1 Description du modèle

Minerva II [Hintzman, 1986] est une modélisation mathématique du principe d'ecphorie décrit par E. Tulving. Chaque souvenir, chaque trace mnésique est codée sous la forme d'un vecteur de valeurs réelles comprises entre -1 et 1. La mémoire est alors vue comme une matrice dont les lignes sont les traces et les colonnes des caractéristiques partagées par les traces. Chaque valeur dans cette matrice correspond à l'état d'excitation/inhibition de la caractéristique correspondante dans le souvenir : -1 = inhibition, 0 = indétermination, +1 = activation. Les valeurs intermédiaires fournissent un degré de certitude. Par exemple, la valeur -1 dans un souvenir pour la caractéristique « présence d'Alain » signifie qu'on est sûr que « Alain n'était pas là » lors de l'enregistrement du souvenir. Plus la valeur s'approche de zéro, plus le taux de certitude est faible. La valeur nulle peut aussi signifier que la caractéristique n'a pas de sens pour ce souvenir (Exemple : « présence d'un microprocesseur » dans la description d'un visage).

Le modèle ne décrit pas seulement un stock, mais aussi la manière d'y accéder. L'ecphorie a pour déclencheur un stimulus et comme conséquence une prise de conscience. Le stimulus est une trace, au même titre que celles contenues dans la mémoire, nommée « sonde ». La prise de conscience se fait par une trace nommée « écho ». La présentation d'une sonde à la mémoire génère un écho qui dépend de la similarité de la sonde avec les traces en mémoire. La sonde est appariée à chaque trace et active ces dernières. L'activation est calculée à l'aide d'une fonction simple (produit scalaire élevé au cube) et fournit un indice de ressemblance contenant un degré de certitude. L'écho est une moyenne pondérée par les activations de toutes les traces contenues dans la mémoire.

L'activation, notion sur laquelle est basé le modèle Minerva II, se distingue à trois niveaux :

- Le degré d'excitation/inhibition d'une caractéristique dans une trace correspond à un taux d'activation.
- L'activation d'une trace à un moment donné correspond à la force avec laquelle elle influe sur la remémoration (prise de conscience). Il s'agit d'un taux de certitude de reconnaissance de la sonde.
- L'intensité de l'écho, de la remémoration possède aussi les propriétés d'une activation. Il s'agit ici d'un indice du pouvoir d'un stimulus sur la mémoire entière.

### 4.2.2 Qualités, limites, modifications

La qualité principale du modèle réside dans sa simplicité mathématique qui permet de nombreuses interprétations à différentes étapes des processus qu'il décrit : construction des traces, calcul des activations, contenu de la sonde, contenu de l'écho, intensité de l'écho.

Le modèle initial construisait ses traces à partir du triplet de valeurs  $\langle -1, 0, 1 \rangle$ . Nous avons étendu ces modalités à l'intervalle réel  $[-1, 1]$ . D'une part, l'expressivité est meilleure en apportant une information sur le degré de certitude ; d'autre part, l'écho (qui possédait déjà des valeurs réelles) devient du même type que les traces en mémoire, ce qui permet de mieux rendre compte de certains processus que D.L. Hintzman décrit dans [Hintzman, 1986] (Renforcement de l'écho par réutilisation en tant que sonde).

Minerva II a un potentiel d'utilisation élevé sous réserve de quelques modifications. La simulation de l'amorçage (cf §4.4.2) a nécessité un changement non fondamental dans l'utilisation des activations des traces. Pour chaque modification même mineure du modèle, un certain nombre de simulations ont été nécessaires pour vérifier que les propriétés initiales sont conservées.

### 4.3 Amorçage de la mémoire

En psychologie cognitive, l'amorçage est largement utilisé dans l'étude de la mémoire. Il traduit un mécanisme qui fait intervenir la mémoire de façon implicite dans lequel la récupération se fait de manière inconsciente. L'effet d'amorçage est défini comme l'influence de la présentation préalable d'un stimulus (l'amorce) sur le traitement du stimulus suivant (la cible), celui-ci pouvant être identique ou associé à l'amorce.

Deux types d'amorçage sont généralement distingués : « l'amorçage perceptif » et « l'amorçage sémantique ». Lors d'un test d'amorçage dit perceptif, les représentations activées sont essentiellement perceptives. Dans ce cas, l'amorçage influe sur les aspects relatifs à la forme et à la structure des informations traitées. Par contre, dans un test d'amorçage dit sémantique, les représentations activées lors du traitement de l'amorce sont de nature sémantique. Bien que l'existence des effets d'amorçage soit tout à fait établie, l'explication de ses origines donne encore lieu à des controverses liées étroitement à un autre débat ouvert sur la nature des informations en mémoire [Nevers, 2000]. L'amorçage est fortement lié à la notion d'activation. L'amorce met la mémoire dans un certain état d'activation qui s'ajoutera à l'activation générée lors de la présentation de la cible. Nous considérons ici comme amorce tout stimulus agissant de la sorte, sans distinction.

L'objectif est de visualiser des effets d'amorçage de la mémoire dans le cadre d'une tâche informatisée (même extrêmement simple) pour trouver des méthodes de génération automatique d'amorces adaptées aux besoins d'un utilisateur.

## 4.4 Expérimentations et simulations

Dans cette section, nous décrivons une expérience suivie de sa simulation qui nous a permis de mettre en évidence différents effets d'amorçage. L'étude des modèles, les expérimentations et simulations sont détaillées dans un rapport interne<sup>4</sup>. Nous ne décrivons ici que les grandes lignes et principes généraux.

### 4.4.1 Expérimentation

Les tâches de catégorisation, quand les catégories ne sont pas explicitées, font intervenir la mémoire dans des processus de mémorisation, abstraction et remémoration. La mémorisation des items, même inconsciente, sera évaluée par la capacité du sujet à les reconnaître. La catégorisation permet de détecter les capacités d'abstraction. Une catégorie est généralement reconnue implicitement par abstraction des items qui la compose.

L'expérience comporte (conformément aux techniques des sciences cognitives) deux phases et traite des items catégorisés dérivés de deux prototypes. La première, la phase d'apprentissage, sert à faire mémoriser par le sujet des items catégorisés, en quantité suffisante pour que le sujet soit capable de dissocier les catégories. Durant la phase de test, des items similaires sont présentés au sujet pour une tâche de catégorisation identique. Avant chaque cible est présentée une amorce de façon furtive. Nous avons départagé ces amorces en six conditions expérimentales. Pour chacune, nous avons fait des hypothèses qui se confirment sur l'effet sur le traitement de la cible.

#### Matériel :

Chaînes de 4 caractères suivant le motif :

$\langle \text{lettre, chiffre, lettre chiffre} \rangle$

Deux catégories obtenues par modification de deux caractères des prototypes  $p1$  (C3X1) et  $p2$  (F9G4).

#### Phase d'apprentissage :

Présentation de 100 items

Tâche de catégorisation avec feedback

Illimité en temps

#### Phase de test

Présentation de 160 items

Chaque item est précédé d'une amorce de même type pendant 200 ms

Tâche de catégorisation

Pas de feedback

Consigne : répondre le plus rapidement possible

### 4.4.2 Résultats

Nous avons mis en relation les capacités de catégorisation du sujet avec les six types d'amorces en

---

<sup>4</sup> [http://bat710.univ-lyon1.fr/~ldamas/documents/Luc\\_Damas\\_rapport\\_20020128.pdf](http://bat710.univ-lyon1.fr/~ldamas/documents/Luc_Damas_rapport_20020128.pdf)

mesurant principalement les **taux de réussite**. Les temps de réponse constituent une mesure intéressante dans le sens où une réponse tardive peut correspondre au temps de réflexion nécessaire pour annuler les effets distracteurs d'une sonde négative.

Nous n'avons dans un premier temps détecté **aucun effet d'amorçage** statistiquement probant. L'étude a porté sur les données de la phase de test uniquement, sans prendre en compte la phase d'apprentissage. Nous avons remarqué que les taux d'erreur lors de la phase d'apprentissage étaient très élevés. Pour une grande majorité des sujets, **l'apprentissage implicite des catégories n'est pas suffisant** pour permettre une reconnaissance de ces dernières. Nous avons placé à 75% de bonnes réponses le seuil (arbitraire) au dessus duquel nous considérons que le sujet est capable de catégoriser correctement les items. Seuls 37% de la population est alors conservée. **L'absence d'effet d'amorçage est cohérente** car les stimulus ne correspondent à rien en mémoire.

Le test statistique sur la population restante montre **un effet d'amorce effectif**. La capacité à catégoriser est réellement dépendante de l'amorçage, et les différentes conditions expérimentales sont dissociables dans les taux de bonnes réponses.

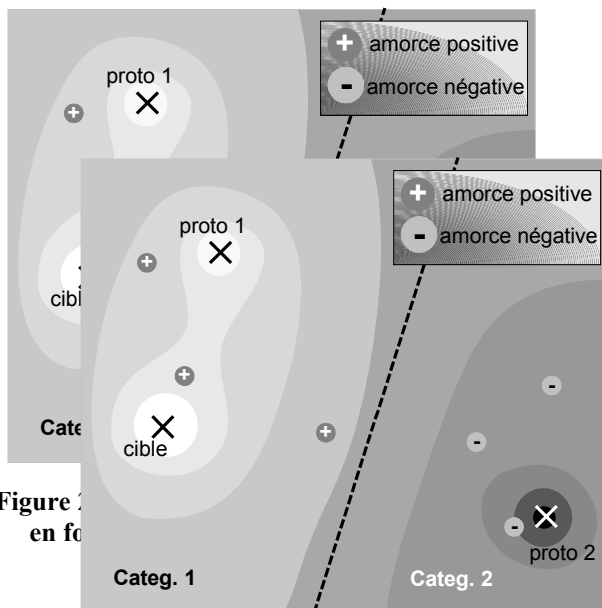


Figure 2  
en fo

Figure 2 permet d'expliquer les qualités des effets d'amorçage par un jeu de dégradés. Le plan contient les différents items, plus ou moins proches des prototypes des deux catégories. Pour une cible donnée, une nuance claire correspond à un effet d'amorce positif. **La proximité à la cible fournit un très bon résultat positif, ainsi qu'à l'approche du prototype.** Le dégradé s'assombrit jusqu'au prototype de la **catégorie opposée, pour lequel l'effet est le plus négatif**. Un item à la **frontière entre les deux catégories (différentiation impossible) est une amorce nulle**. Un tel graphique présentant les items sur un plan suppose l'existence d'une mesure de distance entre ceux-ci. Celle-ci n'existant pas, la représentation est limitée à un rôle explicatif qui ne

montre pas l'effet d'amorçage maximal. **Ce maximum est atteint avec un amorce est très proche de la cible et du prototype.**

#### 4.4.3 Simulations de l'expérience avec de Minerva II

Le déroulement de la simulation est identique à celui de l'expérience. Dans un premier temps, nous avons dû revalider certains aspects du modèle Minerva II suite à de légères modifications ne concernant pas son principe général. En effet, le modèle initial ne prenait pas en compte la conservation des activations. Il a fallu ajouter cet aspect et vérifier que cela n'influaient en rien sur les capacités d'abstraction et de remémoration.

De plus, il a fallu faire des hypothèses sur l'apprentissage car cette phase n'est jamais décrite dans les études existantes. Les travaux existants supposent l'existence du stock mnésique, alors que nous désirons le construire de la même manière que le sujet. Pour cela, nous avons défini une méthode d'apprentissage pour les simulations en nous basant sur des observations des sujets. Dans les diverses publications sur Minerva II, la construction des traces est très peu détaillée. C'est pourquoi nous avons utilisé deux types de matériel. Le premier est dérivé de prototypes dont les valeurs sont aléatoires (selon quelques lois probabilistes). Le second code les items de l'expérience à l'aide d'une méthode de notre cru.

Figure 3 : Récapitulatif des effets d'amorces sur les

cible \ amorce	catég. 1				catég. 2				catég. 3			
	s	c1	c2	c3	s	c1	c2	c3	s	c1	c2	c3
catég. 1	.60	.86	1.0	1.0	-.01	.51	.78	.92	.03	.55	.83	.96
catég. 2	.65	.94	1.0	1.0	-.02	.53	.91	.95	.00	.62	.93	1.0
catég. 3	.96	1.0	1.0	1.0	-.03	.60	.92	1.0	.00	.76	1.0	1.0
non categ.	-.10	.49	.79	.94	.45	.68	.80	.86	.00	.49	.78	.93
catég. 1	-.10	.51	.81	.96	.48	.73	.85	.91	.00	.55	.81	.96
catég. 2	-.11	.63	1.0	1.0	.55	.83	.97	1.0	.01	.56	.83	.99
catég. 3	.00	.60	.83	1.0	.00	.53	.81	.95	.69	1.0	1.0	1.0
non categ.	.01	.80	1.0	1.0	.00	.77	.93	1.0	.90	1.0	1.0	1.0
catég. 1	.00	.78	1.0	1.0	-.02	.61	1.0	1.0	.93	1.0	1.0	1.0
non categ.	-.26	.12	.42	.78	-.31	.02	.37	.75	-.39	.11	.57	.91

#### niveaux d'activations.

Suite à ces validations préliminaires, les tests d'amorçage ont pu avoir lieu et se sont révélés concluants. Ils correspondent en tous points aux résultats de l'expérimentation sur les sujets humains. Le tableau présenté en Figure 3 récapitule les effets des types d'amorces pour une simulation à trois catégories. Les colonnes *s* correspondent aux activations occasionnées par les présentations d'amorces. Les colonnes *c1*, *c2* et *c3* correspondent à trois

présentations successives d'une même cible après l'amorce. Plus les valeurs sont hautes dans les colonnes  $c_i$ , plus l'effet d'amorce est fort. **Les valeurs pour des amorces de même prototype que la cible sont plus fortes que pour des catégories différentes, et toutes deux supérieures au cas d'amorce non catégorisée** (jamais vue, donc perturbatrice).

La succession de simulations a permis de retrouver les différents effets d'amorce observés dans les expériences et décrits dans la littérature :

- L'amorce a un effet bénéfique à proximité de la cible et/ou du prototype. Cela fonctionne comme si on « prévenait » le sujet de ce qui va arriver après.
- L'amorçage est nul ou négatif pour la présentation d'un item d'une autre prototypie. Cela correspond à l'effet d'un item déjà vu : la perturbation est faible.
- L'effet est finalement négatif pour un item non prototypique. Il s'agit d'une gêne occasionnée par un stimulus nouveau.

## 5. Conclusion, perspectives

Nous avons voulu décrire dans cet article une démarche expérimentale pour la conception de systèmes réellement adaptés au fonctionnement cognitif humain. Ce genre d'étude fait autant partie de l'informatique que des sciences cognitives, d'où son approche hybride.

Nous avons appliqué une méthode expérimentale incrémentale à la conception d'un assistant à la remémoration. Nous savons d'après nos résultats qu'il est possible à un système de copier le comportement cognitif de l'Homme sur des objets simples. La génération d'une bonne amorce est possible pour améliorer l'utilisation de la mémoire, et ce de manière automatique.

L'étape suivante consistera à détecter dans l'interaction entre les différents acteurs les éléments à mémoriser au niveau d'un *alter-ego* de façon à fournir une bonne évocation dans le cadre de tâches plus complexes. Une expérience en cours consiste à étudier les capacités de remémoration en rappel indicé. Nous cherchons à découvrir les éléments qui permettent à l'homme de se remémorer explicitement les objets d'apprentissage. L'influence du contexte et de l'interaction possède à notre avis une importance capitale.

L'étape suivante et imminente consistera à mettre en application les différentes conclusions précédentes sur les pouvoirs d'évocation pour assister l'utilisateur dans le cadre d'une tâche d'apprentissage complexe mais limitée. Le pas sera alors moins grand à franchir pour la naissance d'un système d'aide dans un EIAH. Le couplage avec d'autres systèmes (profils utilisateurs, réutilisation d'expériences diverses, ontologies, règles) pourra alors être envisagé pour

offrir à l'apprenant un outil générique et aisément instanciable.

## Références

[Barsalou, 2000] Lawrence W. Barsalou et Wenchi Yeh : The situated nature of concepts, <http://userwww.service.emory.edu/~barsalou/>, 2000

[Champin, 2001a] Pierre-Antoine Champin : A model to represent design episodes for reuse assistance with interactive case-based reasoning. Actes de GWCBR'2001. Baden-Baden, mars 2001

[Champin, 2001b] Champin Pierre-Antoine, Prié Yannick, Mille Alain : Une approche fondée sur les usages pour l'assistance à l'utilisateur sur le Web Sémantique Reconnaissance de Formes et Intelligence Artificielle, Angers, 8-10 janvier.

[Dennis, 1994] Simon John. Dennis : The Integration of Learning into Models of Human Memory. PhdThesis. 1994

[Egyed-Zsigmond, 2000] Egyed-Zsigmond Elöd, Prié Yannick, Mille Alain, Pinon Jean-Marie : A graph based audio-visual document annotation and browsing system RIAO 2000, 12-14 avril 2000, Paris, France

[Heraud, 2000] Jean-Mathias Héraud et Alain Mille : PIXED~: vers le partage et la réutilisation d'expériences pour assister l'apprentissage. Actes de TICE'2000. 2000

[Jean, 2002] Stéphanie Jean-Daubias : Un système d'assistance au diagnostic de compétences. Actes du 13ème Congrès Francophone RFIA, Angers. pp. 1053-1061. Angers. 2002

[Hintzman, 1986] Douglas L. Hintzman : "Schema Abstraction" in a Multiple-Trace Memory Model. Psychological Review, vol 93, n°4, American Psychological Association Inc., pp 411-428. 1986

[Rousset, 2000] Stéphane Rousset : Les conceptions « système unique » de la mémoire : aspects théoriques. Revue de Neuropsychologie, vol 10, n°1. pp 27-52. 2000

[Tulving, 1983] E. Tulving : Elements of Episodic Memory. Oxford University Press, New York, 1983

[Versace, 2001] Rémy Versace et Brigitte Nevers : Sur les traces de la mémoire. La Recherche, vol 344. pp 92-95. juillet-aout 2001