



TECFA Education & Technologies

UNIVERSITÉ DE GENÈVE | FACULTÉ DE PSYCHOLOGIE ET DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION

Mémoire de Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées
DESS STAF
Sciences et Technologies de l'Apprentissage et de la Formation

Mars 2004

Stratégies exploratoires individuelles à travers un dispositif explicatif fortement redondant (texte et animation) : de l'influence d'une évaluation finale annoncée

1^{ère} PARTIE

avec

le développement d'un dispositif intégré permettant la passation d'une expérience de psychologie cognitive à distance

2^e PARTIE

Alain Chassot

alain.chassot@formate.ch

Sous la direction du Prof. Mireille Bétrancourt

Jury

Dr Mireille Bétrancourt, Professeur à la FAPSE, directrice de TECFA

Dr Daniel Peraya, Maître d'enseignement et de recherche à TECFA

Vivian (Paraskevi) Synteta, assistante de recherche à TECFA

I. Table des matières

- II. Remerciements...(7)
- III. Extrait...(9)
- IV. Introduction générale...(11)
 - IV.1 Texte, image, animation...(11)
 - IV.2 De l'efficacité objective...(11)
 - IV.3 De l'efficacité subjective...(13)
 - IV.4 De la mesure des deux efficacités...(15)

PREMIERE PARTIE : la recherche expérimentale

1. Introduction...(19)

Cadre théorique

- 2. Le traitement cognitif de l'information : comment comprend-on ?...(21)
 - 2.1 La lecture d'un texte et la lecture d'une image...(21)
 - 2.2 De nos yeux à notre intellect...(22)
 - 2.3 Mémoire(s) et processus perceptifs...(23)
 - 2.4 La théorie de la charge cognitive...(23)
 - 2.5 La théorie du double codage...(25)
 - 2.6 Un modèle de compréhension des textes et des images...(27)
 - 2.7 La théorie des modèles mentaux...(28)
 - 2.8 Le modèle de Mayer et l'apprentissage actif...(30)
 - 2.8.1 L'autodétermination comme clef de la motivation...(33)
 - 2.8.2 Trois phases...(34)
 - 2.9 Le modèle de Narayanan & Hegarty...(35)
- 3. Le temps de la confrontation ?...(39)
 - 3.1 L'animation...(39)
 - 3.1.1 Définition...(39)
 - 3.1.2 Les différentes fonctions de l'animation...(40)
 - 3.1.3 La complexité d'une animation...(43)
 - 3.1.4 Qu'est-ce qu'une bonne animation ?...(45)
 - 3.1.4.1 Le principe d'appréhension...(46)
 - 3.1.4.2 Le principe d'expression...(46)
 - 3.2 La cohabitation du texte et de l'animation...(49)
 - 3.2.1 D'un point de vue objectif...(49)
 - 3.2.1.1 Le rôle de l'organisation du contenu...(51)
 - 3.2.1.2 Les sept principes de Mayer...(52)

- 3.2.1.3 L'importance du contexte dans une structure quasi hypertextuelle...(59)
- 3.2.2 D'un point de vue subjectif...(62)
 - 3.2.2.1 Qu'est-ce qui pourrait donner l'avantage au texte, aux yeux du sujet ?...(62)
 - 3.2.2.2 La préférence subjective...(62)

Expérience

- 4. Introduction...(65)
- 5. Question de recherche...(66)
- 6. Hypothèse générale...(67)
- 7. Hypothèses opérationnelles...(68)
- 8. Plan d'expérience...(70)
 - 8.1 Variable indépendante : la consigne...(70)
 - 8.2 Variable dépendante : la stratégie de navigation...(70)
 - Mesure 1...(70)
 - Mesure 2...(70)
 - Mesure 3...(70)
- 9. Méthode...(70)
 - 9.1 Sujets et plan expérimental...(70)
 - 9.2 Matériel et dispositif expérimental...(72)
 - 9.3 Procédure...(78)
- 10. Résultats...(79)
- 11. Discussion...(91)
 - 11.1 Hypothèse 1...(91)
 - 11.2 Hypothèse 2...(92)
 - 11.3 Hypothèse 3...(93)
- 12. Une analyse plus inductive...(93)
 - 12.1 Cinq nouvelles questions de recherche...(94)
 - Mesure 1...(94)
 - Mesure 2...(95)
 - Mesure 3...(95)
 - Mesure 4...(97)
 - Mesure 5...(98)

13. **Limites et conclusion...**(99)

DEUXIEME PARTIE : le développement du dispositif expérimental

14. **Introduction...**(101)

15. **Les différentes étapes de production...**(105)

15.1 La phase de planification (planning)...(105)

15.1.1 Formulation des besoins primaires...(105)

15.1.2 Affinage des besoins et réponses augurées...(108)

15.1.3 Le scénario...(109)

15.2 La phase de production (design et développement)...(109)

15.2.1 Un schéma pour comprendre...(110)

15.2.2 Le design...(111)

15.2.3 Le développement...(112)

**15.2.4 A l'intersection du design et du développement :
l'« événementiel pertinent »...**(112)

15.2.5 Comment choisir la bonne technologie ?...(113)

15.2.5.1 La disponibilité d'une technologie...(114)

15.2.5.2 Robustesse, fiabilité...(114)

15.2.5.3 Capacité à fédérer...(115)

15.2.6 Justification des choix technologiques...(115)

**15.2.7 La place occupée par chacune des technologies
dans la production...**(116)

1) Flash...(116)

i) Flash et le design...(117)

ii) Flash et le développement...(119)

iii) Flash et l'intégration Web...(120)

2) PHP...(120)

3) MySQL...(122)

4) Flash – PHP – MySQL...(125)

15.2.8 L'architecture finale du dispositif...(126)

15.2.9 Alternatives technologiques...(127)

1) Pour le vectoriel et l'intégration Web : SVG...(127)

2) Pour l'animation...(127)

3) Pour le développement client-serveur...(128)

4) Pour le SGBDR...(128)

15.2.10 Le dispositif...(129)

1) L'inscription du sujet...(129)

2) Les tests initiaux et finaux...(130)

3) Le cockpit...(132)

4) La gestion du temps...(133)

5) La régulation métacognitive...(135)

	6) La connectivité du dispositif : dialogue client-serveur...	(136)
	7) Les animations...	(140)
	8) Les aides à la navigation...	(141)
	9) L'intégration Web...	(142)
	15.3 La phase de test du dispositif (testing)...	(145)
	15.3.1 Le test en condition réelle...	(145)
	15.3.2 Un autre test...	(145)
	15.3.3 Le recrutement de volontaires...	(146)
16.	La passation...	(148)
	16.1 La validation...	(148)
	16.2 Les feedbacks des utilisateurs...	(149)
17.	Le traitement et l'analyse des résultats...	(149)
18.	Conclusion de la deuxième partie...	(150)
V.	Conclusion générale...	(153)
VI.	Postface...	(155)
VII.	Bibliographie / webographie générales...	(157)
VIII.	Annexes...	(161)
	Annexe A : les boîtes de régulation métacognitive...	(161)
	Annexe B : des patterns de navigation...	(162)

II. Remerciements

Un grand merci tout d'abord à une petite poignée de collègues enseignant les S.I.C. aux multiples coins du canton de Genève ; ils ont manifesté très concrètement leur intérêt pour cette recherche en acceptant d'y consacrer un peu de temps, dans l'enceinte de leur classe. Il s'agit de Mesdames Brand et Cachin, ainsi que de Messieurs Brand, Darbellay, Demierre, Niang, Poscia, Richard, Righelle, Rogg, Schnyder et Stultz.

Un grand merci à Monsieur Alain Imboden, directeur de notre école (le collège de Pinchat, à Carouge). Il a soutenu cette initiative personnelle de formation continue en acceptant quelques semaines d'absences durant la première année.

Un grand merci à Monsieur Raymond Morel, directeur du CPTIC, de l'intérêt qu'il a porté à une recherche universitaire. Son soutien s'est concrétisé par une invitation à présenter le dispositif expérimental à ses collaborateurs. De plus, l'implémentation s'est faite sur un serveur du C.P.T.I.C.

Un grand merci également à Monsieur Marco Meris, Dr ès physique et enseignant, pour la validation du contenu de notre séquence pédagogique. En passant le dispositif au crible d'un regard d'expert, nous avons minimisé le risque de laisser se forger d'importantes représentations erronées.

Un grand merci à tous les membres de la volée Heidi. La discrétion de notre collaboration ne remet pas en cause la qualité de nos échanges.

Un très grand merci au Dr Mireille Bétrancourt pour sa gentillesse, son enthousiasme et des retours riches, encourageants et réellement utiles pour apprendre et progresser.

Et pour Carole, un merci proportionnel à sa patience.

III. Extrait

« Depuis plusieurs dizaines d'années, dans les journaux et les magazines, l'image n'est plus conçue comme une simple illustration, mais comme un document qui remplace de longs développements de type analytique : le livre illustré et la bande dessinée ont quitté le marché des enfants pour s'adresser à une clientèle de plus en plus large et sophistiquée. De même, le langage des graphiques est-il de plus en plus recherché par les lecteurs de journaux et de magazines.

Dans les hypermédias, cette puissance du visuel se manifeste à la fois par l'émergence du texte-image et, dans les jeux, par l'éviction pure et simple du langage, que rend possible le rapport interactif entre le programme et l'utilisateur. Le lecteur de demain continuera certes à rechercher des textes pour nourrir ses besoins d'imaginaire, de réflexion analytique et de croissance personnelle. Mais le langage ne jouera plus qu'un rôle de partenaire dans la production du sens et il a d'ores et déjà perdu l'aura dont jouissait le Logos – que les Grecs assimilaient à la raison – ou le Verbe, dont les textes fondateurs de notre civilisation faisaient un synonyme de Dieu ».

Vandendorpe (1999, p.250)

Dans ce travail, nous cherchons à analyser la navigation de sujets confrontés à un dispositif proposant l'explication d'un phénomène céleste complexe, la rétrogradation de Mars dans le ciel terrestre, dans deux filières descriptives fortement redondantes : une verbale (du texte) et une graphique (des animations).

Nous aimerions mesurer l'intérêt que de jeunes adolescents peuvent encore porter au texte, lorsque ce dernier est soumis à la rude concurrence de l'animation.

Pour ce faire, nous cherchons à inciter certains sujets à rechercher activement la compréhension du phénomène décrit, en usant de l'« arme » d'une évaluation annoncée. Nous espérons faire ressortir certains comportements liés à la navigation dans un dispositif multimédia, lorsque le sujet est spécialement motivé.

Dans la partie consacrée au développement du dispositif, nous proposons une description des différentes étapes qui ont conduit à sélectionner, parmi les puissants outils offerts par les nouvelles technologies, ceux qui étaient en adéquation avec nos besoins pédagogiques et didactiques.

IV. Introduction générale

IV.1 Texte, image, animation

« Une image vaut mieux qu'un long discours » dit l'adage... cherchant à mettre ainsi en avant les qualités synthétiques présumées de l'image, et par la même sa prétendue supériorité explicative et démonstrative sur les mots : le verbe serait une perte de temps et l'essentiel de ce qui est dit pourrait être montré en gagnant au passage en qualité.

« Une animation vaut mieux qu'une image » semblerait aujourd'hui se profiler comme un candidat sérieux à la succession. En humant l'air du temps, nous remarquons, il est vrai, que l'animation est souvent présentée, ou imposée, par les concepteurs multimédia comme une véritable révolution en matière d'efficacité explicative et de stimulation motivationnelle.

Vecteur du mouvement, l'animation contribuerait ainsi « naturellement » à faciliter l'appréhension d'un phénomène et sa compréhension.

En réintégrant du séquentiel dans le processus explicatif, réintroduisant ainsi une forme de discours, l'animation revaloriserait le temps qui passe, dans la démarche d'apprentissage. En permettant de visualiser le changement, le dispositif gagnerait en réalisme, et par la même en efficacité. Le temps qu'on perd à suivre le fil de la démonstration ne serait que gain net pour l'apprentissage. L'avantage du discursif n'est-il pas qu'il sert à la fois la présentation et l'organisation ?

Succombant à la tentation facile du syllogisme dialectique, notre logique aurait envie d'affirmer alors qu'une animation vaut assurément mieux qu'un long discours. Déduction pour le moment fort peu démonstrative, puisque qu'aucune des deux prémisses n'a encore été réellement discutée. Il n'empêche que nous touchons déjà au cœur de la problématique de ce travail : nous allons nous intéresser à la relation entretenue entre texte et animation, mesurée en terme d'efficacité présumée par l'utilisateur, lorsqu'un dispositif explicatif propose ces deux registres de représentations sémiotiques pour présenter le même contenu.

IV.2 De l'efficacité objective

Soyons clairs : nous ne présentons pas ici une étude comparative visant à présenter les différents cas de figure dans lesquels un registre de représentation serait meilleur que l'autre (en terme d'efficacité réelle de l'apprentissage, mesurée à travers une amélioration des résultats d'un test qui

présenterait la plus-value en terme d'acquisition de savoirs ou de compétences). Cette efficacité-là, que nous appellerons à partir de ce point l'*efficacité objective*, n'est pas tout à fait au centre de nos préoccupations. Ni le texte, ni l'animation, ne passeront ainsi réellement au crible de l'évaluation comparative dans ce travail. Il existe une littérature exponentielle présentant les conclusions de recherches allant dans ce sens.

Nous ne ferons cependant pas complètement l'impasse sur cette problématique : dans la phase de conception pédagogique du dispositif expérimental, nous avons en effet cherché à réunir les conditions les plus favorables à l'animation, afin que celle-ci puisse donner le meilleur d'elle-même. Dans quel but ? Proposer à un sujet qui a envie d'apprendre une présentation séquentielle du sujet, sous forme animée, qui pèse d'un poids suffisant face à une présentation séquentielle du sujet, sous forme textuelle cette fois.

Ainsi, il nous semblait impératif que les séquences animées représentent une alternative de qualité aux textes, objectivement parlant, afin de minimiser un biais supplémentaire : une différence trop flagrante de qualité entre les deux registres aurait risqué d'entraîner un désintérêt automatique de l'utilisateur pour la filière animée. Vous découvrirez un peu plus tard les considérations prises en compte durant la phase de développement technico-pédagogique du dispositif, à travers une description détaillée des différentes étapes parcourues lors de cette recherche d'une certaine *équivalence sémantique*.

Revenons à la notion d'efficacité objective. Tout concepteur de séquence d'apprentissage concentre ses efforts didactiques dans le sens d'une maximisation de cette efficacité ; dans le cadre d'une séquence hébergée par un dispositif multimédia, il visera alors l'alchimie subtile d'un équilibre entre texte et animation, afin de maximiser le pouvoir formateur de sa séquence.

Cela dit, nous savons bien qu'il est difficile de standardiser la transposition des multiples modèles parfois contradictoires décryptant et expliquant les processus d'apprentissage, dans une méthode qui fonctionnerait à tous les coups : le public visé par un dispositif d'apprentissage est beaucoup trop hétérogène d'un point de vue strictement cognitif. Un pis-aller couramment admis dans la pratique revient à ratisser large en proposant un maximum de redondance dans le dispositif, maximisant ainsi l'opportunité de toucher les différentes « catégories » d'apprenants.

C'est à partir de ce constat qu'il nous est dès lors apparu intéressant d'analyser les différentes stratégies de navigation d'apprenants immergés dans un dispositif explicatif proposant, pour mettre un forme un seul et même contenu, plusieurs registres de représentations sémiotiques.

IV.3 De l'efficacité subjective

Un individu immergé dans un dispositif d'apprentissage multimédia ne s'impliquera dans son parcours à l'intérieur de ce dernier que s'il y décèle un quelconque intérêt. Nous retrouvons finalement là le noyau du paradigme économique central :

le consommateur sollicite un service ou acquiert un bien pour autant que ce dernier apporte une réponse à un besoin plus ou moins conscient, tout en autorisant une allocation optimale des ressources disponibles.

Creusons quelque peu cette analogie.

Le besoin est clairement identifié dans le domaine cognitif : il s'agit de comprendre, puis d'apprendre. Apprendre revenant principalement à accroître son bagage notionnel et conceptuel, améliorer ses ressources mnésiques, sa réactivité (perception, compréhension, assimilation, activation pertinente et contextuelle des savoirs et des compétences thésaurisées, etc.).

Les ressources à allouer pour y parvenir regroupent des éléments qu'on peut acquérir et entraîner : les outils de pensée faisant partie du bagage intellectuel (concepts, abstraction, capacités systémiques, etc.), la sensibilité à l'environnement (perception et interprétation de stimuli extérieurs, catégorisation, etc.), l'appel sélectif et pertinent à la mémoire (savoirs, transfert de compétences, etc.). Nous serions ainsi inscrits dans un cercle qu'on oserait qualifier de « vicieux » si cette symbiose n'était l'essence de tout progrès. En fait, nous constatons que besoin et ressources se confondent, puisque la fin nourrit les moyens autant que la réciproque.

Dans un dispositif multimédia, l'outil porte à lui seul la lourde responsabilité d'offrir un contenu et un contenant répondant au besoin de l'apprenant tout en favorisant une meilleure allocation des ressources.

Aussi bien pensé soit-il, un dispositif d'apprentissage ne pourra néanmoins donner le meilleur de lui-même qu'à un sujet acceptant – encore une fois de manière plus ou moins consciente – de se laisser placer en situation d'apprentissage.

En fait, deux moteurs jouent – selon nous – un rôle prépondérant dans cette dynamique motivationnelle :

- le sujet a envie d'apprendre ;
- le sujet est contraint d'apprendre.

Dans le premier cas, le sujet accepte volontiers de se laisser brusquer par le dispositif, parce que ce dernier l'intéresse. Il y prend du plaisir. Dans cette position d'ouverture cognitive, le sujet est volontiers demandeur d'efforts à fournir.

Dans le deuxième cas, en revanche, le sujet accepte une confrontation au dispositif parce qu'une pression extérieure l'y contraint. La perspective « menaçante » d'une évaluation fait partie de ces instruments de pouvoir. Mis dans une posture quasi défensive, le sujet ne fait que tolérer les efforts.

Nous avons conscience du côté caricatural de cette bipolarisation des facteurs motivants. A notre décharge, les modèles explicatifs le sont intrinsèquement. N'est-ce pas en réduisant la réalité qu'ils essaient d'en reconstituer une représentation simplifiée ?

De toute évidence, il est bien entendu que tout sujet va puiser dans les deux sources de quoi abreuver sa soif de motivation à l'apprentissage. La différence réside simplement dans la manière dont le besoin d'apprendre est perçu et valorisé par le sujet

Dans notre dispositif, nous cherchons clairement à pousser un des groupes de sujets du côté de la contrainte. Nous promettons une évaluation finale en fin d'exploration, et cette annonce se fait juste avant d'entrer dans le dispositif. La facette « menaçante »¹ de l'évaluation est ici mise en exergue.

Nous touchons dès lors au cœur de notre problématique expérimentale.

En effet, nous postulons que les sujets du groupe évalué seront moins sensibles à des considérations motivationnelles basée simplement sur l'envie ou le plaisir ; ils viseront surtout l'obtention de résultats, qui passe forcément par une recherche active de la compréhension du contenu proposé.

Cette recherche de l'efficacité entreprise – sciemment ou non - par l'apprenant sera étiquetée à partir de ce point : quête de l'*efficacité subjective*.

Efficacité objective et subjective ne sont pas équivalentes. Il va dès lors falloir user d'outils différents pour les mettre en exergue et, pour autant que cela soit possible, les mesurer afin de pouvoir les analyser.

¹ Les guillemets servent à relativiser la portée de la menace. En fait, on sait que la perspective d'une évaluation peut aussi être un moteur motivationnel positif, dans le sens où le résultat visé (la « bonne » note) peut être une fin en soi.

IV.4 De la mesure des deux efficacités

Dans cette recherche-développement, nos efforts se concentrent très clairement sur l'efficacité subjective.

Il est important de rappeler que nous opposons, sur une même « ring »-interface, d'un côté du texte et de l'autre de l'animation. Le dispositif multimédia laisse à l'utilisateur le choix de faire appel à l'un ou l'autre des registres de représentation sémiotique, et ce à chaque instant de son parcours. Sans trop entrer dans le détail à ce stade de notre présentation, nous pouvons ainsi préciser que le dispositif met réellement en concurrence le texte et l'animation.

Le contenu de la séquence pédagogique se prête d'ailleurs aussi bien à une présentation animée que textuelle, puisqu'il s'agit d'expliquer un phénomène profondément inscrit dans un continuum spatio-temporel : la rétrogradation de Mars, régulièrement observable depuis notre planète. En fait, le dispositif apporte la clef d'un mystère visuel : pourquoi la planète rouge paraît-elle parfois reculer dans le ciel nocturne, avant de reprendre sa trajectoire « normale » ?

Comparer l'efficacité objective du texte et de l'animation reviendrait à s'assurer que le dispositif expérimental permette de mesurer la plus-value réelle, en terme d'apprentissage, apportée par l'un ou l'autre de ces registres de représentation, en fonction du poids (ou de l'importance) que l'utilisateur a donné à chacun d'eux durant son parcours à travers le dispositif. Ce « poids » étant quantifié, par exemple, en terme de temps passé sur chaque séquence explicative ou de nombre de sollicitations de chaque registre.

Ainsi, il s'agirait par exemple d'évaluer le progrès mis en lumière par l'analyse des résultats d'une évaluation finale « bien pensée ». Autant le préciser tout de suite : dans ce sens-là, notre évaluation finale est à mille lieues de représenter la panacée, parce qu'elle ne cherche à aucun moment à mesurer un quelconque progrès (gain dans l'allocation des différentes ressources cognitives citées plus haut). Dès lors, il serait très difficile, dans ces conditions, de faire une corrélation entre les choix de l'utilisateur et l'impact sur l'apprentissage. Vous ne trouverez donc aucune conclusion ressemblant à celle-ci : « les sujets qui ont privilégié l'animation dans leur parcours ont mieux appris que les autres ».

Dès le départ, nous avons clairement décidé que l'évaluation finale imposée au sujet par le dispositif ne servirait que de déclencheur pour observer, puis tenter de mesurer et d'analyser, autre chose : l'efficacité subjective, bien entendu !

Cette dernière – l'expression du gain **présumé** par le sujet - paraît pourtant bien plus difficilement mesurable que sa consœur objective. La piste

empruntée dans ce travail consiste alors à essayer d'analyser la manière dont l'apprenant évolue dans le dispositif lorsqu'on lui laisse un maximum de libre-arbitre.

Nous prenons soin de restreindre un peu ce sentiment de liberté dans un des deux groupes formés pour l'expérience : en mettant l'apprenant dans une situation où la recherche de la compréhension se mue en une nécessité, de par la perspective d'une évaluation finale annoncée, nous espérons influencer de manière significative sur la navigation du sujet. A nous ensuite de comparer les comportements dans les deux groupes (en ressortant notamment des sortes de typologie de navigation), afin de mettre en évidence d'éventuelles différences.

Autrement dit, cette méthode devrait permettre de faire ressortir des comportements décisionnels induits par une consigne passée différemment dans les deux groupes. Analyser la navigation comme étant le résultat de choix successifs entre animation et texte revient ainsi à proposer une méthode par défaut qui rend « visible », et donc mesurable, l'efficacité telle qu'elle est anticipée par le sujet.

Force est de constater que l'intellect du sujet en question est tout sauf une *tabula rasa*. Ses décisions sont dictées par bien d'autres paramètres qu'un éventuel « stress » lié à une évaluation annoncée : son expérience antérieure des deux modalités de présentations, notamment, est essentielle. Que l'une ou l'autre lui soit plus familière, qu'elle ait meilleure réputation à ses yeux, qu'elle soit présumée d'office plus efficace dans telle ou telle circonstance (auto-analyse liée aux capacités métacognitive), et l'apprenant exprimera également son favoritisme à travers ses choix de navigation.

Le *ceteris paribus* cher à toute tentative de modélisation n'est ainsi pas facile à obtenir. Pour estomper au maximum ce biais, nous avons choisi de faire passer cette expérience auprès d'un échantillon important d'une population choisie pour sa relative homogénéité (nous reviendrons sur cette notion dans le corps du travail).

C'est de cette nécessité du grand nombre qu'est né le besoin de développer un dispositif permettant une passation expérimentale affranchie du temps ou de l'espace. Avec 218 sujets validés sur 430 qui ont passé l'expérience (les critères qui nous ont poussé à écarter une bonne moitié de nos sujets seront décrits ultérieurement), notre collecte de résultats permet de s'essayer à un peu de *data mining*. Par conséquent, un travail qui voulait coller, au départ, à la démarche déductive se retrouve à glisser en fin d'analyse vers un peu d'induction. De l'observation, nous essaierons de tirer des règles.

Nous espérons que ces règles pourront être opérationnelles dans le domaine de l'édition pédagogique multimédia. En effet, il nous paraît primordial d'intégrer le comportement présagé des utilisateurs dès la phase de conception d'un dispositif d'apprentissage.

S'il se révélait, par exemple, que les animations sont passablement dédaignées par un utilisateur en quête d'efficacité, et cela malgré tous les efforts entrepris pour produire des animations apportant une plus-value objective à la séquence, il faudrait peut-être que le concepteur se fasse à l'idée d'un dispositif un peu plus dirigiste. Il pourrait être bienvenu, dans un tel contexte, de reconnaître que la liberté de découverte de l'utilisateur peut parfois se faire au détriment de l'efficacité de l'apprentissage. Ce travail pourrait peut-être de l'eau au moulin de ceux qui font l'apologie de la découverte guidée !

1^{ère} PARTIE : la recherche expérimentale

1. Introduction

« En fait, plus que par l'oralité, c'est par la séduction de l'image que le texte et la littérature sont aujourd'hui le plus concurrencés. En même temps, l'écrit, devenu omniprésent, subsistera au moins pour une de ses fonctions, qui est de permettre la fixation d'une pensée et d'en faciliter la communication et l'élaboration, d'une façon illimitée. Comme la pensée ainsi mise par écrit possède une configuration spatiale, il est possible au lecteur de la traiter à son rythme, d'en suivre les développements, d'y déceler les articulations et aussi d'en apercevoir les failles. L'écrit se prête donc idéalement à un travail analytique. Dans cette fonction, on ne voit pas qu'il ait commencé à céder du terrain »

(Vandendorpe, 1999, p.237)

Nous avons choisi d'introduire la construction du cadre théorique par cette longue citation pour plusieurs raisons.

Premièrement, l'auteur met explicitement en concurrence l'écrit et l'image. En parlant d'emblée d'un rapport de séduction, il va placer le lecteur dans une posture très dynamique. Le rapport à la lecture est également affectif et le lecteur se trouve dans une position de libre-arbitre.

En même temps, Vandendorpe reconnaît au lecteur l'intelligence de choix faits en fonction de critères d'efficacité et non seulement de plaisir. Le lecteur est sensible au paraître, mais aussi à l'être. Dans un contexte d'apprentissage, il va également orienter ses choix en fonction de ce qui est « mieux » pour lui.

Dans notre expérience, nous postulons justement que des sujets vont être particulièrement actifs, et rechercher ce qui est « mieux » pour eux, même si la notion de « mieux » devrait varier d'un groupe à l'autre. Ici, nous apercevons d'ores et déjà quelques grands champs à investiguer pour saisir comment l'apprenant choisit, de manière plus ou moins consciente, le meilleur en fonction de ce qu'il recherche à un moment donné (plaisir et/ou compréhension). Il nous faut, pour comprendre les affinités que l'apprenant peut entretenir avec texte et images/animations dans un dispositif donné, mettre en lumière quatre des éléments qui pourront très probablement dicter ses choix :

- les outils de lecture du verbal et du graphique dont il dispose ;
- le rapport affectif qu'il entretient avec le verbal et le graphique ;

- la qualité des éléments graphiques qu'on lui propose (images / animations) ;
- la qualité de l'organisation de l'information dans le dispositif.

Ainsi, autour du premier point, nous essaierons de mettre en avant la manière dont l'apprenant « lit » un texte ou une image/animation. Il s'agira de se pencher sur quelques théories provenant des sciences cognitives afin de comprendre comment le traitement de l'information graphique et verbale s'opère dans la « boîte noire » de l'utilisateur. Comment comprend-on ?

Le deuxième point demandera une analyse de la représentation que l'apprenant se fait de l'efficacité du texte et, respectivement, de l'image/animation. Son vécu, ses expériences passées auront, d'après nous, un rôle capital à jouer dans la valeur que l'apprenant octroie à ces différents registres de représentation sémiotique ;

Troisièmement, nous essaierons de souligner quels sont les points à respecter pour produire des images/animations de qualité faisant le poids face à un texte vanté pour son potentiel analytique sans pareil (si nous nous référons aux propos de Vandendorpe, cité ci-dessus), et qui maximisent les conditions propices à un apprentissage efficace ;

Finalement, nous discuterons de l'influence du format de présentation de l'information dans un tel dispositif multimédia. La manière dont le dispositif est construit a-t-il un réel impact sur la compréhension du contenu proposé, lorsque celui-ci est mixte ? La « confrontation » du verbal et du graphique est-elle judicieusement orchestrée ? Nous discuterons ici de considérations structurelles en lien très fort avec la navigation dans le dispositif (hypertextualité, interactivité, etc.)

Le lecteur aura déjà remarqué avec justesse que seul le deuxième point concerne directement ce que nous avons appelé l'efficacité subjective, à savoir la manière dont l'apprenant évalue par lui-même la plus-value espérée, exprimée à travers sa préférence en l'un ou l'autre des registres de représentation.

La raison principale qui nous pousse malgré tout à nous pencher sur des critères plus scientifiques d'efficacité est la suivante : notre dispositif se veut le plus objectivement efficace possible (ergonomie, contenu), afin que l'on ne puisse pas nous reprocher un biais supplémentaire, celui d'avoir induit chez l'apprenant une navigation subjective peu efficace à cause d'un produit de piètre qualité, entraînant par exemple une démotivation du sujet.

Cadre théorique

2. Le traitement cognitif de l'information : comment comprend-on ?

2.1 La lecture d'un texte et la lecture d'une image

Dans un dispositif multimédia présentant, par définition, une mixité des registres de représentation sémiotique, la consultation d'éléments verbaux (textes) ou graphiques (images et illustrations) s'organise en fonction de choix plus ou moins conscients.

En fait, si décodage il y a dès que l'œil se pose sur un « objet », il emprunte cependant des chemins différents, selon qu'on lise une image ou un texte. Au fait, profitons-en pour préciser, d'ailleurs, qu'à partir du moment où un apprenant fournit un effort pour appréhender une information visuelle, et la traiter de manière active, nous parlerons de « lecture ». En d'autres termes, sitôt qu'il y a tentative de donner du sens, il s'agit de l'acte de lecture. Un texte ou une image/animation ne peut produire des effets de sens que s'il met en place des articulations repérables par l'utilisateur.

S'il paraît évident qu'un texte se lit, il faut bien reconnaître qu'une image aussi... même si nous ne sommes pas forcément égaux devant le traitement de ces deux registres de représentation sémiotique. La lecture de l'image possède des clefs très variées et chacun ne possède pas le même trousseau.

L'accès au « lire » implique le passage par deux autres étapes indispensables, le « voir » et le « regarder ». Pour simplifier, « voir » nous emmène dans le monde de la perception, « regarder » dans celui de la motivation et « lire » dans celui de la cognition.

Il est très ardu de dissocier l'acte de lire de celui de comprendre. Lire, c'est de toute façon partir en quête de sens, même s'il est indéniable qu'on puisse lire un texte de manière tout à fait superficielle, sans souci de vérifier si ce qu'on a compris paraît correct (en le confrontant à ce qu'on sait déjà, à nos représentations, ou à un quiz d'entraînement intégré au dispositif, par exemple). Un sujet pareillement a-motivé nous paraît ainsi naturellement plus proche du « voir » que du « lire », parce qu'il n'est pas vraiment actif d'un point de vue cognitif. Cette notion d' « activité » cognitive se retrouve d'ailleurs dans les modèles que nous présenterons.

2.2 De nos yeux à notre intellect

Au fait, comment lit-on un texte ou une image, comment donne-t-on du sens à ce qu'on voit, comment interprète-t-on et comprend-on ce que nos yeux nous transmettent ?

Dans un premier temps, nous allons traiter textes et images plutôt séparément. Nous verrons pourtant bien vite qu'il est indispensable de se pencher sur la manière dont le lecteur réagit lorsqu'il est confronté simultanément, ou presque, aux deux registres de représentation sémiotique dans un même dispositif, ce qui nous rapprochera de notre problématique.

Trois théories très fortement interconnectées, à tel point que s'en dégage une exceptionnelle cohérence, méritent les feux de notre attention dans cette première partie. Il est vrai que nous ne pouvons pas faire l'économie de leur présentation, au moins dans de grandes lignes, puisqu'elles composent la colonne vertébrale des modèles de Mayer (2001) et de Narayanan & Hegarty (1998), auxquels nous allons nous référer plus bas. Ces deux modèles seront des pierres très précieuses à l'édification de notre travail.

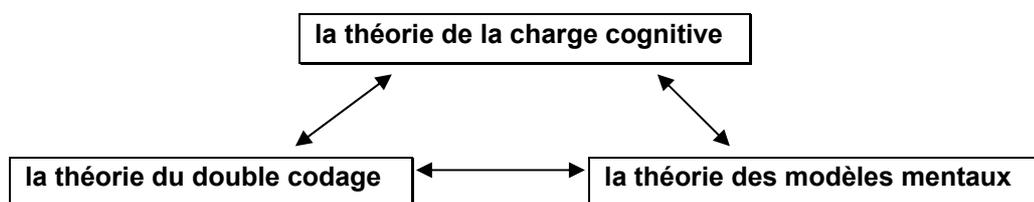


Figure 1 – trois théories inter reliées

Plusieurs auteurs ont ainsi essayé de comprendre comment la lecture d'une information verbale ou graphique (processus cognitif d'appréhension, d'interprétation et d'intégration) s'opère chez un individu.

Ces trois modèles se construisent tous autour du noyau « perception \leftrightarrow mémoire », en soulignant que la compréhension humaine se forge à partir de ce qu'on voit, d'une part, mais aussi de ce qu'on sait déjà, d'autre part. Le niveau d'expertise semble influencer ainsi fortement sur la mécanique cognitive d'un sujet confronté à une information visuelle. N'est expert que celui qui sait, ne sait que celui qui a pu stocker l'information.

Il est dès lors important de se pencher sur la perception et la mémoire, puisqu'elles interviennent de toute manière dans tout acte de lecture.

2.3 Mémoire(s) et processus perceptifs

En amont, essentielle à l'étape du « voir », se trouve la perception. Dès le départ, ce processus fondamentalement organique travaille main dans la main avec la mémoire, ou plutôt *les* mémoires. Clavier (2003, p.11) synthétise parfaitement les découvertes faites dans ce domaine, notamment par Sperling et Baddeley, deux auteurs qui ont fait de très constructives distinctions entre plusieurs types de mémoire (court terme, long terme et perceptive).

Puisque nous nous plaçons du côté de l'utilisateur d'un dispositif multimédia, amené à faire explicitement des choix, nous retenons particulièrement de ces théories le caractère limité des processus perceptifs, qui appelle un traitement très rapide de l'information visualisée. Ou une info est retenue comme pertinente et est traitée comme il se doit (processus cognitif interagissant avec la mémoire), ou elle est immédiatement reléguée aux oubliettes de la perception : ce mécanisme de sélection de l'information, fortement liée à une quête du sens déjà au moment de la perception, est sujette à plusieurs tentatives de modélisation. Comme Clavier (2003, p.11), nous avons envie de retenir celle de Neisser (1976), parce qu'elle insiste sur l'existence d'une boucle de rétroaction entre les représentations du lecteur, et l'exploration de l'image (« image » devant être pris ici dans le sens très générique de *ce qui s'offre à la vision* : autant des éléments graphiques que du texte).

Dans cette « pré-quête » de sens, Vandendorpe (1999, p.146) marque déjà une première distinction entre le texte et l'image/animation, autour des notions de sens et d'effet : « c'est dans cette opposition entre sens et effet que l'on peut mieux cerner ce qui, selon nous, fait la spécificité de l'image. Le langage produit du sens (ou du non-sens) et accessoirement de l'effet ; l'image produit un effet (ou un non-effet) et accessoirement du sens ». D'après l'auteur, le processus de lecture de l'image serait ainsi nettement influencé par des considérations émotionnelles d'ordre visuel, au stade primaire de la perception.

Quoi qu'il en soit, ce serait donc au moment de la consultation déjà que se ferait un travail cognitif très intense. Mais attention à la surcharge...

2.4 La théorie de la charge cognitive

Parmi les éléments qui composent le système complexe de la mémoire humaine, que nous avons choisi de ne pas détailler ici parce qu'ils ne servent pas directement le propos central de notre démonstration, l'un est particulièrement sollicité dans cette phase perceptive. Il s'agit de la **mémoire de travail (MDT)**. Les travaux de Chandler & Sweller (1991) soulignent la capacité limitée de cette mémoire. Elle est utilisée dans la résolution de

problèmes immédiats ; si la complexité d'un problème posé, en terme de paramètres à traiter simultanément, est trop importante, il y a risque effectif de surcharge. Le prix à payer serait alors une diminution assez conséquente de la capacité à traiter l'information et à l'intégrer.

Un autre principe issu de la psychologie cognitive vient heureusement adoucir le rude constat d'une mémoire de travail qu'on pourrait très facilement déstabiliser et surcharger : il s'agit de l'acquisition de procédures de traitement automatisées, capables de lui venir en aide. Pour tenter une analogie musicale, nous pourrions parler de la « mémoire des doigts » d'un guitariste. Certains schémas, certaines grilles d'accords, sont automatisés et sont immédiatement reconnus comme des « objets » standards dans une partition. Il suffit, pour un droitier, d'essayer de jouer un instant de la main gauche, pour se rappeler à quel point l'acte d'apprendre à poser ses doigts correctement sur le manche était le résultat d'un processus énergivore de ressources cognitives, en tant que débutant.

Nous pensons que la théorie de la charge cognitive a une grande responsabilité dans la façon dont un « comprenant » navigue dans un dispositif multimédia. S'il est postulé qu'il va rechercher la loi du moindre effort cognitif, il devrait en effet privilégier les éléments du dispositif qui sont les moins déstabilisants, les plus rassurants, les plus familiers.

De plus, si Sweller et Chandler (1994) ont raison lorsqu'ils affirment qu'une complexité inadéquate du matériel présenté (nombres d'éléments et densité des interactions élevés) peut être source de surcharge cognitive, cela légitime d'ores et déjà la réflexion autour de la manière dont les éléments sont organisés dans le dispositif, ainsi que celle sur la complexité des animations (qui peuvent parfois se révéler redoutables à lire !). Le concepteur va rechercher à minimiser l'effort nécessaire à la compréhension des processus montrés en agissant notamment sur leur découpage et leur organisation.

Les principes de Mayer (2001), précieux dans le domaine de l'intégration judicieuse d'éléments multimédia dans un dispositif d'apprentissage, nous permettront de revenir – à l'intérieur du cadre théorique ainsi que dans la partie consacrée à la conception de notre dispositif expérimental – sur cette problématique de la minimisation de la charge cognitive inhérente à la présentation du matériel, notamment autour de l'effet de « dissociation de l'attention » (split attention) ou encore de l'effet de redondance.

Pour le moment, et parce que nous avons brièvement introduit la notion de charge cognitive ainsi que le binôme « mémoire-perception », nous vous proposons une présentation de modèles qui expliquent comment on peut

passer du « voir » au « lire », de la perception à la compréhension (avec, toujours en toile de fond, la précieuse mémoire).

2.5 La théorie du double codage (Paivio, 1991)

Cette théorie nous interpelle passablement, parce qu'elle distingue très clairement les processus de traitement et de stockage du texte et des images. Elle postule en effet que textes et images sont manipulés dans des filières cognitives différentes. S'il est expliqué que le texte est encodé verbalement et l'image picturalement, il est aussi précisé que ces deux systèmes de codage ne sont pas complètement cloisonnés et hermétiques.

Passablement de chercheurs ont prolongé les travaux de Paivio. Dans Clavier (2003, p.25), nous avons trouvé deux hypothèses intéressantes pour notre problématique :

« 1. La première est que les mécanismes séparés sont complémentaires et s'additionnent, de sorte qu'un message codé dans les deux formats (visuel et verbal) devrait être mieux retenu (Kobayashi, 1986).

2. La deuxième hypothèse est que les possibilités d'encodage de ces deux mécanismes indépendants diffèrent, en ce sens que les images sont plus à même d'être codées à la fois verbalement et « picturalement » que les mots (Hannafin, 1983) »

Dans le cadre de ce travail, l'intérêt de la première hypothèse, paraît évident. Nous aurions envie de dire que la redondance (visuel et verbal) d'une information (ce que l'auteur appelle « coder » le même message dans les deux formats) est forcément positive, puisqu'elle solliciterait de manière également redondante la mémoire, permettant de mieux y fixer l'information. Si l'utilisateur d'un dispositif proposant une telle redondance choisissait explicitement de lire le message codé dans les deux formats, de manière méthodique, cela pourrait vouloir dire qu'il y voit effectivement une plus-value dans l'apprentissage. Il trouverait alors cette redondance profitable et en userait, ce que nous appelons volontiers la *quête de l'efficacité subjective*.

Nous voyons néanmoins en tout cas deux limites à la première hypothèse :

- premièrement, la vraie redondance n'existe pas. Cela signifierait que le texte et l'image/animation se feraient le strict reflet de la même information. On sait pourtant qu'une image « raconte » souvent un peu plus, de manière indirecte, laissant la place, notamment, à de l'analyse spatiale (qui va au-delà du message initial dont elle se veut le vecteur) ;

- de plus, cette redondance peut être accentuée, ou au contraire atténuée, en fonction de considérations ergonomiques. Deux codages contigus d'une même information paraîtront probablement plus redondants au sujet que les mêmes, spatialement éloignés sur l'interface. De plus, ces deux codages d'une même information paraîtront plus redondants, s'ils sont consultés l'un après l'autre (voire en même temps).

Espace et temps, les deux éléments d'un même continuum. L'exemple ci-dessus nous montre qu'il est important de les dompter, et de les traiter parfois séparément lors de la conception d'un dispositif d'apprentissage. Mal comprendre leur influence revient à ne pas leur reconnaître un pouvoir certain dans la qualité des interfaces.

La deuxième hypothèse, quant à elle, prête à l'image un net avantage face au texte, puisqu'elle ferait plus aisément l'objet d'un double codage (verbal et pictural). Nous voyons à nouveau deux limites à franchir prudemment lors de la conception pédagogique de notre dispositif :

- premièrement, il peut être également difficile de mettre des mots sur une image. Ainsi, une scène abstraite permettra un codage verbal des différents éléments qui la composent, mais il sera ardu de décrire globalement ce qu'on y voit. De plus, une représentation imagée (statique ou dynamique) montrant une situation complexe (la « complexité » reste à définir, nous le ferons plus bas) peut faire naître de grosses difficultés de codage verbal pour diverses raisons (pauvreté du vocabulaire, occultation de certaines parties de l'image noyées dans l'ensemble, etc.) ;
- ensuite, Paivio souligne lui-même que certaines propositions verbales peuvent quand même faire l'objet d'un double codage, pour autant que l'information qu'elles véhiculent puisse être facilement mise en images. En fait, plus le mot « emballe » quelque chose de concret, de préhensible (ex. une banane), plus cet éloignement de l'abstraction permettra une mise en image, et donc un double codage (Paivio, 1986).

Cette théorie du double codage a le mérite d'aller dans le sens d'une production de recommandations en matière de présentation multimédia. « Je vais mettre un maximum d'images/animations, comme cela l'élève retiendra mieux », « je vais proposer un maximum de doublons image/animations \leftrightarrow texte, pour favoriser le double codage », autant d'affirmations dont il faut néanmoins se méfier, car cela n'est pas si simple d'organiser des contenus soi-disant redondants.

2.6 Un modèle de compréhension des textes et des images

Wolfgang Schnotz (2002) propose un modèle très séduisant d'acquisition des connaissances à partir d'informations verbales et visuelles.

Le schéma ci-dessous, traduit par Bétrancourt (2001, d'après les travaux de Schnotz & Grzondziel), en synthétise le fonctionnement interne.

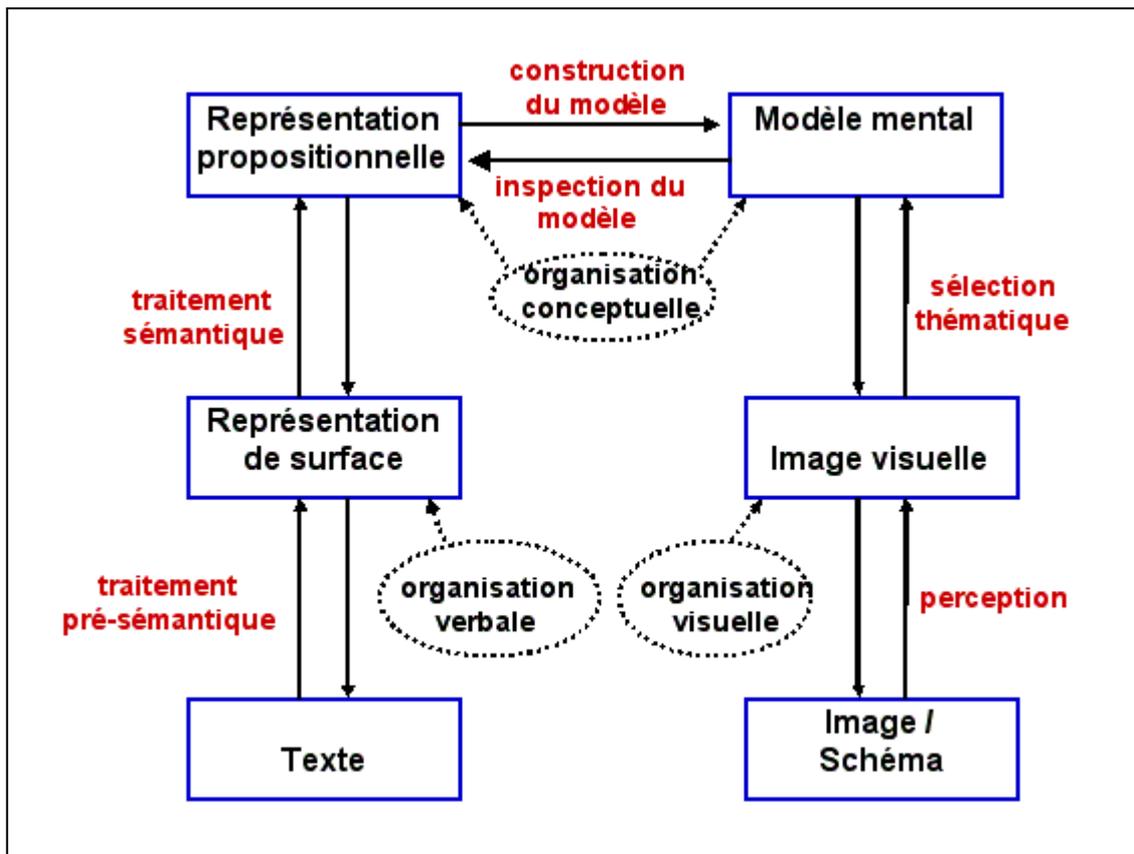


Figure 2 – modèle d'acquisition des connaissances à partir d'informations verbales et visuelles

En fait, lorsque textes et images sont présentés de manière combinée, la compréhension du texte comme celle de l'image deviennent les composantes d'une activité mentale complexe. Mais comment le traitement cognitif d'information verbale et picturale s'opère-t-il ?

Dans le diagramme, nous remarquons que le traitement de texte et d'image emprunte des chemins qui sont tout sauf des sens uniques. Des allers-retours, faits de constructions et de réinspections, sont présents dans les deux « filières ».

La compréhension du texte se fait autour d'une analyse des structures symboliques. Pour arriver à la construction d'un modèle mental opératoire, le « lecteur » doit passer par un traitement pré sémantique de l'information visualisée pour se forger une première représentation de surface du texte. A partir de là, il peut balayer sémantiquement cette première représentation pour en extraire une nouvelle représentation faite de propositions (le sujet donne du sens à ce qu'il lit). Si ces propositions servent effectivement à construire un modèle mental de l'information décrite, l'inspection de ce dernier ne peut se faire qu'à travers une extraction de propositions.

La compréhension de l'image, qui nécessite également un premier travail d'organisation (visuelle, cette fois, et non verbale) est analogique. Les images bénéficient d'un accès privilégié au système visuel. Une « image visuelle », calquée sur « l'image réelle » est produite. C'est à partir de celle-ci qu'une sélection thématique va s'opérer, afin de construire un modèle mental en fonction des connaissances préexistantes mais également du sens que l'on peut donner aux éléments qui composent l'image.

L'organisation conceptuelle s'élabore principalement à travers l'interaction entre le modèle mental et sa représentation propositionnelle (construction-inspection).

Ce modèle tisse un lien très fort entre compréhension de l'image et du texte, puisqu'il essaie également d'expliquer comment un sujet va mettre des mots sur ce qu'il voit et comment il peut visualiser ce qu'il lit.

2.7 La théorie des modèles mentaux

Johnson-Laird (1983) est l'un des chercheurs qui a travaillé ardemment à la construction de la théorie des modèles mentaux.

« Un modèle mental est une représentation interne d'un état de chose. Il s'agit d'une forme de représentation des connaissances reconnue par de nombreux chercheurs en sciences cognitives, comme étant la façon naturelle dont l'esprit humain construit la réalité, en conçoit des alternatives, et vérifie des hypothèses, lorsqu'il est engagé dans un processus de simulation mentale. » Johnson-Laird (1983).

Il nous paraît essentiel de faire état des modèles mentaux dans cette construction d'un cadre théorique, et ce pour plusieurs raisons.

Premièrement, cette théorie s'échafaude autour du concept de représentation. Ce concept est essentiel dans notre problématique, puisqu'il est question ici de

représentation « internes », à savoir l' « image » mentale que se forge l'apprenant à partir d'une situation décrite. Un dispositif multimédia propose, par définition, la description d'un phénomène empruntant plusieurs canaux de diffusion. Notre dispositif entrera bien entendu dans cette catégorie.

Ensuite, cette théorie étudie ce qu'il se passe avec un apprenant qui cherche à comprendre le monde dans lequel il évolue et essaie d'interagir avec lui. Elle donne ainsi à l'apprenant un rôle vraiment actif. Les représentations sont amenées dès lors à évoluer, à travers les traitements que l'apprenant opère sur eux : catégorisation, généralisation ou son contraire la spécification, inférences.

Finalement, cette théorie tisse un lien avec celle du double codage ainsi qu'avec celle de la charge cognitive, puisqu'elle postule que ces constructions d'une interprétation de l'environnement s'élaborent à l'intersection de connaissances précieusement conservées en mémoire à long terme, d'informations fournies par le couple « perception – mémoire », ainsi que de la compréhension qui est élaborée d'une description de situation.

Première constatation : les opérations de traitement sur les représentations citées juste au-dessus sont très sensibles à une surcharge de la mémoire de travail. La « production » d'un modèle mental l'est donc également. En pareil cas, le processus de production d'inférences, qui reste quand même le nerf de la déduction et donc un des éléments clefs de la compréhension de chaînes causales, peut se retrouver pris dans un « goulet d'étranglement ».

A noter également : Bétrancourt (1996) relève que la capacité limitée de la mémoire de travail oblige l'apprenant à construire ses différents niveaux de représentation du matériel au fur et à mesure du traitement. Quand on analyse la navigation de sujets dans un dispositif multimédia, on peut alors postuler que ces derniers vont chercher à auto-minimiser cet effort, en privilégiant, par exemple des transitions douces entre deux différents états d' « équilibre » du système et en évitant les sauts dans le dispositif, entraînant probablement un travail trop important de recontextualisation de la matière présentée.

Deuxième remarque : selon Johnson-Laird (1983), les modèles mentaux peuvent être à la fois verbaux ou imagés. D'où l'importance de bien saisir les implications de la théorie du double codage. Richard Mayer l'a bien compris, puisqu'il construit son modèle principalement sur ces deux bases.

Troisième observation que nous partageons avec Mayer & Anderson (1992) : « un modèle mental est toujours une activation partielle de l'ensemble des connaissances, une sélection que le système accomplit entre ce qui est pertinent et ce qui ne l'est pas ».

Clavien (2003) a retenu six caractéristiques essentielles des modèles mentaux, de la lecture de Bétrancourt (1996). Bien que les six soient effectivement incontournables, nous ne citerons ici que trois d'entre-elles, parce qu'elles ont un lien direct avec notre dispositif expérimental :

« 1. Le modèle mental est une représentation de *ce dont parle* le matériel présenté et non une représentation *du* matériel présenté. Ainsi, le modèle mental intègre les informations issues du matériel présenté plus les connaissances antérieures stockées en mémoire à long terme.

2. Le modèle mental possède une structure analogique à la structure de l'objet présenté et par conséquent, permet des opérations cognitives similaires à celles qui sont opérées lorsque l'objet est vraiment présent.

3. Un modèle mental peut être envisagé comme un réseau de relations entre les éléments représentationnels (tokens) disposés en mémoire de travail (Glenberg & Langston, 1992). Ces *tokens* représentent des objets, des personnages, des éléments ou des événements issus du matériel présenté et leurs relations peuvent être causales, spatiales ou temporelles. »

Ces trois points nous paraissent particulièrement essentiels pour les raisons suivantes :

Le premier relève le rôle de la mémoire à long terme, donc des savoirs préexistants à la nouvelle situation descriptive. Le niveau d'expertise de l'apprenant aura donc une incidence indéniable, dans ce travail de réactualisation des représentations existantes.

Les deuxième et troisième points peuvent être commentés ensemble. Le temps, l'espace, ainsi que les liens de causalité seront omniprésents dans notre dispositif expérimental, parce que les phénomènes décrits prennent place dans l'espace 3D, sont décomposés en étapes reliées par des relations de cause à effet plus ou moins explicitées, et finalement inscrits dans le temps. Dès lors, savoir que la construction d'un modèle mental « calqué » sur la structure des objets présentés se fait dans le respect des relations entre ces objets parfois complexes (eux-mêmes ou leurs propriétés) nous rassure. Il est vrai que dans notre dispositif, espace, temps et liens de causalité se retrouvent à deux niveaux de lecture : au sein d'une animation, mais également en navigant entre les différents niveaux d'explications.

2.8 Le modèle de Mayer et l'apprentissage actif

La théorie des modèles mentaux mettait déjà clairement en avant le rôle actif de l'apprenant dans le processus d'apprentissage. En modifiant constamment

ses représentations du contenu descriptif proposé, en mettant en relation les objets de l'environnement observé (inférence, catégorisation, etc.), l'apprenant est pleinement acteur de la manière dont il construit sa connaissance du milieu.

Mayer propose un modèle bien précieux, puisqu'il tisse un lien très fort entre la façon dont l'apprenant « gère » activement son parcours de découverte et de construction d'une compréhension propre (théorie des modèles mentaux) et le traitement cognitif spécifique entrepris par la « boîte noire » dans une présentation multimédia (théorie du double codage).

Le modèle de Mayer nous paraît tout à fait opératoire, puisqu'il explicite et formalise le processus de compréhension, en le découpant au passage en plusieurs phases, et insiste sur le rôle joué par les différentes mémoires.

Le schéma proposé par Mayer (2001) va nous servir de base solide sur laquelle nous appuyer pour comprendre les articulations du modèle du chercheur.

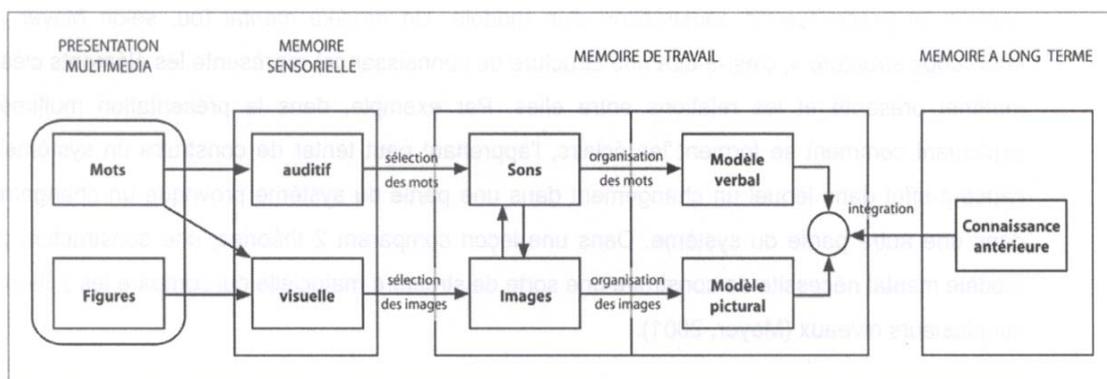


Figure 3 - Le modèle de Mayer du traitement cognitif des instructions multimédia (Mayer, 2001, traduction française par Clavier (2003))

Premièrement, ce schéma nous permet de retrouver la théorie du double codage : nous distinguons bien les deux filières parallèles qui partent chacune d'un registre de représentation.

Une précision de taille, à ce sujet : un « mot » peut être entendu ou vu (au stade « organique » de la perception), dans le modèle de Mayer. Dans notre dispositif, en revanche, le mot est uniquement vu : les deux registres de représentation sémiotique font ainsi partie de la même modalité sensorielle (visuelle). Néanmoins, conformément à certaines conclusions de Baddeley (1986), le « mot » vu va être traité, dans la mémoire de travail, comme le « mot » entendu (on parle d'un processus d'autorépétition), afin de déboucher

sur la production d'un modèle mental verbal (et non pictural). Selon ce modèle, un dispositif qui propose à la fois une explication graphique (image/animation) et écrite (texte) sollicite bien la mémoire de travail dans les deux filières de codage (verbal et pictural), même si les deux registres de représentation sémiotique sont au départ dans la modalité visuelle. En fait, la différence se fait en terme de charge cognitive, puisque la même modalité sensorielle doit gérer les deux médias. Heureusement, dans le dispositif, la présentation n'est pas simultanée, mais bien séquentielle.

Ensuite, nous remarquons également que ces filières cognitives ne sont pas cloisonnées, puisqu'il existe des ponts entre les deux (avec une information y circulant à sens unique ou dans les deux directions).

Finalement, nous voyons clairement se détacher trois phases qui s'occupent de la connectivité entre les différentes étapes du traitement cognitif : la **sélection**, l'**organisation** et l'**intégration**. En fait, dans le modèle de Mayer, l'apprentissage est qualifié d'actif sitôt que l'apprenant essaie de donner du sens à l'information distillée par le matériel consulté.

Dans notre expérience, encore une fois, nous nous efforcerons de rendre les sujets d'un groupe plus actifs en les « motivant » artificiellement (évaluation finale). Il vaut la peine d'explicitier ce qu'on entend par actif. En fait, les sujets des deux groupes seront tous amenés à naviguer dans le dispositif. Tous cliqueront, saisiront du texte, feront apparaître de jolis pop-up sur les boutons en glissant la souris, etc. Nous pourrions alors affirmer que les sujets seront intégralement actifs parce qu'ils profiteront du potentiel interactif du dispositif. Mais ce serait confondre activité avec interactivité...

Pour nous, comme pour Mayer (2001), ceux qui seront réellement actifs confronteront leur système cognitif au dispositif, en cherchant à élaborer des modèles mentaux à partir des présentations descriptives proposées.

La mesure de l'efficacité objective d'un dispositif à travers une évaluation finale permet de jauger, un peu par défaut il faut bien le reconnaître, du « taux d'activité cognitive » des apprenants. Il est postulé, en effet, qu'un sujet actif comprend mieux parce qu'il a sollicité de manière beaucoup plus efficiente ses potentialités cognitives à travers la construction de modèles mentaux très opérationnels, parce que proches de la réalité. Il devrait alors mieux réussir les tests.

2.8.1 L'autodétermination comme clef de la motivation

Avant de poursuivre cette découverte de Mayer, il nous paraît important de nous arrêter, certes brièvement, sur la dynamique motivationnelle. En effet, elle occupe une place centrale dans des modèles d'apprentissage postulant que l'élève doit être actif pour apprendre : il s'agit évidemment de tous les modèles constructivistes.

Nous pouvons approcher la problématique motivationnelle de différentes manières. Nous avons choisi une théorie originale, celle de Deci & Ryan (1985).

Selon les auteurs, il est nécessaire de faire la distinction entre deux grandes catégories de motivation, l'extrinsèque et l'intrinsèque.

- la motivation extrinsèque

Dans ce cas de figure, le sujet est actif parce qu'il vise une conséquence indépendante de l'activité même. Recevoir une récompense, éviter le sentiment de culpabilité, susciter l'approbation sont des motivations extrinsèques. Il est vrai que les exemples de ce type de motivation ne manquent pas dans le monde scolaire : travailler pour obtenir de bonnes notes (ou par crainte des mauvaises), ou encore pour faire plaisir à ses parents, voire à son enseignant.

- la motivation intrinsèque

Ici, les comportements sont uniquement motivés par l'intérêt ou le plaisir que le sujet éprouve dans la pratique de l'activité.

Dans un contexte scolaire « classique », il est très difficile de mettre en exergue cette motivation. En effet, toute une série de contraintes en vue de contrôler l'apprentissage de l'élève sont mises en place dans le quotidien de ce dernier. Comment dès lors s'assurer que si un élève travaille beaucoup en histoire ou en allemand, par exemple, c'est parce qu'il est réellement intéressé par la discipline ?

Une autre originalité de cette théorie peut être citée ici : l'organisation des motivations entre elles suivant un continuum dit d' « autodétermination ». Synthétisant les résultats de plusieurs études, Deci et Ryan (1985) ont pu montrer que la motivation intrinsèque est totalement autodéterminée, alors que la motivation extrinsèque est vécue comme une contrainte. En fait, les résultats vont même plus loin, puisqu'ils montrent qu'une activité jugée au préalable intéressante par les élèves, c'est-à-dire qu'ils pratiquent uniquement pour le

plaisir, perd clairement de son intérêt si elle est pratiquée sous la contrainte : la contrainte peut ainsi tuer l'intérêt...

Les auteurs parlent d'un « continuum d'autodétermination » qui va de l'absence de motivation à la motivation intrinsèque en passant par la motivation extrinsèque qui présente, quant à elle, une gradation des niveaux d'autodétermination (un élève qui ne travaille en cours que sous la menace de la sanction immédiate ne peut être comparé à celui qui souhaite absolument étudier plus tard l'astrophysique et qui sait que ses aspirations vont être conditionnées par ses résultats scolaires).

Une évaluation peut exercer une influence très claire sur la motivation extrinsèque, si l'enjeu est évident pour le sujet. Dans le cas d'un dispositif multimédia, nous pouvons postuler que l'intérêt intrinsèque sera également plus facile à générer que dans un dispositif « monomédia » (texte, par exemple), de par l'agrément apporté par la variété des formats de présentation de l'information. En même temps, l'évaluation (contraignante) va peut-être annihiler la plus grande valeur motivationnelle apportée. Pas facile, dans ces conditions, de « forcer » explicitement le sujet à apprendre, de le pousser à être cognitivement actif...

2.8.2 Trois phases

Revenons sur les trois phases incontournables dans la construction active d'un modèle mental (Mayer, 1999), afin de les expliciter.

1) La sélection

Cette étape prête à l'apprenant la capacité de focaliser son attention sur, et donc de ne retenir que, les mots et les images pertinents de la présentation multimédia. Par souci d'économie, l'apprenant ne transmettrait que l'utile à la mémoire de travail, pour traitement. Nous parlerons ici de la notion de pertinence subjective. Dans le cadre de notre problématique, il nous semble que l'étude d'une navigation qui se voudrait le reflet des préférences de l'apprenant (entre texte et animation) met simultanément en lumière les affinités (confiance, expériences passées, etc.) que ce dernier entretient avec les deux registres de représentation. Un choix privilégiant systématiquement l'animation au texte, par exemple, pourrait être le signe d'une reconnaissance plus grande du sujet pour ce registre de représentation, vue sous l'angle de la collecte pertinente de bribes d'information utile qu'elle permettrait.

2) L'organisation

Ici, l'apprenant construit des relations entre les objets qu'il a sélectionné, en essayant de reproduire la structure du système observé (nous parlons bien ici de l'organisation du contenu, et pas de celle du contenant), afin que les modèles verbaux et picturaux soient le plus analogique possible. Les capacités d'abstraction, de décentration, de hiérarchisation de l'information sont essentielles, et reconnues comme précieuses, à ce stade. Dans le cadre de notre dispositif, c'est à cet endroit que les relations de cause à effet s'établissent (entre les différentes étapes, mais également à l'intérieur d'un même texte ou d'une même animation, par exemple).

3) L'intégration

L'apprenant décide de valider sa nouvelle compréhension, par boucles de rétroaction confrontant le(les) modèle(s) élaboré(s) et ses connaissances préalables dans le domaine concerné. Si cohérence il y a, le modèle est intégré et pourra être utilisé pour valider d'autres modèles ultérieurement.

Le modèle de Mayer est constructiviste, comme tous les modèles cognitifs actuels, en ce sens que l'apprenant construit dynamiquement sa connaissance sur des bases antérieures stabilisées. Ainsi, le niveau d'expertise aurait donc un impact indéniable sur la manière dont les apprenants navigueraient dans un dispositif multimédia.

2.9 Le modèle de Narayanan & Hegarty (1998)

Ce dernier modèle mérite que nous nous arrêtions un instant pour le décrire, parce qu'il propose également des éléments que nous pouvons relier à notre problématique expérimentale.

En fait, nous avons réalisé en découvrant ce modèle que nous pouvions en tirer passablement d'éléments explicatifs permettant de comprendre la manière dont les apprenants pourraient interagir avec notre dispositif. Le fait que ces deux chercheurs aient notamment réalisé des études à partir de matériel décrivant des phénomènes physiques, dont les éléments sont forcément connectés par des liens de causalité, ne pouvait que nous plaire, puisque notre dispositif présente exactement ce profil-là.

C'est surtout le concept d' « animation mentale » qui nous a fortement interpellé (Hegarty & Sims, 1994). Les apprenants seraient capables d'animer mentalement, de manière très sélective, les différents éléments mobiles d'un

système, à l'intérieur même d'un modèle mental construit sur l'observation et les connaissances préexistantes.

Par rapport à ce que propose Mayer (2001), ce modèle introduit explicitement, et ancre fortement, la notion de dynamisme. Dynamisme du système extérieur observé, mais également dynamisme du modèle mental. Il sera dès lors probablement plus opérationnel lorsqu'il s'agira de comprendre comment les apprenants font face à une animation, intrinsèquement dynamique, plutôt qu'à une image.

Un dispositif qui décrit un système dynamique à l'aide de plusieurs formats de présentation (images, textes, animations, sons, ...) va chercher à induire (pour ne pas dire reproduire), d'une manière ou d'une autre, cette structure dynamique chez l'apprenant, afin que son modèle mental soit en adéquation avec la réalité à laquelle il se réfère.

Avec le « d'une manière ou d'une autre », nous signifions qu'un texte peut parfaitement décrire des relations de cause à effet inscrites dans un continuum spatio-temporel, et permettre ainsi à l'apprenant de se construire un modèle mental aussi pertinent que s'il avait vu le phénomène de ses propres yeux. Dans la partie consacrée à une « confrontation » verbal – graphique, nous reviendrons plus en détail sur ce point.

Dans le modèle de Narayanan & Hegarty (1998), l'individu n'arrive pas comme par magie à se représenter dynamiquement un système.

Il va devoir franchir successivement quelques étapes que nous allons brièvement décrire en insistant sur les éléments qui ont un lien plus fort avec notre problématique expérimentale. Avant de pouvoir s'imaginer du mouvement, il va chercher à se forger un modèle mental statique.

Première étape : la décomposition

Pour commencer, l'apprenant va balayer la présentation graphique et décomposer celle-ci en éléments qui ont du sens. Clavier (2003) relève que « la décomposition peut parfois occasionner des problèmes de compréhension car les schémas ne sont souvent pas suffisamment spécifiés, en ce sens qu'ils ne contiennent pas suffisamment d'information pour un utilisateur lui permettant d'identifier si deux ou plusieurs unités reliées représentent des éléments séparés ou des parties d'un seul élément (Ferguson et Hegarty, 1995) ».

Deuxième étape : la construction d'un modèle mental statique

A ce stade, celui qui a réussi à bien différencier les éléments visuels de la présentation peut les confronter à ce qu'il connaît d'eux (le champ de connaissance relié au contenu du dispositif).

Au fait, nous dirons qu'il était déjà d'autant plus facile de différencier les éléments d'une présentation au moment de la décomposition qu'ils étaient connus, ou au moins reconnaissables. A noter qu'il peut s'agir d'éléments abstraits, pour autant qu'ils fassent partie de codes conventionnels auxquels le sujet aura été sensibilisé (ex. un panneau de sens interdit). Nous nous approchons ainsi de considérations qui touchent à l'expertise de l'apprenant (expertise du domaine de connaissances ou « familiarité » avec certaines conventions), mais également au degré de réalisme de la présentation.

Grosse parenthèse pour illustrer ce point (tiré du Sciences & Vie Junior 172, 1.2004, p.4) :

« Pourquoi les Egyptiens sont-ils dessinés de profil sur les hiéroglyphes ?

Avant tout, n'oublions pas que les hiéroglyphes sont un système d'écriture : les dessins correspondent à des sons. Deux dessins d'oiseaux différents, par exemple, correspondent donc à deux sons différents. C'est alors capital de les différencier au premier coup d'œil pour comprendre un texte. Et c'est plus facile de reconnaître un personnage, un animal ou encore un oiseau représenté de profil. Pourquoi ? Parce que les éléments les plus caractéristiques, comme le nez, le museau et le bec sont plus facilement reconnaissables. Les égyptologues pensent que c'est ce qui explique que la représentation de profil soit aussi répandue. Il existe quand même des exceptions, comme la chouette. Son profil tout plat rend son identification difficile. C'est pourquoi les Egyptiens la dessinent de face ! Cette exception illustre bien la théorie des chercheurs : on dessine ce qui est le plus reconnaissable. Et quand un texte est mieux « écrit, il est plus facile à lire ! »

Dans cette phase, l'individu va également solliciter les représentations qu'il possède des potentialités dynamiques des différents éléments, en fonction du lien qui les réunit et de leurs caractéristiques physiques (pour prendre l'exemple de notre matériel expérimental). Autrement dit, il cherche à se représenter les liens entre les différents éléments du système, en fonction des relations spatiales qui les réunissent.

Troisième étape : l'élaboration de liens référentiels

Lorsqu'un dispositif propose différentes modalités de présentation d'un même contenu (comme c'est évidemment le cas dans notre expérience), il est important que l'individu puisse « établir des liens référentiels entre les éléments issus des différentes modalités de présentation, qui constituent la même entité » (Narayanan & Hegarty, 1998, cité dans Clavier, 2003).

Cette capacité que les auteurs appellent la *résolution co-référentielle* sera à tout moment sollicitée dans notre dispositif, puisqu'une même unité informationnelle sera systématiquement présentée dans deux registres de représentation sémiotique.

Quatrième étape : établir des rapports de cause à effet

Après avoir identifié les potentialités dynamiques des différents éléments (deuxième étape), le prochain stade en direction de la compréhension consiste à essayer d'identifier les relations de cause à effet entre les éléments du dispositif. En fait, il s'agit d'anticiper les mouvements possibles des objets.

Cinquième étape : la construction d'un modèle mental à partir d'animation mentale et d'inférences

Cette étape là est l'aboutissement logique des quatre premières ; il s'agit de visualiser les comportements des objets en présence, en fonction de leurs caractéristiques dynamiques individuelles et de la compréhension qu'on s'est forgée précédemment de leurs liens hiérarchiques, ainsi que des rapport de cause à effet qui les unissent.

Il nous paraît fondamental de préciser qu'il existe des limites liées à la puissance de la mémoire de travail empêchant un individu d'animer mentalement plus de un ou deux mouvements de composants à la fois (Hegarty, cité dans Clavien, 2003). Ainsi, dans notre dispositif, nous chercherons à soigneusement éviter que les différentes étapes de l'explication soient trop « riches », en visant une granulosité maximale, afin de minimiser la quantité d'informations à traiter à chaque fois.

Nous avons volontairement décidé de ne pas décrire trop précisément ce modèle, comme les précédents que nous avons analysés, d'ailleurs. L'objectif, en effet, n'est pas d'offrir un point de vue exhaustif de ce qui se fait dans le domaine de l'interprétation d'une information dont le traitement peut emprunter plusieurs canaux, mais bien d'avoir quelques bases qui nous permettront d'interpréter les comportements de navigation de nos sujets expérimentaux confrontés à notre dispositif.

Nous terminons ainsi la partie décrivant quelques uns des outils importants dont dispose un individu pour traiter de l'information verbale ou graphique.

3. Le temps de la confrontation ?

Dans la première partie de ce développement théorique, nous avons cherché à clarifier quelques points essentiels gravitant autour de la manière dont un individu traite et comprend de l'information sous forme verbale ou graphique. Nous nous sommes notamment appuyés sur des théories et des modèles qui ont le mérite d'une cohérence servie par une grande compatibilité mutuelle.

Dans cette deuxième partie du cadre théorique nous allons nous rapprocher vraiment de l'expérience en ciblant notre réflexion sur le contenu que l'on propose concrètement à l'utilisateur, dans un premier temps. Pour quelles raisons serait-il plus sensible à l'animation ? Ou au contraire, pour quelles raisons privilégierait-il le texte ? Deux questions qui vont devenir centrales.

Ensuite, nous aurons une réflexion théorique sur la manière la plus judicieuse (c'est à dire la plus efficace) de faire cohabiter plusieurs registres de représentation sémiotique dans un même dispositif, afin que l'utilisateur profite au maximum de cette « redondance » de l'information. Nous parlons de différents registres : précisons toutefois que notre objectif est de focaliser dès maintenant notre attention exclusivement sur le texte (forme écrite) et sur l'animation.

Nous nous permettrons de faire régulièrement référence à notre dispositif expérimental, anticipant même parfois sur la partie consacrée au travail de justification pédagogique de chaque choix fait lors de la conception de l'expérience. Cela nous permet de perméabiliser toujours un peu plus la frontière entre le cadre théorique et l'expérimentation proprement dite.

3.1 L'animation

3.1.1 Définition

Au fait, qu'est-ce qu'une animation ?

Dans le cinéma, on appelle « animation » le traitement image par image qui permet de donner, lors de la projection, l'impression de mouvement. L'impression uniquement, puisqu'on compte sur la persistance rétinienne, un « défaut » physiologique bien pratique, pour présenter à notre cognition des images artificiellement liées.

Une animation est avant tout une suite d'images statiques. En inscrivant le changement dans le temps, on rajoute simplement une dimension à la représentation externe. Simple ? Ca n'est pas si évident... il se pourrait

bien que cette nouvelle dimension suffise à nécessiter un traitement cognitif différent pour les illustrations statiques et les illustrations dynamiques (synonyme d'animation dans le monde de la psychologie cognitive).

Le substantif *animation* viendrait du latin *animatio*, de *anima*, le « souffle de vie ». Animer reviendrait donc à insuffler la vie... à ressusciter en quelque sorte une image immobile comme la mort.

De plus en plus de concepteurs de dispositifs multimédia d'apprentissage sont tentés d'utiliser des animations, conciliant le synoptique et le séquentiel, pour représenter des phénomènes en mouvement, et dynamiser du même coup leurs interfaces, en présentant une double discursivité au lecteur.

Les nouvelles technologies se prêtent parfaitement à ce mouvement de mode, puisqu'elles offrent une démocratisation d'outils tantôt réservés à des professionnels de l'animation (voir partie II : orientation développement). Rien de plus facile que d'intégrer aujourd'hui des séquences animées dans un dispositif d'apprentissage. Encore faut-il avoir une bonne raison de le faire.

3.1.2 Les différentes fonctions de l'animation

Il paraît important de soigneusement définir les différentes utilisations de l'animation liées au média qui nous intéresse, à savoir l'ordinateur.

La classification proposée ici est tirée de Bétrancourt, Bauer-Morrison & Tversky (2000).

Toute animation présente sur une interface informatisée peut entrer dans l'une ou l'autre de ces quatre catégories d'utilisation :

a) attirer l'attention

C'est pour le moment la fonction la plus courante sur les sites Web. On cherche à attirer l'œil en sollicitant activement l'attention perceptive du visiteur. De fait, il est vrai qu'on regarde quasiment automatiquement un bandeau publicitaire animé, par exemple. La question est de savoir si l'on « voit », on « regarde » ou on « lit » ce genre d'animation. En nous basant sur notre expérience personnelle de la navigation, nous constatons que nous excluons très rapidement de notre attention les endroits de l'écran qui contiennent ce genre d'animation. D'une part, elles sont rarement informatives et d'autre part, elles cherchent souvent à nous vendre quelque chose. Cette animation-là nous semble symptomatique d'une certaine conception marchande du Web.

Une étude de type *eyetracking*, menée par le professeur Lewenstein de l'Université de Stanford (mai 2002), s'attaque au préjugé qui laisse penser que les animations attirent systématiquement plus l'attention. En fait, il se trouve que les utilisateurs d'Internet seraient davantage attentifs aux textes qu'aux images (<http://www.poynterextra.org/et/i.htm>, l'étude complète).

Selon cette étude, les trois premières « fixations oculaires » effectuées par les Internauts arrivant sur une page Web se produiraient dans 22 % des cas seulement sur des images, contre 78 % sur les textes. Il arrive même que les visiteurs ne fassent attention à une image qu'au bout de leur deuxième ou troisième visite.

D'autres études mettent en évidence le phénomène de **banner blindness** : les utilisateurs, conditionnés à associer ce qui bouge à de la publicité, évitent activement du regard ce qui ressemble à une bannière animée vécue comme dérangement : certains vont même jusqu'à scroller pour ne plus être gênés par ce mouvement incessant. (http://www.internettg.org/newsletter/dec98/banner_blindness.html, par exemple).

En fait, on peut ajouter à des pages web quelques images, animées ou non, indépendantes du contenu informatif du texte. En effet, d'après Zhang (1999), ces dernières n'affecteront pas « de façon sensible la facilité avec laquelle l'utilisateur trouvera l'information qu'il cherche (et dont il a besoin) dans la partie principale de la page web. Un utilisateur habitué [expertise du médium, ndr] et *ayant un objectif précis* est capable d'ignorer les informations inutiles ».

Dans notre dispositif, nous avons choisi de cacher textes et animations en partie parce que nous ne voulions pas influencer la navigation du sujet en attirant son regard d'emblée sur l'animation, dans un souci d'équité avec le texte (suppression d'un biais). Le risque que l'animation soit dénigrée, par association avec de la publicité, était néanmoins inexistant, puisque l'élève se trouve en contexte scolaire et sait que les animations cachées derrière les différents boutons ont quelque chose de « solide » à lui présenter autour du contenu. Nous touchons ici à la problématique de la confiance accordée par un élève au matériel qu'on lui propose.

b) donner des informations sur le déroulement d'un processus au niveau du système.

Rien de plus déstabilisant, pour l'utilisateur d'une machine, que de ne pas savoir quand elle travaille, ou si elle est bien en train de faire ce qu'on lui demande. Un ordinateur est régulièrement occupé à de multiples tâches ;

même si les processeurs permettent des exécutions toujours plus rapides et les connexions des téléchargements toujours plus courts, il est important que la machine communique sur ses actions.

C'est par exemple le sablier sous Windows, ou la barre de téléchargement qui, comme le relèvent très justement Bétrancourt, Bauer-Morrison & Tversky (2000), « utilisent l'espace comme métaphore d'un processus temporel ».

c) démontrer

Rentrent dans cette catégorie toutes les animations mettant en forme et scénarisant un contenu de démonstration. L'utilisateur n'a pas de contrôle sur le séquençage interne de l'animation. Lorsqu'une animation de démonstration est proposée à l'utilisateur, elle est souvent accompagnée de possibilités très basiques de consultation (play, replay, pause, pas à pas, ...).

Notre dispositif propose des animations qui entrent intégralement dans cette catégorie. L'utilisateur a effectivement des possibilités restreintes de contrôle : il ne peut que lancer ou relancer la lecture d'une animation. Il n'est pas maître du rythme une fois que l'animation a démarré. Ainsi, le sujet est obligé de consulter l'animation dans son intégralité, qu'il soit ou non cognitivement actif.

Les animations ne sont pas toutes construites selon le même canevas. En fait, certaines sont plus longues que d'autres, souvent parce qu'elles présentent des phénomènes plus complexes. Nous reviendrons plus loin sur la notion de complexité d'une animation en essayant d'identifier les points qui peuvent nous permettre de classer une animation en « facile » ou « difficile ».

d) simuler

Cette dernière catégorie d'animation permet au « lecteur » de devenir vraiment « utilisateur ». Il faut, en effet, distinguer deux types d'interactivité. Le fait de pouvoir choisir de consulter ou non une animation peut être considéré comme une forme d'interactivité. Cependant, cette dernière est liée au système de navigation uniquement. Dans le cas d'une simulation, c'est réellement l'objet de démonstration (en l'occurrence, l'animation) qui devient réactif en fonction des manipulations de l'utilisateur. Autrement dit, ce dernier a une grande influence sur le

contenu proposé en démonstration par l'animation. Ce genre de simulation fait appel à des réactions événementielles, l'événement en question étant provoqué par l'utilisateur, et la réaction autour de « réflexes » préprogrammés dans le système.

Clairement, notre dispositif propose au sujet un contenu démonstratif. Les animations présentent les acteurs, les placent dans l'espace et montrent le mouvement en le reproduisant.

Notre détermination de départ était de produire des animations présentant le plus explicitement possible les objets et les mouvements internes (relations entre les objets inscrits dans l'espace). Nous avons essayé de traquer l'ambiguïté. Malgré les efforts déployés dans ce sens (notamment autour de la recherche d'un certain réalisme épuré, mais également en choisissant un découpage en micro étapes réduisant d'autant la quantité d'information à transmettre dans chaque animation), force est de constater que parmi nos animations, il en est certaines qui paraissent plus complexes que d'autres.

Au fait, qu'est-ce qu'une animation complexe ?

3.1.3 La complexité d'une animation

La notion de complexité n'est pas simple à cerner, parce qu'elle peut être approchée de diverses manières.

Il est important, à notre sens, de faire une première petite distinction terminologique entre une animation complexe et une animation compliquée.

Ainsi, en parlant d'animation compliquée, on se place explicitement du côté de l'utilisateur. Une animation peut **paraître** compliquée, mais elle n'**est** pas intrinsèquement compliquée pour tout le monde. Premier constat : nous ne sommes pas égaux devant une animation et les différences interindividuelles doivent occuper une place centrale dans la réflexion.

Une animation complexe peut être perçue, ou non, comme compliquée. Prenons un exemple tiré de notre dispositif.

La dernière animation, celle qui illustre la solution la plus complète et la plus synthétique du problème soulevé, nous paraît objectivement très complexe : elle met en scène plusieurs objets mobiles simultanément, elle impose une vision zénithale du système (peu naturelle et donc peu intuitive) et fait appel à des codes (flèches, traits de couleurs) afin de montrer coûte que coûte des

phénomènes invisibles. Malgré tout, elle ne paraîtra pas aussi compliquée à tous les utilisateurs.

Les différents modèles de traitement cognitif que nous avons présentés soulignent tous, à un moment ou à un autre, l'importance des représentations préalables que le sujet s'est forgé du contenu du champ de connaissances traité. Ainsi, des études montrent que l'expertise du contenu a une influence sur la manière dont les sujets sont capables de percevoir avec précision les changements d'état présentés dans une séquence animée (Reed, 1985, cité par Rieber, 1990).

La complexité de l'acte de comprendre (et donc d'interpréter) ce qu'il se passe dans une animation n'est pourtant pas uniquement liée à cette expertise. Il s'agit également de tenir compte de l'expertise du « contenant ». Ainsi, il est évident que la lecture d'une animation s'entraîne, au même titre que celle d'un texte, et que nous n'avons pas tous la même sensibilité au médium.

De plus, d'autres différences interindividuelles liées aux capacités cognitives (perception, sollicitation de la mémoire, etc.) peuvent également entrer en ligne de compte pour expliquer qu'on ne voit pas tous la lecture d'une animation de la même manière. Bétrancourt, Morrison & Tversky (2000) soulignent que de toute façon la perception du mouvement et de l'animation n'est jamais un processus évident et que « même lorsque le mouvement est simplement la trajectoire d'un seul objet et non l'interaction complexe de plusieurs parties en mouvement, la perception du mouvement peut être incorrecte ».

Ainsi, il paraît assez difficile de caractériser la complexité d'une animation, et d'étudier de manière rigoureuse sa corrélation avec l'efficacité de l'apprentissage, d'autant plus que les études faites dans ce sens paraissent avoir passablement de peine à se mettre d'accord.

Nous avons envie de définir le degré de complexité d'une animation en fonction de critères standards de classification, autour de l'idée suivante : une animation est d'autant plus complexe qu'elle augmente la charge cognitive nécessaire à son traitement.

Nous essayons de lister ci-dessous quelques éléments qui risquent, d'après nous, d'influencer la complexité d'une animation, c'est à dire d'avoir un impact sur les opérations cognitives que le sujet aura à faire pour analyser les différents éléments de l'animation (tout au long des étapes de sélection, d'organisation et d'intégration). Nous y avons soigneusement réfléchi au moment de la conception de nos animations. Ainsi, dans notre dispositif, ces dernières ne peuvent pas toutes être placées sur le même niveau de complexité, parce qu'elles présentent de parfois grosses différences autour des points suivants :

- La quantité d'objets présents sur la scène ;
- La pertinence des objets présents sur la scène (éviter le superflu) ;
- La complexité des relations entre les objets ;
- La quantité d'objets mobiles (interpolation de mouvements ou de forme) ;
les sujets extrairaient plus facilement l'info à partir de la première que de la seconde (Lowe, à paraître)
- La vitesse d'exécution des mouvements ;
- La simultanéité ou la séquentialité des mouvements ;
- Le degré de réalisme des objets (utilisation de symboles) ;
- Le nombre de scènes successives présentées dans la même animation ;
- La projection utilisée (fenêtrage, rapport 2D-3D, vision zénithale) ;
- La suggestion visuelle d'éléments invisibles, d'interactions (attraction terrestre → aimants, poids → balance, vitesse → voitures) ;
- L'utilisation d'analogie (les voitures de l'animation 8, par exemple, qui suggèrent la vitesse, mais qui pourraient très bien induire la différence d'âge : il y a un vieux tacot !) ;
- Le nombre de signes conventionnels (la croix pour « non », par exemple).

Si nous avons jugé acceptable d'offrir des animations de différents niveaux de complexité dans le même dispositif, c'est parce que cela ne va pas à l'encontre de notre problématique. En fait, l'essentiel de notre réflexion visait surtout à proposer une alternative de qualité au texte, à chaque palier de la description, indépendamment du niveau de complexité de l'animation (paramètre finalement très difficilement contrôlable), afin que l'utilisateur n'hésite pas à choisir les descriptions sous forme animées.

Dès lors, nous avons cherché à maximiser l'efficacité objective de la filière animation en soignant leur potentiel de démonstration.

3.1.4 Qu'est-ce qu'une bonne animation ?

Bétrancourt, Morrison & Tversky (2000, p.13) démontrent avec justesse que les animations sont doublement coûteuses en ressources.

Du côté du concepteur, d'abord, puisqu'une animation bien réalisée demande passablement d'heures de réflexion et de production. Du côté de l'utilisateur, ensuite, parce qu'elles nécessitent très souvent un traitement cognitif plus ardu

que des graphiques statiques, ou des textes. En fait, il est important de signaler que la conception spontanée du mouvement étant plutôt discrète que continue, l'animation ne fournit pas forcément une plus-value en lissant les transitions entre les différentes étapes.

A partir de ce constat, nous suivons les auteurs lorsqu'ils recommandent de n'utiliser les animations que lorsqu'elles sont pertinentes, « c'est-à-dire lorsque le phénomène à communiquer induit une notion de changement dans le temps ».

Les deux principes formulés par les auteurs sont les suivants :

3.1.4.1 Le principe d'appréhension

L'animation doit être facile à percevoir et à comprendre (perception et compréhension étant deux mamelles de l'apprentissage). Les auteurs recommandent alors l'utilisation de graphismes épurés, où le superflu est absent : on ne garderait que les éléments pertinents pour la compréhension du phénomène à étudier. On se méfierait ainsi, par exemple, de considérations exclusivement esthétiques : les auteurs donnent l'exemple de l'utilisation de graphisme réaliste, en 3D, qui sera plus difficile à traiter. Même si la dynamique motivationnelle est un paramètre qu'il ne faut pas négliger, il vaudrait mieux privilégier l'économie des ressources cognitives. Prudence également dans le souci de produire le mouvement de la manière la plus réaliste possible : comme le relève Anglin, Towers & Levie (1996, p.766), « motion or action used primarily to enhance the realism of the presentation does not appear to have a significant effect on learning ».

A noter que dans notre dispositif, il n'a pas été possible de renoncer à l'usage de la « fausse » 3D, très gourmande en ressources cognitives, parce que celle-ci est un élément essentiel de la compréhension du phénomène observé, reposant sur des interactions spatiales et expliqué par des phénomènes visuels de projection, compréhensible uniquement par la décentration du regard dans un espace 3D.

3.1.4.2 Le principe d'expression

« L'animation doit rendre apparent le modèle conceptuel sous-jacent au phénomène ». Ainsi, l'animation devrait être plus pertinente, si elle permet par exemple de lever une éventuelle ambiguïté dans les transitions entre deux micro étapes clefs. En fait, dans ce sens, Bétrancourt, Morrison & Tversky (2000, p.11) soulignent que dans les cas de figure où l'animation se montre

plus efficace qu'une instruction statique, « cela est dû à l'information supplémentaire qu'elle transmet plutôt qu'à la mise en mouvement de cette information ».

Jacob Nielsen (2000), un des gourous du design ergonomique, abonde dans le sens de ces deux principes et présente sept contextes différents dans lesquels les animations devraient pouvoir donner le meilleur d'elles-mêmes (ou le « moins pire », si l'on en croit les études menées par ailleurs dans le domaine). Il se trouve qu'il s'est très largement inspiré des conclusions de Milheim (1993), à lire impérativement avant de se lancer dans l'intégration d'animations dans des dispositifs d'apprentissage. Nous nous sommes ainsi largement imprégnés de ces recommandations pour construire nos animations et évaluer leur pertinence.

1) montrer la continuité d'une transition

la transition animée permet à l'utilisateur de suivre l'évolution de chacune des sous parties concernées et lui évite d'avoir à la déduire de manière cognitive (image mentale anticipant le mouvement réel). Nielsen cite en exemple une animation, sortie vainqueur du premier concours de programmation en Java, qui démontrait le théorème de Pythagore en animant les carrés et les triangles qui sont habituellement présentés sous une forme fixe.

2) indiquer la dimensionnalité d'une transition

fréquent surtout dans les interfaces utilisateurs, cet usage de l'animation se retrouve, par exemple, dans les environnements fenêtrés pour exprimer la transition entre une fenêtre ouverte et réduite (avec un effet de fermeture animé). Ce genre de transition animée donne du sens à ce qu'il est en train de se produire, en exhaustant sa dimension spatiale.

3) montrer une évolution chronologique

l'animation paraît idéale pour illustrer les phénomènes d'évolution. Nielsen donne l'exemple de la déforestation de la forêt équatoriale, qui peut être montrée sous forme animée pour accentuer l'effet dramatique de l'amenuisement rapide des surfaces boisées.

4) afficher des informations multiples dans un espace réduit

Un exemple assez classique est l'image interactive, qui affiche des informations supplémentaires lorsque l'utilisateur pointe sur un endroit précis (un escamot). Un autre exemple est celui du menu déroulant permettant de rationaliser l'espace à disposition en ne faisant apparaître l'info pertinente qu'au moment voulu, tout en respectant les liens hiérarchiques entre les éléments du menu.

5) enrichir une présentation graphique

dans le cas de fabrication d'icônes, par exemple, il est plus facile de représenter des objets (un rectangle, admettons) que des opérations (comme « effacer des pixels »). Les animations, au contraire sont parfaitement adaptées à la représentation d'opérations. Les icônes animées (seulement sur demande de l'utilisateur) apporteraient, dans ces cas-là, une réelle plus-value.

6) permettre de visualiser une structure tridimensionnelle

Nielsen relève avec justesse que « l'écran de l'ordinateur étant à deux dimensions, l'utilisateur ne peut jamais comprendre parfaitement une structure tridimensionnelle à l'aide d'une seule illustration, même si elle est très bien conçue. Une animation peut servir à mettre l'accent sur la nature tridimensionnelle d'un objet et faciliter sa perception spatiale. L'animation n'a pas besoin de faire tourner l'objet à 360 degrés, un léger mouvement de gauche à droite étant souvent suffisant. Ce mouvement doit être assez lent pour permettre à l'utilisateur de percevoir facilement la structure de l'objet ».

7) attirer l'attention du visiteur

ce point a déjà été discuté plus haut. Nous avons alors retenu l'idée qu'attirer l'attention n'était pas la meilleure utilisation possible de l'animation. A noter que des travaux comme ceux de Horton (1993) intègrent une réflexion culturelle aux considérations purement esthétiques d'une animation qui n'existe que pour attirer l'attention : nous y trouvons quelques recommandations qui permettent de minimiser le risque de choquer les individus d'autres cultures par l'utilisation de certaines couleurs ou certains graphiques.

Ce sont surtout les points 1, 3 et 6 qui nous ont poussé à développer un dispositif présentant un phénomène inscrit à la fois dans l'espace (environnement 3D), dans le temps (phénomène constant et récurrent) et pour la compréhension duquel il est essentiel de bien insister sur les transitions entre états.

Pourtant, la lecture de résultats d'études réalisées par Lowe (à paraître) sur la manière dont les sujets interrogeaient une animation nous a fait encore plus relativiser l'impact qu'aurait une animation de qualité sur l'individu : selon Lowe, il n'est en tout cas pas suffisant d'offrir à des novices des animations bien pensées en postulant automatiquement qu'ils vont en extraire spontanément, d'eux-mêmes, l'info pertinentes.

Il voit le salut dans trois pistes à explorer soigneusement : la manière dont on présente l'information, les possibilités interactives qu'on propose à au sujet et avant tout une réduction de la complexité des animations, première cause de traitement inutile d'information non pertinente.

3.2 La cohabitation du texte et de l'animation

3.2.1 D'un point de vue « objectif »

Un nombre croissant d'études s'attèlent à la comparaison, en terme d'efficacité objective, du texte avec l'animation, ou de graphique statique (le texte, quand il est lu, en fait partie, il est bon de le rappeler) avec de l'illustration dynamique. Passablement de résultats tempèrent l'engouement en faveur de l'utilisation d'animations.

En fait, il ressort de la plupart de ces tentatives de comparaison que l'énorme difficulté à tirer des conclusions claires et catégoriques dans le sens de recommandations pour la conception de dispositifs mixtes efficaces provient essentiellement du fait qu'un des principaux obstacles rencontrés par ceux qui tentent une analyse comparative est le manque d'équivalence entre les deux registres de représentation sémiotique. Ainsi, dans notre propre dispositif, nous avons cherché à décrire les mêmes choses sous forme textuelle et sous forme d'animations... mais est-ce vraiment le cas ?

Sûrement pas, aurions-nous envie d'avouer avec un léger trémolo de dépit dans la voix. En fait, l'équivalence est loin d'être certaine. Nous aurions aimé pouvoir proposer une filière « texte » strictement équivalente à la filière « animation », d'un point de vue sémiologique. Nous sommes conscients du fait que l'animation raconte souvent plus que le texte, mais qu'elle peut également montrer des événements qui ne sont pas utiles à la compréhension du

phénomène observé (cela dit, le texte peut également proposer une plus-value par rapport à l'animation, notamment lorsqu'il s'agit de donner des indications précises, la taille ou la distance, par exemple).

Peut-on pour autant affirmer que le texte va plus facilement à l'essentiel, qu'il se garde de tout superflu ? De nouveau, sûrement pas...

Nous pensons que chaque registre a ses qualités et ses défauts. Les qualités de l'animation ont été modestement vantées un peu plus haut, avec toutes les précautions conditionnelles qu'impliquent les résultats mitigés d'expériences dans le domaine de la psychologie cognitive.

Nous pensons que le texte a malgré tout quelques atouts à avancer face aux animations.

Premièrement, nous suivons Meunier (2003) lorsqu'il affirme que « dès que le langage verbal entre en ligne de compte, il est évident que l'inférence atteint ses niveaux les plus élevés de prise de conscience ». En fait, nous pensons que le texte suggère et explicite de manière moins ambiguë les relations de cause à effet, grâce au « c'est pourquoi », au « car », et autres mots de liaison permis par la linéarité du texte. Cette même diachronie dans la présentation des informations impose très souvent de donner une seule information à la fois, ce que l'image ne peut faire.

Rebondissant sur le dernier point, nous pensons que le texte peut effectivement se cantonner à une description de l'essentiel, contrairement à l'animation. Il nous paraît plus simple de faire une économie des mots que des éléments graphiques. Nous avons empiriquement remarqué une tendance à vouloir toujours en rajouter dans la production des animations.

Enfin, il nous semble qu'un texte seul peut plus facilement prétendre à l'autonomie, alors qu'il serait trop risqué (voire impossible) de faire décrire un phénomène complexe par la seule filière animée. Jamet (2002) prétend que l'animation a besoin du texte pour exister : « la supériorité des images vient des mots qu'on va leur associer ».

En même temps, nous devons tempérer cette affirmation en mettant en avant l'animation 15 de notre dispositif, notamment, qui nous paraît infiniment plus « parlante » que le texte apposé en regard. Le texte aurait alors également parfois besoin de l'animation pour être compris. Nous sommes d'ailleurs convaincus que cette animation mériterait à elle seule une expérience comparative, pour essayer notamment d'étudier si c'est le texte qui se met au service de l'animation ou le contraire. En fait, c'est une question très centrale sous-jacente à notre travail : lequel des deux registres de représentation sert-il

de « légende » à l'autre ? Afin d'aller plus à fond dans ce questionnement, nous recommandons ici la lecture de Bieger & Glock (1985), deux auteurs qui travaillent sur la taxonomie de l'information, en regard de considérations liées au design pédagogique.

Un résultat ressortant d'un test comparatif utile à notre problématique, cité dans Bétrancourt, Bauer-Morrison & Tversky (2000, p.7) retient notre attention. Palmiter et ses collaborateurs (1991 et 1993) ont conclu à une différence dans le temps de l'efficacité comparée d'instructions statiques et dynamiques, qui pourrait avoir un impact sur la manière dont les individus naviguent dans un dispositif mixte. Ainsi, les sujets ayant utilisés l'animation seraient plus rapides que les autres pour reproduire certaines procédures visualisées, pendant la phase d'entraînement. En revanche, ils seraient plus lents pendant le test. Qui plus est, ils verraient leurs performances encore diminuer lors d'un nouveau test une semaine après, alors que celles des utilisateurs « papier » augmenterait. « Les auteurs attribuent cette différence, à long terme, par un traitement plus approfondi de l'instruction statique lors de l'entraînement [impact plus fort sur la mémoire, notamment], cette dernière étant moins évidente à reproduire que les animations ».

Dans le cadre de notre dispositif, nous nous demandons déjà si les différents sujets recherchant l'efficacité objective seront conscients de cette plus grande stabilité dans le temps du statique, en privilégiant la lecture du texte à l'animation.

3.2.1.1 Le rôle de l'organisation du contenu

Rappelons qu'il est impossible de parler simplement d'une opposition « verbal – graphique », puisque comme le soulève Duval (1998), « il existe plusieurs registres de langage (langage naturel, langage formel), au même titre qu'il existe plusieurs registres d'images (tracés, caricatures, schémas, animation) ». Dans notre cas, il s'agit de langage naturel « confronté » à de l'animation.

Cette « confrontation » a manifestement ses règles, qu'il vaut mieux respecter si l'on veut maximiser la plus-value potentielle de la mixité sur l'apprentissage, en transformant la concurrence en complémentarité. Ces règles semblent notamment très intimement liées à l'organisation du contenu.

Mayer (2001, cité par Jamet, 2002), a formulé 7 principes qu'il serait bon, d'après lui, de respecter dans l'élaboration de documents explicatifs multimédia. Ces principes lancent des ponts entre des considérations ergonomiques liées à la « confrontation » de différents registres et les travaux de psychologie cognitive relatifs à cette problématique. Quelques uns de ces principes ont

clairement dicté nos choix lors de la conception du dispositif, c'est pour cela que nous nous permettons d'en faire état.

3.2.1.2 Les sept principes de Mayer

Commençons par présenter les sept principes, en reprenant un tableau trouvé dans Jamet (2002). Il contient déjà, en regard des différents principes, une appréciation des effets probables sur l'apprentissage et la compréhension.

Principe	Effet sur l'apprentissage et la compréhension
Principe multimédia	Effet positif de la présence d'illustrations
Principe de contiguïté spatiale	Effet positif de la proximité physique des sources d'informations visuelles
Principe de contiguïté temporelle	Effet positif de la proximité temporelle des sources d'informations visuelles et orales
Principe de modalité	Effet positif de l'utilisation de la modalité orale pour expliquer une source d'information visuelle
Principe de cohérence	Effet positif de la suppression d'informations non pertinentes pour l'apprentissage (détails, musique, etc.)
Principe de redondance	L'utilisation d'informations redondantes dans des modalités différentes peut avoir un effet négatif sur l'apprentissage
Principe des différences interindividuelles	Les principes évoqués précédemment sont liés à des aptitudes qui varient d'un individu à l'autre

Figure 4 – les sept principes de Mayer

De notre quête théorique préalable autour de la manière dont on comprend les informations provenant de sources variées, nous avons ressorti un point qu'il nous paraît essentiel de remettre en avant à cet endroit : la mémoire de travail, très fortement sollicitée dans le processus de compréhension, est caractérisée par une capacité limitée.

En citant Jamet (2002), nous insistons sur le fait que « les ressources dont elle [la mémoire de travail] dispose doivent donc être à tout moment partagées entre :

- les informations qui sont en cours de traitement dans le document ;
- celles qui ont été traitées un peu plus tôt mais dont le maintien est nécessaire pour la compréhension de la situation ;
- les connaissances stockées en mémoire à long terme activées par ce qui est traité dans le document ;
- et enfin, les traitements à effectuer pour apprendre et comprendre le document. »

Lorsqu'un individu se retrouve confronté à une nouvelle situation, passablement d'opérations cognitives doivent se faire très rapidement, nous l'avons entraperçu. Le processus de compréhension, « multithreadé », est infiniment complexe. Tout ce qui peut décharger l'utilisateur d'une partie du poids inhérent à ce travail de sélection, organisation et intégration devra être favorisé. Dans notre problématique, nous postulons d'ailleurs que les sujets chercheront systématiquement à minimiser leurs dépenses en ressources cognitives en choisissant une navigation visant l'efficacité dans le respect de la loi du moindre effort.

Jamet (2002) se penche, à travers l'étude des principes de Mayer, sur l'impact que le document lui-même va avoir sur la compréhension. Cette réflexion nous est précieuse, parce qu'elle sert vraiment notre réflexion autour de la manière dont l'information doit être présentée : la façon la plus judicieuse de « confronter » deux registres différents de représentation dans un dispositif qui doit viser l'efficacité.

Encore une fois, nous avons décidé de ne pas développer également tous les principes dans cette présentation ; nous souhaitons insister sur ceux qui ont un lien direct avec notre problématique.

Le principe multimédia

Ce principe se penche sur la contribution d'éléments graphiques à la mémorisation et à la compréhension de texte. Ces objets graphiques peuvent être statiques ou animés.

Ce principe soulève finalement les mêmes questions et formule les mêmes recommandations et limites que celles que nous avons discutées lorsque nous essayions, plus haut, de définir ce qu'est finalement une « bonne » animation.

Une remarque toutefois : ce principe propose (impose ?) clairement une hiérarchie entre verbal et graphique, puisqu'il se demande comment les animations (si nous transposons cette réflexion sur notre dispositif) peuvent se mettre efficacement au service du texte. Nous aurions pu retourner la chaussette et nous demander en quoi un texte pourrait-il servir à la compréhension d'une animation !

Dans notre dispositif, nous postulons que le deuxième registre de représentation consulté servira de légende au premier. Concrètement, si le sujet décide de lire l'animation avant le texte, cela pourrait être interprété comme une tentative de confirmer à travers la lecture du texte la compréhension de l'animation, l'adéquation du modèle mental construit avec une autre description de la réalité. Pour nous, dans ce cas de figure, nous dirons que le texte sert de légende à l'animation.

Le principe de contiguïté spatiale

Nous ne pouvons pas parler de cohabitation sans aborder ce principe-là, parce qu'il réfléchit à la façon la plus judicieuse de « confronter » deux registres dans l'espace fermé de l'interface.

Encore une fois, ce principe s'appuie sur la capacité limitée de traitement de la mémoire de travail, et comme le relève Jamet (2002), « plus exactement du sous-système visuel de cette mémoire ».

En fait, il est principalement ici question de l'effet de « dissociation de l'attention » (split attention). Passablement de recherches (Sweller, J. & Chandler, 1994, notamment, cité par Clavien, 2003) montrent que l'intégration « physique » des différents registres de représentation diminue amenuise passablement le risque de surcharge cognitive (ou en tout cas d'utilisation non rationnelle de la mémoire de travail).

Autrement dit, la proximité spatiale des informations demandant différents canaux de traitement est profitable. Clavien (2003, p.20) cite une expérience de Sweller, Chandler, Tierney & Cooper (1990) démontrant que l'intégration directe des explications d'un schéma dans le schéma même, favorisait clairement le traitement cognitif menant vers la compréhension (en terme de temps de traitement, autant que d'efficacité évaluée objectivement lors d'un test).

Dans notre dispositif, nous avons volontairement décidé de séparer les deux registres en adoptant une structure quasi-hypertextuelle (nous reviendrons un peu plus bas pour expliciter ce que nous entendons par là). Nous créons donc, de fait, une situation qui pourrait favoriser l'effet de dissociation de l'attention.

En fait, les sujets qui choisiraient directement la consultation de l'autre registre de représentation sémiotique pourraient alors trahir ainsi un besoin de minimiser cette charge cognitive, en rapprochant spatialement (mais aussi dans le temps), la consultation des deux registres.

Le principe de contiguïté temporelle

Pour comprendre l'importance de ce principe, il est bon de se rappeler que la mémoire de travail, qui joue un rôle essentiel dans nos modèles de référence, semble très volatile. Jamet (2002) souligne que Mayer, suite à ses recherches, ne donne pas plus de quelques secondes de « vie » aux informations dans cette mémoire temporaire.

Ainsi, la simultanéité de la présentation dans le document d'une animation et d'un texte devrait favoriser « la probabilité de leur co-activation en mémoire de travail » (Jamet, 2002). Cette recommandation est en fait surtout importante lorsqu'il s'agit de faciliter l'intégration mentale des informations fournies par les deux registres de représentation.

Nous mettons un bémol à ces affirmations. Les études relatées par Jamet (2002) font état de mesures prises lorsqu'on jouait sur la synchronie de deux modalités de présentations différentes (en l'occurrence orale et visuelle). Or, dans notre dispositif, les deux registres de représentation font partie de la même modalité (visuelle). Ainsi, même si effectivement le texte emprunte bien vite des voies phonologiques (schéma de Mayer, tiré de Clavien, voire plus haut) pour être intégré dans la genèse d'un modèle mental verbal, force est de constater qu'il risque de se créer un embouteillage dans la phase perceptive initiale, celle concernant la mémoire sensorielle, juste en amont du processus de sélection.

Dès lors, la recherche des éléments animés correspondants à la description faite par le texte pourrait être sensiblement rallongée, transformant ainsi le traitement en un processus clairement asynchrone.

Conclusion : dans notre cas, le principe de contiguïté temporelle est passablement difficile à mettre en œuvre.

Encore une fois, la structure quasi-hypertextuelle de notre dispositif n'empêche aucunement le sujet de rechercher une contiguïté temporelle maximale, en demandant la consultation immédiate de l'autre registre de représentation. Dans tous les cas, le traitement ne sera jamais synchronique, mais bel et bien diachronique.

Le principe de modalité

Ce principe recommande fortement l'« utilisation optimisée des modes d'entrée du système cognitif [pour] permettre un traitement plus synchrone des deux sources d'information » (Jamet, 2002). Ce principe est intimement lié au précédent. Parce qu'il ne concerne pas directement notre problématique, nous choisissons de ne pas le traiter trop avant. Juste le temps de remarquer que notre dispositif, dans le respect de ce principe-là, aurait probablement été plus efficace en proposant une présentation orale du texte simultanément au déroulement de l'animation. Ce d'autant plus que le registre écrit devrait être réservé plutôt au texte long (Jamet, 2002).

le principe des différences entre individus

Comme nous l'avons déjà souligné précédemment, nous ne sommes pas égaux devant les différents registres de représentation :

- premièrement, nous n'avons pas tous les mêmes capacités visuo-spatiales ;
- ensuite, le niveau de connaissances préalable des individus n'est pas identique, sur le sujet traité par le dispositif.

En fait, nous aimerions prendre ici un exemple concret qui synthétise bien le problème : la représentation cartographique. Nous nous permettons de le faire, parce que nous sommes très régulièrement confrontés à de grosses différences interindividuelles, lorsque nous travaillons sur une carte en classe (ou que nous apprenons aux élèves à la lire, à la décrypter, bref à en décoder et comprendre le langage).

Ce sont très probablement les mêmes problèmes qu'ont dû rencontrer certains de nos sujets à la lecture des animations.

La carte propose conventionnellement une vision zénithale (vu d'au-dessus). Ce point de vue est peu naturel et demande une certaine habitude de lecture. S'il est pratique pour mesurer des distances, il ne l'est pas pour présenter des volumes. En fait, les volumes n'existent tout simplement pas, il faut les suggérer : les ombres et les courbes de niveau servent à ça. Si les ombres dupent notre intellect en faisant appel à notre expérience (le cerveau qui voit une ombre déduit qu'il y a forcément un volume qui la génère), les courbes de niveau sont conventionnelles et doivent faire l'objet d'un apprentissage spécifique. Le processus de conversion qui s'opère lors de la lecture d'une courbe de niveaux est des plus complexes.

En fait, à chaque fois que le concepteur délègue à l'utilisateur la charge d'interpréter des signes (dans notre cas, pour reproduire mentalement un modèle 3D à partir d'information en 2D), le concepteur accepte le risque que son information soit mal interprétée, voire pas du tout. Pour prendre un autre exemple, citons l'altitude, qu'on peut suggérer à l'aide de dégradés de couleurs. En l'absence de légende, le concepteur fait une confiance aveugle et risquée aux conventions pré-établies (du brun au blanc, ou du foncé au clair, par exemple) pour induire chez l'utilisateur la visualisation de l'altitude...

Dans notre dispositif, nous avons essayé d'aider le visiteur à interpréter au mieux les phénomènes (ex. le travelling vers le petit garçon qui regarde sert à suggérer que le sujet se met à la place du petit garçon, pour l'aider à comprendre la projection, pour lui suggérer les décentrations). Malgré ces précautions, nous ne pouvons être certains que les sujets interprètent tous de la même manière la profondeur, par exemple.

De même, nous avons été contraints d'utiliser des symboles plutôt conventionnels (comme la croix pour exprimer la négation, par exemple) ou des objets suggérant des concepts invisibles (comme les aimant pour l'attraction terrestre ou les automobiles pour la vitesse de planètes, par exemple). A chaque fois que nous avons été poussés à faire un tel choix, nous étions conscients que nous augmentions potentiellement d'autant la charge cognitive à laquelle devrait faire face l'utilisateur.

Nous insistons en fait à nouveau sur la notion de complexité d'une animation. En fait, plus le sujet est novice, plus il faut l'encadrer pour minimiser les risques de mauvais traitement de l'information.

Jamet (2002) souligne aussi, dans le souci de mettre en relation les principes de Mayer, que les individus ayant de bonnes capacités visuo-spatiales profiteront mieux de l'effet de contiguïté temporelle.

Un passage de Jamet (2002) nous a particulièrement interpellé : « on sait que le raisonnement inférentiel est aussi très difficile pour le novice alors qu'il l'est beaucoup moins pour l'expert. Les illustrations [animations] qui peuvent être une aide importante pour la réalisation d'inférences auront donc un rôle primordial pour les novices uniquement. Leur effet diminuera au fur et à mesure que la qualité de ce raisonnement s'améliorera avec l'augmentation des connaissances ».

Cet extrait confirmerait la relation entre le niveau de connaissances d'un individu et sa capacité à profiter des apports explicatifs de l'animation.

En fait, il se trouve que certains formats vont gêner des experts, en générant de la redondance entre ce que le dispositif explique et ce que l'expert sait déjà : perte de temps et d'énergie en traitement cognitif d'informations inutiles.

Le principe de redondance

Toujours selon Jamet (2002), la redondance peut avoir deux sources principales : la répétition ou l'inutilité de certaines informations.

Manifestement, une lecture orale d'un texte écrit peut gêner dans certaines conditions parce que le lecteur est obligé de calquer son rythme de traitement du texte sur celui de l'oral, par exemple. Or, un des principes de base de l'apprentissage est qu'il faut laisser à l'utilisateur le loisir de réguler lui-même son rythme (c'est d'ailleurs une des raisons qui pourraient expliquer que les animations interactives sont souvent plus efficaces que les autres).

Le principe de cohérence

Dans le respect de ce principe, il vaut mieux éviter de vouloir trop en faire en proposant des détails trop fins sur une scène, dans un souci pourtant intuitivement louable de réalisme. Même si l'intention est bonne, il faut s'assurer que le détail qu'on rajoute a un vrai sens dans le mouvement qu'on reproduit. S'il ne joue qu'un rôle cosmétique, il va quand même solliciter des ressources cognitives dans son traitement, ce qui n'est pas bienvenu puisqu'on sait qu'elles sont plutôt limitées.

Dans l'expérience, nous avons épuré le contenu au maximum et avons évité toute fioriture. Dans un même esprit, nous avons banni toute forme d'humour que peut pourtant favoriser le sujet traité : en fait, au début, nous avons envie de présenter les animations dans un style cartoon beaucoup plus prononcé, avec une personnage de bd accompagnant le lecteur tout au long de son parcours. Nous avons très vite renoncé et avons alors préféré la sobriété d'un dispositif très classique (à part les couleurs plutôt vives donnant une pointe de fraîcheur à l'ensemble).

Concernant le texte, l'autre registre de représentation étudié, il ne servira à rien, nous semble-t-il, de vouloir mettre de la poudre aux yeux du lecteur en proposant un vocabulaire très (trop) recherché qui ne correspondra peut-être pas à son niveau. Les contraintes liées au principe de cohérence sont en fait les mêmes pour les deux registres.

S'il fallait retenir une seule chose de ses recommandations de Mayer, ce serait celle-ci : le mieux est l'ennemi du bien et il est préférable ne jamais perdre de vue le public final, de la réflexion initiale jusqu'au bout de la phase de production.

3.2.1.3 L'importance du contexte dans une structure quasi hypertextuelle

Notre dispositif propose une organisation de l'information assez particulière. De fait, comme nous cherchions à mesurer la navigation, il nous fallu trouver un moyen de rendre cela possible : dès lors, le principe du clic pour faire explicitement appel à un « morceau » d'explication s'est imposé assez rapidement, puisque nous ne disposions évidemment d'aucun moyen de faire du eye tracking, par exemple.

Le fait que le savoir ait été découpé en une quinzaine d'étapes et qu'il soit présenté dans deux registres différents de représentation sémiotique a imposé la nécessité d'une réflexion sur la manière la plus judicieuse de configurer tous ces petits fragments descriptifs, en restant cohérent mais en proposant réellement une grande liberté de navigation au lecteur.

Idéalement, il nous a alors semblé qu'une organisation hypertextuelle permettrait d'apporter une réponse satisfaisante à nos besoins.

Que peut-on dire de la structure finalement adoptée dans le dispositif ? Peut-elle être comparée à une sorte d'hypertexte ?

Vandendorpe (1999, p.186) propose de lister les droits de l'utilisateur d'un hypertexte :

1. le droit de connaître au moins approximativement au départ le volume de texte proposé ainsi que le nombre d'images, la durée totale des clips sonores et vidéos ;
2. le droit d'entrer dans le texte au point où on le désire ;
3. le droit de lire à la suite les diverses unités consacrées à un même sujet ;
4. le droit de retrouver facilement un passage lu antérieurement et de le relire ;
5. le droit d'annoter les pages lues ;

En fait, notre dispositif respecte au moins les quatre premiers de ces droits. Il indique au lecteur le nombre d'étapes qu'il pourrait rencontrer sur son chemin ; il lui permet de choisir le fragment descriptif qui servira d'entrée ; il peut opter pour la linéarité, s'il le désire ; il peut consulter autant de fois que nécessaire à sa compréhension un passage lu précédemment.

Dans notre dispositif, il est vrai que chaque clic est une promesse... une promesse de contenu, d'accord, mais aussi de mise en forme de celui-ci.

Dans un pur hypertexte, il n'y a ni début, ni fin. En fait, la notion de discours fini n'a pas beaucoup de sens, dans un hypertexte. Chaque élément doit pouvoir être décontextualisé des autres, isolé.

En y regardant d'un peu plus près, notre dispositif ne propose pas une liberté de navigation si grande qu'il y paraît a priori. La raison principale en est que nous n'avons pas été capables de décontextualiser complètement le contenu de chaque étape. Il est inscrit assez fortement dans une linéarité que le sujet devrait percevoir assez vite : il y a un début, il y a une fin (l'énoncé du problème et l'explication finale de l'étape 15) et les étapes qui prennent place au milieu sont organisées en fonction d'une progression du savoir en direction de la solution. Même si le contenant permet de sauter des étapes ou de consulter les « morceaux » explicatifs de manière tout à fait libre, le contenu est quand même très linéaire : le concepteur a déconstruit le savoir, il en propose une reconstruction dans le dispositif. Et la manière la plus naturelle de déconstruire, puis de reconstruire, un savoir inscrit dans un continuum spatio-temporel, est la relation de cause à effet. Ce lien de causalité entre les étapes est assez fort et empêche une vraie navigation hypertextuelle, en imposant le linéaire et le structuré. Peut-être les observations de la navigation des élèves infirmeront-elles quelque peu cette intuition.

Concernant la liberté offerte par les nouveaux médias permettant l'hypertextualité, Vandendorpe (1999, p. 225) y appose des limites très claires et n'hésite pas à faire preuve d'un soupçon de dureté à leur encontre :

« La lecture n'est pas nécessairement facilitée par le nouveau média. Un des obstacles majeurs que l'hypertexte oppose à l'activité de lecture réside dans les effets de décontextualisation, lorsque ceux-ci ne sont pas médiatisés par le texte ou par l'activité cognitive du lecteur. Il ne peut y avoir de lecture, en effet, que si les éléments décodés sont soumis au creuset de la compréhension [il rejoint ce que nous avançons lorsque nous différencions les étapes du « voir », du « regarder », et du « lire »]. Or, comprendre une donnée suppose qu'on puisse la mettre en relation avec un contexte d'accueil, de façon à la faire jouer sur ce que l'on sait déjà. La part la plus importante de la compréhension, et qui est cruciale pour une lecture réussie, consiste pour un lecteur à activer dans sa

mémoire de travail toutes les connaissances antérieures nécessaires au traitement adéquat des informations qui vont lui être présentées. Si les dispositions d'accueil et de production de sens sont d'autant plus fortes que le contexte cognitif est plus riche, elles tendent vers zéro si le contexte est absent. »

En fait, quand un lecteur tourne la page d'un livre, il sait qu'il va tomber sur la suite du texte qu'il est en train de lire – et dont le traitement cognitif qu'il vient de faire lui a permis d'élaborer un contexte mental qui le prépare à recevoir de nouvelles données. Il en va tout autrement pour la navigation dans un hypertexte. Chaque nouveau clic de souris présente un risque, celui d'éloigner le lecteur du contexte qu'il avait préalablement forgé.

Et pour continuer sur la voie contextuelle, que dire d'une forme de redondance, qui caractérise également un vrai hypertexte ?

Pour permettre au lecteur d'un fragment hypertextuel d'en saisir pleinement les tenants et aboutissants, le concepteur du dispositif sera obligé de le recontextualiser de façon assez détaillée, dans la mesure où il tient pour acquis que le lecteur n'a pas nécessairement lu les fragments connexes. Cela l'amènera alors à répéter des informations données ailleurs, ou à reprendre régulièrement une information jugée importante, mais que le lecteur risquerait de ne pas rencontrer au cours de sa navigation.

Or, dans un souci évident d'économie, et dans le respect des recommandations de Mayer, aucun de nos fragments ne reprend des éléments décrits par les autres. S'il est vrai que certains de ceux-ci ne paraissent pas indispensables à la compréhension, et peuvent ainsi être « zappés » sans perdre le fil, ils proposent tous un contenu exclusif. De toute manière, dans l'absolu, seules deux étapes sont indispensables et peuvent être comprises par des experts : il s'agit des étapes 1 et 15, à savoir l'énoncé et la solution ! Les treize étapes intermédiaires sont livrées en pâture aux novices que sont nos sujets.

Cela dit, nous pouvons affirmer que sous certains aspects, notre dispositif s'approche donc de l'hypertexte. Mais il en est quand même très éloigné, de par le peu d'indépendance des éléments de contenu, et la nécessité auquel un novice doit faire face de recontextualiser les éléments déconstruits. C'est pour cette raison que nous avons souligné l'hypertextualité de notre dispositif.

3.2.2 D'un point de vue subjectif

3.2.2.1 Qu'est-ce qui pourrait donner l'avantage au texte, aux yeux du sujet ?

Jusqu'à présent, nous avons consacré beaucoup de lignes (et donc de temps de réflexion) à l'illustration, qu'elle soit statique ou animée, et aux modalités de traitement de celle-ci, ainsi que celles du texte. Nous n'en regrettons ni un mot, ni une seconde... parce que ce travail préparatif nous a permis de découvrir un champ d'investigation incroyablement dynamique gravitant autour de la notion de qualité, ou d'efficacité objective, de productions animées aujourd'hui démocratisées par les nouvelles technologies.

Cependant, il manque encore une pierre à notre réflexion, avant de passer à la phase expérimentale proprement dite : quelles sont finalement les raisons qui pourraient pousser les utilisateurs d'un dispositif multimédia à privilégier le choix du texte, alors que nous avons produit mille efforts pour proposer un contenu animé de qualité ?

En fait, l'appel à la mémoire ainsi que le traitement de l'information s'inscrivent aussi (et peut être surtout) dans un processus émotionnel.

3.2.2.2 La préférence subjective

Nous voyons quelques pistes possibles :

premièrement, comme le souligne le sémioticien Jean Molino, cité dans Vandendorpe (p. 21), « le texte n'inscrit que ce qui est important, il a un rapport particulier avec la vérité ». Au-delà du fait que les textes fondateurs sont toujours écrits (religieux : bible, coran, etc., mais également institutionnels : la constitution, les lois, les règlements, les contrats, etc.), Vandendorpe (1999) formule une intéressante hypothèse pour tenter d'expliquer ce prestige « naturel » de l'écrit, puisqu'elle se réfère aux modèles que nous avons abordés :

« On peut se demander si ce prestige de l'écrit ne reposerait pas sur le fait que la lecture du texte combine deux sens majeurs, à savoir la vue, qui est le sens noble par excellence, et l'ouïe, qui est le sens associé à notre première expérience du matériau linguistique. Ces deux instruments de saisie des données extérieures se sont longtemps combinés dans le mouvement de la lecture – du moins aussi longtemps que celui-ci a été accompagné du phénomène de vocalisation ou de subvocalisation. Et cette fructueuse combinaison qui se produit dans l'esprit du lecteur tend à

placer le texte sous le sceau de la vérité, la vocalisation apportant la confirmation de ce qui avait d'abord été perçu par l'œil, et vice-versa. »

Deuxièmement, les documents de travail distribués à l'école sont très souvent des textes. Les élèves reçoivent de leur maître un support écrit servant de base à l'apprentissage. Il serait alors normal que l'écrit inspire encore longtemps la confiance auprès des élèves. Le texte reste gage d'exhaustivité et de sérieux.

Ensuite, à l'école, si l'on apprend à lire un texte, à l'analyser et à le décrypter, il n'en va pas de même pour l'image. On ne donne que très rarement et de manière peu systématique des clefs de lecture de l'image à l'élève. Il paraîtrait alors normal que ce dernier se sente plus sûr face à un texte, ait l'impression de mieux en contrôler le contenu, de mieux le maîtriser. Une image est source d'interprétation, parce qu'elle montre les choses. Le texte, lui, les dit. Dans le cas d'un dessin de presse, par exemple, c'est souvent le texte qui apporte le décalage tant apprécié (il surprend souvent en racontant autre chose que ce que l'image paraît illustrer de prime abord). Le texte donnerait du sens au tout : Vandendorpe (1999) illustre cet état de fait en rapportant un exemple tiré du monde de l'art : « le texte étant censé dire la vérité de l'image, l'artiste contemporain qui veut se délivrer de cette sujétion n'a pas d'autres choix que de donner à ses œuvres des titres insignifiants ».

De plus, le texte offre peut-être à l'élève une discursivité plus évidente : l'information est distillée linéairement (une dimension, et demi si l'on tient compte du fait que le codex est tabulaire), alors que l'information donnée par une animation s'étale sur deux, trois, voire quatre dimensions (deux parce que le support spatial en compte autant, la troisième est souvent celle qu'on doit imaginer à partir de l'info reçue et la quatrième est le temps/rythme qui joue un rôle indéniable dans une animation). Il serait alors plus facile de mettre en avant les relations de cause à effet dans un texte, en usant des mots de liaisons, au nom bien indiqué, puisqu'ils servent à suggérer (imposer ?) une organisation linéaire de l'information. Autrement dit, dans un texte, la régularité dans la manière dont les signes sont disposés (selon des configurations syntaxiques que le lecteur a appris à repérer et à traiter) permet l'activation plus aisée de routines cognitives capables de prendre en charge automatiquement la plupart des opérations de décodage. Les élèves qui choisiraient le texte seraient de nouveau sensibles à des considérations d'économie des ressources cognitives.

Rappelons-nous d'ailleurs à ce sujet que pour les cognitivistes « intégristes », l'image n'est jamais qu'optionnelle. Elle n'a aucune propriété fonctionnelle. Pour eux, on ne stocke pas d'images en mémoire à long terme, on les transforme en prédicats que l'on stocke. La séquentialité est reconnue implicitement comme primordiale, dans cette logique-là : la construction d'une compréhension ne peut passer qu'à travers le texte.

Enfin, il est intéressant de redire que la compréhension issue de la lecture d'un texte semble plus opératoire à long terme que celle issue d'une animation (Palmiter & al., 1990, 1991, cité dans Bétrancourt, Bauer-Morrison & Tversky, 2000). Peut-être les sujets privilégieront-ils la filière textuelle, conscients de l'empreinte plus profonde que celle-ci inscrirait dans leur mémoire ?

Ainsi se termine cette construction d'un cadre théorique. Notre objectif était dans un premiers temps de comprendre comment on comprend, lorsqu'on se retrouve face à un texte ou à une illustration (statique ou animée)...

Puis, nous voulions définir ce qu'était un « bon » dispositif mixte, à savoir un dispositif objectivement le moins inefficace possible.

Ensuite, nous avons cherché à lancer quelques ponts en direction de la partie expérimentale, notamment autour de la notion de préférence subjective du sujet pour l'un ou l'autre des registres de représentations sémiotiques.

Expérience

4. Introduction

Dans une civilisation caractérisée par la montée du visuel, on peut certes s'attendre à ce que la structure hiérarchique des rapports texte-image se modifie. Il n'est pas sûr du tout que les prochaines générations, placées devant des environnements mixtes, liront d'abord le texte comme nous avons si souvent tendance à le faire nous-mêmes. Au contraire, les boucles de rétroaction entre le texte et l'image vont se multiplier à l'infini, ainsi que les zones de mouvance entre la spectacularisation du texte-fragment et la textualisation du visuel ».

Vandendorpe (1999, p.152)

Nous avons choisi de débiter cette partie expérimentale en citant à nouveau Vandendorpe (1999), parce qu'il fait explicitement référence, dans ces propos, à ce que nous chercherons à mesurer dans l'expérience.

Premièrement, il prétend que « la structure hiérarchique des rapports texte-image se modifie ». Cette modification devrait entraîner des changements dans notre relation au texte et à l'image/animation. Ainsi, de plus en plus de poids devrait être donné, selon l'auteur, aux éléments graphiques dans l'avenir.

En outre, le professeur de Lettres prétend qu'actuellement la tendance va plutôt vers la lecture du texte avant celle de l'image, lorsqu'un dispositif propose cette alternative.

De ces deux constatations a émergé le désir d'en savoir un peu plus, et de trouver un moyen de vérifier les dires de Vandendorpe. C'est en fait à la lecture de son ouvrage, fort intéressant, que l'idée de cette expérience nous est apparue (la grande quantité de citations provenant de cet auteur est d'ailleurs le reflet du lien étroit entre son travail et nos propres intérêts et envies).

Il fallait trouver un moyen de faire ressortir cette structure hiérarchique, d'une manière ou d'une autre, si possible d'une façon qu'on puisse la constater, certes, mais également mesurer et interpréter les comportements des utilisateurs.

Le postulat central est le suivant :

lorsqu'un individu se trouve confronté à plusieurs registres de représentation sémiotique, ses intérêts vont s'exprimer à travers sa manière de naviguer dans le dispositif.

Nous avons consciemment utilisé la forme passive (« ses intérêts vont s'exprimer » à la place de « il va exprimer ses intérêts »), pour bien souligner que les choix de navigation faits par le sujet ne sont pas toujours conscients, loin de là. Un système de régulation métacognitive intégré au dispositif nous aide (et aide l'apprenant) à comprendre ce qui motive un choix. Il reste cependant une partie plus obscure – non explicite – dans l'acte de décision qui va dépendre des facteurs décrits en première partie (la qualité des animations, leur complexité, la structure du dispositif, les capacités visuo-spatiales de l'individu, ses affinités avec les deux registres de présentations, l'ergonomie de l'interface, etc.).

La structure quasi hypertextuelle de notre dispositif (discutée dans la partie théorique) combine la liberté offerte au sujet de consulter ce qu'il veut, quand il veut, et la possibilité de conserver une trace de ces choix (par un clic, le sujet doit explicitement exprimer le désir de consulter un fragment d'explication bien précis).

Pour faire ressortir certains comportements, nous avons décidé d'entrer clairement dans une démarche expérimentale hypothético-déductive. En fait, la grande quantité de données collectées, ainsi que la faible significativité statistiques de nos résultats qui s'est révélée lors de l'analyse, nous ont également permis de (ou contraints à... selon l'image qu'on veut donner à cette décision) faire clairement basculer notre travail du côté de l'enquête, dans une démarche plus inductive.

Une partie des données collectées a été utilisée dans la première partie, déductive. Une autre catégorie de données n'ont pu être directement intégrée dans cette partie-là et ont ainsi servi l'enquête.

Nous verrons que la question de recherche prend clairement un autre visage en passant du déductif vers l'inductif.

5. Question de recherche (partie déductive)

En introduisant, dans deux groupes distincts de sujets, une différence dans la manière de donner la consigne, nous essayons de répondre à la question suivante :

la perspective d'une évaluation en fin du parcours de découverte influe-t-elle sur la manière de naviguer entre textes et animations ?

Pour répondre à cette interrogation, nous avons conçu un dispositif multimédia, strictement identique dans les deux groupes, permettant au sujet d'explorer un contenu décrivant et expliquant un phénomène céleste : la rétrogradation régulière de Mars dans le ciel terrestre. Le contenu est présenté sous forme de deux filières indépendantes : une filière verbale (textes) et une filière graphique (animations).

La différence de comportement devrait être provoqué par un changement dans la consigne : avant de rentrer dans le dispositif, un groupe apprend qu'il sera évalué à la fin, l'autre non.

Nous avons réfléchi à plusieurs moyens d'exercer une éventuelle influence sur les comportements de navigation. La plupart des pistes que nous avons envisagées poursuivaient la réflexion menée dans la partie théorique, en essayant de modifier des paramètres relativement objectifs dans le dispositif pour essayer de provoquer des réactions subjectives (par exemple, une consigne demandant de rédiger un résumé explicatif du phénomène, ou encore une filière textuelle utilisant un vocabulaire plus complexe).

Nous avons finalement choisi comme pont entre l'objectif et le subjectif l'arme de l'évaluation, qui trouve d'après nous, naturellement sa place à l'interface entre ces deux points de vue.

6. Hypothèse générale

Les sujets confrontés à notre dispositif ont l'habitude d'être évalués très (trop ?) régulièrement, dans leur quotidien scolaire. Nous avons mesuré sur une période de deux mois qu'un de nos élèves fait face, en moyenne, à une dizaine d'évaluations chaque semaine, sanctionnées par une note (un peu plus quand les maîtres se rendent compte qu'ils vont devoir rendre les moyennes sous peu et qu'il manque une ou deux notes !).

Chaque élève ressent l'évaluation de manière différente. Pour certains, elle est le bâton, pour d'autres, la carotte. Mais elle n'existe pas uniquement pour sanctionner ou sélectionner. Elle sert aussi réellement à indiquer à l'élève sa position sur le chemin de l'acquisition de savoirs et de compétences ; le retour/feedback est d'ailleurs une composante indispensable de toute relation pédagogique interpersonnelle ou non (relation maître-élève, mais également utilisateur-dispositif).

Quelle que soit la manière dont elle est perçue, l'évaluation ne laisse pas indifférent, à partir du moment où il y a un vrai enjeu. Dans notre dispositif, nous essayons, à travers la perspective d'une évaluation finale, de donner une

(bonne ?) raison supplémentaire à l'élève d'aborder l'explication du phénomène avec sérieux.

Notre hypothèse générale peut donc être formulée comme suit :

immergé dans un dispositif qui propose deux filières descriptives (explicatives) d'un même phénomène complexe (extrêmement difficile à imaginer mentalement, tellement les interactions entre les objets sont éloignées du vécu de l'élève et les effets de perspectives importants), l'une verbale (texte), l'autre graphique (animation), un sujet plus motivé (même si cette motivation est « artificiellement » provoquée par la perspective d'une évaluation finale) mettra en œuvre une stratégie de navigation privilégiant la recherche de l'efficacité.

Nous espérons dégager des comportements différents qui pourraient nous permettre de comprendre les stratégies mises en action par des sujets qui ont « envie » de comprendre.

7. Hypothèses opérationnelles

Les sujets « motivés » par une évaluation annoncée devraient, selon nous :

hypothèse 1 :

naviguer de manière beaucoup plus structurée. Nous entendons par là qu'une systématique très forte doit pouvoir ressortir de leur manière de visiter le dispositif.

Ce qui nous fait avancer cela :

conformément aux théories discutées plus haut, toutes construites autour de celle de la charge cognitive, les sujets devraient chercher à auto-minimiser cette dernière en maximisant notamment la contiguïté spatiale et temporelle (principes de Mayer). Cette forte systématique devrait se révéler par une navigation alternée (texte-anim ou anim-texte), à l'intérieur de chaque étape.

De plus, afin de minimiser le travail de recontextualisation de l'information, obligatoire à l'arrivée sur chaque nouveau fragment, les sujets devraient éviter les sauts trop importants entre les étapes et privilégier la visite de fragments voisins sur le cockpit (tableau de commande). Cette forte systématique devrait se révéler par une navigation linéaire, à l'échelle du dispositif.

hypothèse 2 :

privilégier la lecture du texte à celle de l'animation

Ce qui nous fait avancer cela :

le texte propose une découverte linéaire du sujet. Il encadre la découverte, met traditionnellement l'accent sur les éléments essentiels et organise les événements avec des mots qui explicitent notamment les relations de cause à effet. Les sujets cherchant à comprendre ces relations devraient faire plus systématiquement appel au texte.

Indépendamment de toute considération directe sur l'efficacité objective du texte et de l'animation, le sujet pourrait en outre préférer le texte pour les raisons subjectives que nous développons dans la partie consacrée au cadre théorique (confiance, sérieux, habitude, apprentissage de la lecture d'un texte et pas d'une image, peur de manquer les éléments essentiels, etc.). Cette « supériorité » du texte perçue par l'apprenant devrait se révéler à travers des temps de consultation supérieurs pour le texte et un nombre sensiblement plus important de fragments textuels consultés.

D'après Vandendorpe, ce privilège accordé au texte devrait également s'exprimer par une consultation du texte avant l'animation.

hypothèse 3 :

faire appel à la lecture d'un plus grand nombre de fragments.

Ce qui nous fait avancer cela :

Dans notre pratique d'enseignant, nous avons remarqué que le stress d'une évaluation pouvait générer le besoin de consulter et consulter encore, pour se rassurer et même si on a compris, son matériel jusqu'à la dernière minute.

Un tel comportement pourrait être également un indicateur que le « facteur stress » a joué comme prévu.

8. Plan d'expérience

8.1 Variable indépendante : la consigne

groupe 1

Évaluation finale clairement annoncée avant d'entrer dans le dispositif.

groupe 2

Pas d'évaluation annoncée avant d'entrer dans le dispositif

8.2 Variable dépendante : la stratégie de navigation

Mesure 1 :

Régularité dans la navigation : la systématique

Mesure 2 :

importance relative donnée par le sujet au texte

- a) répartition moyenne des clics entre texte et animation
- b) nombre moyen de clics « texte » par sujet
- c) temps moyen consacré par un sujet à chaque fragment de texte
- d) consultation du texte avant l'animation lors de l'arrivée sur une nouvelle étape

Mesure 3 :

nombre total de clics durant la visite

9. Méthode

9.1 Sujets et plan expérimental

Plus de 400 sujets ont passé l'expérience.

Cependant, seuls 218 sujets ont été retenus pour l'analyse. Les autres ont dû être exclus pour diverses raisons :

- premièrement, certains maîtres nous ont indiqué, dans leur feedback, que l'ambiance était plus au jeu qu'au travail ;
- ensuite, le bouche à oreille aidant, certains maîtres que nous ne connaissions pas ont fait passer l'expérience à leurs élèves sans nous en parler. Ils n'ont ainsi pas été mis au parfum de la procédure expérimentale. Nous avons donc décidé d'exclure ces groupes ;
- finalement, certains groupes qui ont travaillé dans les ateliers Mac ont rencontré des problèmes avec le plug-in Flash durant l'expérience. Pour cette vingtaine d'élèves, la tâche a été suffisamment perturbée pour que nous ne puissions prendre en compte leur navigation.

Les 218 sujets retenus ont tous entre 12 et 13 ans. Ce sont des élèves de 7^e année provenant de plusieurs écoles différentes du Cycle d'Orientation de Genève.

Les sujets ont, en grande majorité, suivi le même cursus, mais nous ne pouvons bien évidemment pas prétendre à une totale homogénéité du public. A cet âge-là, ils n'ont pas tous la même pratique du médium « ordinateur ». Certains jouent régulièrement à des jeux vidéo, d'autres jamais, ce qui ne manquera pas d'avoir une influence sur les capacités visuo-spatiales individuelles, par exemple.

Une chose est cependant certaine (cela faisait partie d'une question que le maître posait aux élèves avant l'expérience) : aucun des élèves n'était au courant que Mars faisait régulièrement pareille étrangereté dans le ciel. Le sujet traité était donc bien nouveau pour tout le monde.

Les 218 sujets ont été répartis comme suit dans deux groupes :

	Evaluation finale annoncée (g1)	Evaluation finale non annoncée (g2)
Le même dispositif intégré	130	88

Figure 5 – répartition des effectifs entre les deux groupes

9.2 Matériel et dispositif expérimental : identique pour les deux groupes

Nous avons intégralement conçu le matériel expérimental (contenu et contenant). Nous vous invitons à parcourir la deuxième partie consacrée au développement pour avoir plus de détails sur la démarche technologique entreprise en réponse à des besoins pédagogiques.

Une version de démonstration complète de notre dispositif est disponible à l'adresse suivante : http://www.formate.ch/tecfa_exp/textanim.htm

Si vous avez un navigateur sous la main, nous vous invitons à aller vous balader dans le dispositif quelques minutes avant de poursuivre cette lecture. Si, en revanche, vous ne souhaitez voir que les animations et les textes qui les accompagnent, nous les avons isolés sur http://www.formate.ch/memoire/decomposition_exp/

Tout d'abord, le dispositif est complètement intégré, ce qui signifie que le concepteur/expérimentateur n'intervient pas lors de l'expérience. Il délègue à un maître, soigneusement briefé, le soin d'encadrer le groupe. L'objectif étant que le « tuteur » n'ait à intervenir qu'en cas de problème(s).

Dès lors, il fallait proposer à l'utilisateur quelques moyens automatiques de réguler ce qui est en général du ressort du maître : gestion du temps, encouragement, et consignes.

Voici le déroulement diachronique de notre dispositif :

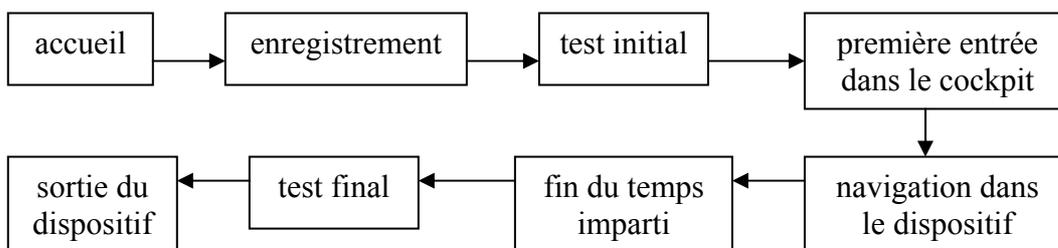


Figure 6 – succession des étapes

Prenons l'une après l'autre les différentes étapes, afin de présenter à chaque fois la justification pédagogique de nos choix.

L'enregistrement

prénom : facultatif
nom : 10e visiteur
sigle de la classe : démo
école : démo
nom du maître : démo

une fois que tu as rempli tous les champs, demande qu'on introduise le mot de passe secret qui te permettra de commencer la visite !

Mot de passe : *****

Version de démonstration

Continuer

Dans la phase d'enregistrement, nous demandons au sujet de rentrer son nom. Bien que la collecte de données personnelles ne soit pas bienvenue dans une expérience de psychologie cognitive, nous avons utilisé cet artifice pour responsabiliser l'élève afin d'éviter au maximum les réponses fantaisistes, données par défi ou par jeu.

Figure 7 – l'enregistrement

Le mot de passe sert à synchroniser le départ des élèves et à laisser l'opportunité au maître/tuteur de vérifier qu'aucune fausse donnée n'a été saisie

Dès le départ, le sujet est capturé en mode « pleine fenêtre » (fonction non disponible dans la version de démonstration). Cela permet d'éviter que le sujet interrompe, par erreur ou volontairement l'expérience en cours.

Les deux tests

Si tu vois cela depuis la fenêtre de ta voiture, c'est ta voiture qui avance.

- vrai
- faux
- on ne peut pas le savoir

Figure 8 – une question du test

Au départ, nous avons prévu d'évaluer les progrès faits par certains sujets, en fonction de leur stratégie de navigation dans le dispositif. Nous avons finalement renoncé à cette analyse pour des raisons de ressources en temps. Il était alors prévu que le test final soit pensé comme une vraie évaluation, nous permettant de constater de manière la plus rigoureuse possible les éventuels

progrès. Vous constaterez que le test final est strictement identique à l'initial, parce qu'il a finalement uniquement servi de prétexte à une autre mesure que celle de l'efficacité objective.

Le test initial nous a quand même permis de constater une certaine homogénéité dans les réponses aux questions qui cherchaient à faire ressortir les capacités visuo-spatiales du sujet (notamment les questions animées).

Le cockpit

Voilà la pièce essentielle de notre puzzle expérimental. Il est le fruit de réflexions ergonomiques que nous aimerions partager ici.

Le cockpit représente le tableau de commande à partir duquel le sujet peut organiser sa navigation. Les contraintes pédagogiques suivantes, liées à l'expérience, ont été identifiées :

- nécessité de présenter un accès à tous les fragments d'information sur la même page ;
- ne pas imposer une hiérarchie entre les boutons qui déterminerait de manière trop forte la stratégie de navigation ;
- offrir des outils minimaux de régulation de la navigation, pour la même raison ;
- proposer au sujet un outil, même modeste, de gestion du temps à disposition pour la visite.

Les deux premiers points sont intimement liés.

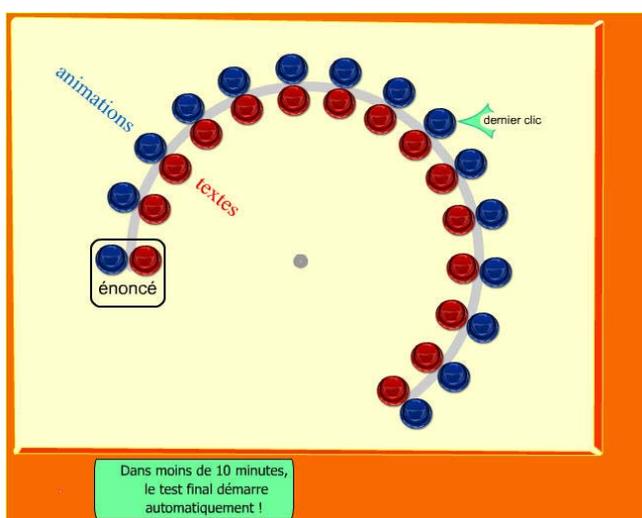


Figure 9 – le cockpit

Premièrement, la disposition circulaire a été choisie pour essayer d'estomper au maximum l'idée de linéarité, afin de ne pas trop influencer le sujet. Même si la structure linéaire du contenu est vite perceptible (relations de cause à effet), il valait mieux laisser l'élève la découvrir par lui-même.

Deuxièmement, le cadre « énoncé » propose quand même implicitement un début à la découverte. Il est là pour minimiser le risque que les sujets cliquent n'importe où au départ. A noter que malgré cela, tous les sujets n'ont pas commencé par l'étape 1.

Les deux couleurs (bleu et rouge) servent à distinguer textes et animations, disposés le long d'un axe gris et mis en contact « physique » dans chacune des étapes afin de soigneusement transmettre l'idée que les deux registres font bien partie de la même étape.

L'indicateur « dernier clic » sert à éviter que le sujet ne sache plus de quel fragment il ressort. Le cas échéant, cela aurait généré passablement d'enregistrements parasites correspondant aux hésitations spatiales de l'élève. En revanche, s'il est vrai qu'un hypertexte marque en général tous les endroits déjà visités, nous avons renoncé à cette idée, pour éviter d'accentuer des réactions du genre : « j'y suis déjà allé, je n'y retourne de toute façon plus ! ».

Ensuite, le cadre orange accentue l'impression de fenêtre, par contraste visuel. Dans les animations, la principale difficulté liée aux capacités visuo-spatiales des sujets peut provenir de problèmes de projection sur de la 2D d'espace 3D (la vision zénithale, par exemple, est loin d'être une projection naturelle).

A noter que notre dispositif peut se révéler redoutablement compliqué. En effet, il manipule dans chacune des animations de la « fausse » 3D (projection de la 3D sur un plan 2D), avec tous les efforts cognitifs nécessaires pour traiter cette perspective suggérée. Nous avons déjà eu l'occasion de présenter les risques cognitifs inhérents à la manipulation graphique de 2D et de 3D, avec notamment les soucis de projection. Nous avons choisi explicitement ce sujet d'étude, dans un de nos cours à option de deuxième année TECFA, car nous savions que le problème se causerait lors de la conception pédagogique de nos animations.

L'intégralité de cette présentation a été exportée à partir de Powerpoint grâce aux fonctions intégrées de « webisation automatique ». Cela signifie que le lecteur devra user du navigateur IExplorer, (v.5.5 et au-dessus) pour pouvoir profiter des animations présentes sur les diapositives. Décidemment, Microsoft n'aime pas beaucoup partager !

<http://www.formate.ch/memoire/2d3d/>

Le fenêtrage donne un cadre bien précis à la scène, toujours le même. Ensuite, revient aux animations le redoutable travail de minimiser la charge cognitive en proposant au sujet des aides. Par exemple, chaque fois qu'il est important que l'élève prenne conscience que ce qu'il voit dans la fenêtre est ce que voit un

terrien, un petit garçon assure la transition entre vision décentrée et vision subjective. Le regard du garçon vient se calquer sur la fenêtre, par un effet de zoom. En revanche, dans l'animation qui ne sert qu'à souligner que rien n'est statique dans l'univers, des mouvements de « caméra » anarchiques ne proposant aucun point de repère au sujet viennent exprès accentuer ce phénomène. A noter qu'une animation propose explicitement la fenêtre, en laissant l'élève appréhender un paysage à travers celle d'un train.

Les textes ont été écrits gros, en de courtes phrases, toujours dans un souci de confort : « des études expérimentales sur la physiologie de la lecture ont établi que plus une ligne est longue, plus les sautilllements de l'œil risquent de devenir erratiques et de gêner la lecture ». (Vandendorpe, 1999, p. 194)

Finalement, les petites boîtes de couleurs qui apparaissent et changent régulièrement de fond (selon un dégradé accentuant l'effet dramatique du temps qui passe) sont là pour permettre au sujet de réguler dans le temps sa navigation. A noter que la durée à disposition était très (trop ?) confortable et que très peu d'élèves auraient souhaité plus de 25 minutes (cette information ressort des feedbacks).

Les boîtes de régulation métacognitive

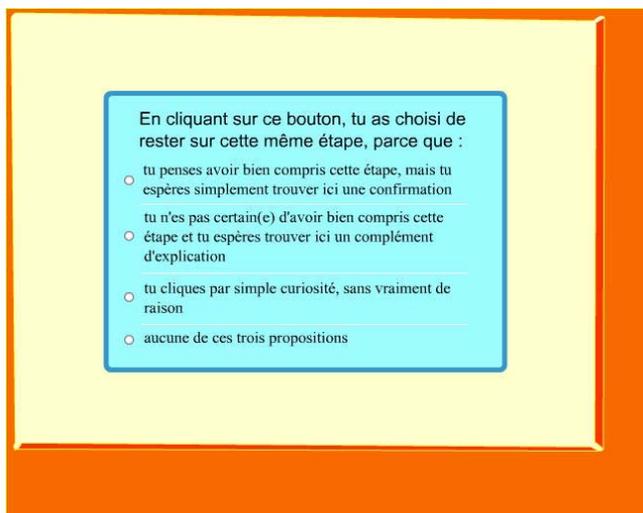


Figure 10 – une boîte de régulation métacognitive

Quatre boîtes différentes peuvent apparaître durant la navigation. Au premier clic, une boîte pour demander au sujet s'il a déjà choisi une stratégie de navigation au départ. A chacun des clics suivants, dans le cockpit, deux boîtes

différentes occupent l'écran, selon que le sujet reste sur la même étape ou change d'étape. Et finalement, une boîte demande au sujet de justifier son désir de revoir immédiatement une animation.

On pourrait nous accuser de perturbation de la tâche, avec ces petites boîtes bleues qui apparaissent à chaque fois que l'élève fait un choix de navigation. Finalement, il ressort des retours reçus des maîtres/tuteurs qu'aucun élève ne s'est plaint de cette contrainte. Tant mieux, car dans notre idée, elles ont été clairement conçues comme un moyen de régulation méta-cognitive, permettant au passage de collecter dans notre base de données des informations motivant les choix.

En annexe A, vous trouverez un aperçu exhaustif des différentes boîtes de régulation rencontrées par le sujet durant son parcours.

Les messages de transition

On peut assez facilement reprocher à tout dispositif multimédia d'apprentissage d'être déshumanisé. Le nôtre ne déroge pas à la règle. Aussi, il nous semblait important de rappeler de temps à autre la présence « tacite » de l'ingénieur pédagogique, avec quelques messages courtois.

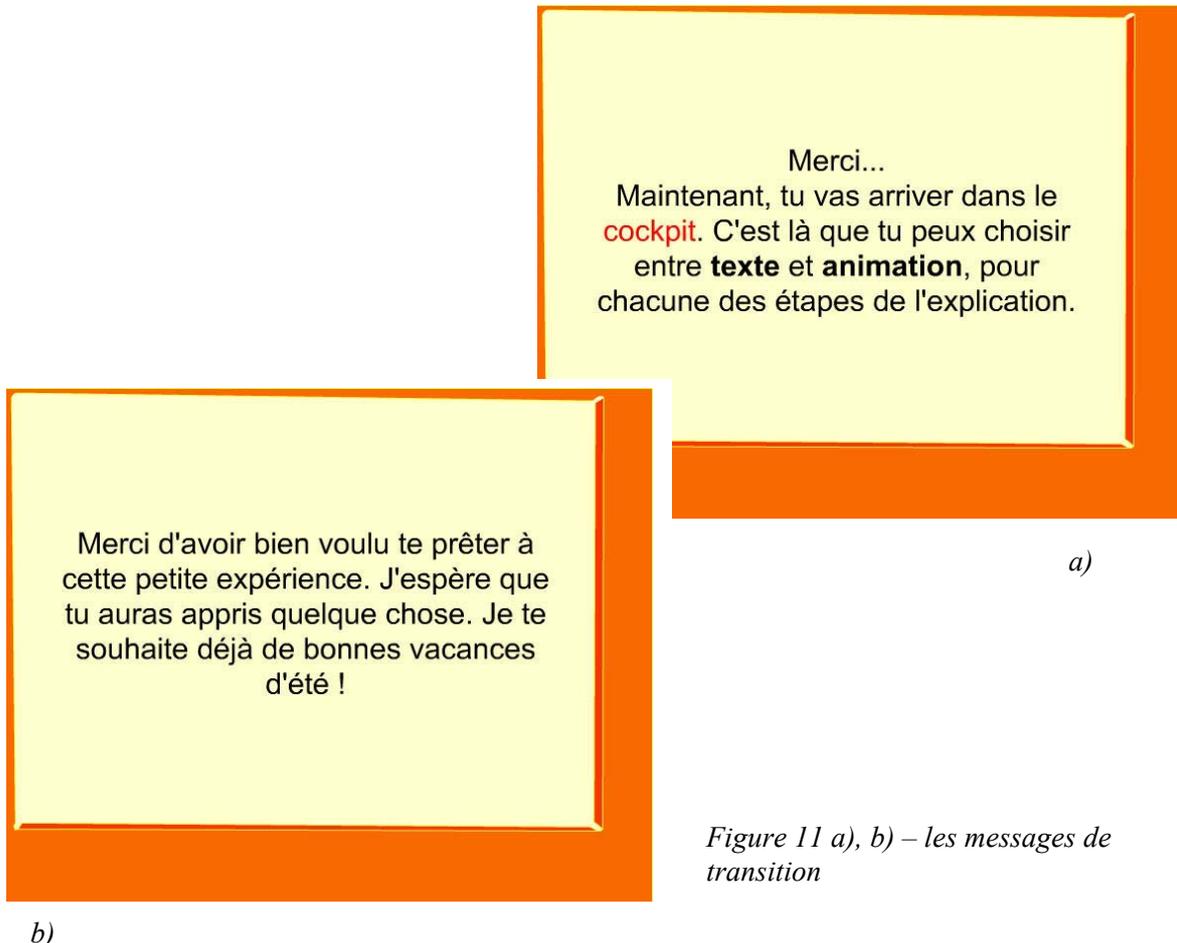


Figure 11 a), b) – les messages de transition

9.3 Procédure

La passation de l'expérience requiert, en tout, 35 minutes. Ce format a été choisi parce qu'il s'insère parfaitement dans une période d'enseignement, calibrée dans tout le canton à 45 minutes. Cela laisse ainsi 5 minutes aux élèves pour arriver et s'installer, après la cloche, et au maître/tuteur pour expliquer aux élèves (s'il avait omis de le faire la semaine précédente) qu'ils allaient se prêter à une petite expérience.

Première phase :

nous avons préparé un document à lire avec les élèves : la consigne. S'y trouve expliqué le principe de l'expérience (avec la séparation texte-animation), sans dévoiler bien entendu les mesures qui allaient être prises. C'est sur ce document qu'il est écrit, ou pas, qu'une évaluation sera imposée en fin de parcours. Le maître/tuteur est tenu de soigneusement insister sur cette information, le cas échéant !

Le clic sur un lien en bas de page provoque l'entrée dans le dispositif expérimental à distance, ainsi que la capture en plein écran.

Deuxième phase :

une trentaine de minutes (si l'on compte les deux tests initiaux et finaux) de balade dans le dispositif.

Ce qu'il faut impérativement savoir :

le fait que nous soyons absents lors de la passation implique que les retours sur les conditions expérimentales effectivement constatées soient délégués aux maîtres/tuteur. Nous avons fait parvenir une fiche standard à remplir, et à nous retourner par courrier électronique, avec les observations sur le déroulement de l'expérience. Encore une fois, ceux qui n'ont pas joué le jeu du feedback ont vu leur groupe exclu de l'analyse.

10. Résultats

Mesure 1 : la régularité dans la navigation (mesure de la systématique)

Cette analyse est la plus délicate à réaliser. En fait, nous aurions pu, dans l'absolu, constater 218 manières différentes de naviguer dans le dispositif. Heureusement, il nous a été possible d'identifier, puis de regrouper des comportements identiques. Dans un premier temps, nous avons pu mettre en avant 51 « motifs de navigation » (patterns).

Pour ce faire, nous avons planché sur une méthode qui rendrait visuelle la manière de naviguer et qui permettrait de remarquer de grands « types » de comportement. Une **bonne** image valant mieux qu'un long discours (décidemment !), voilà la technique retenue :

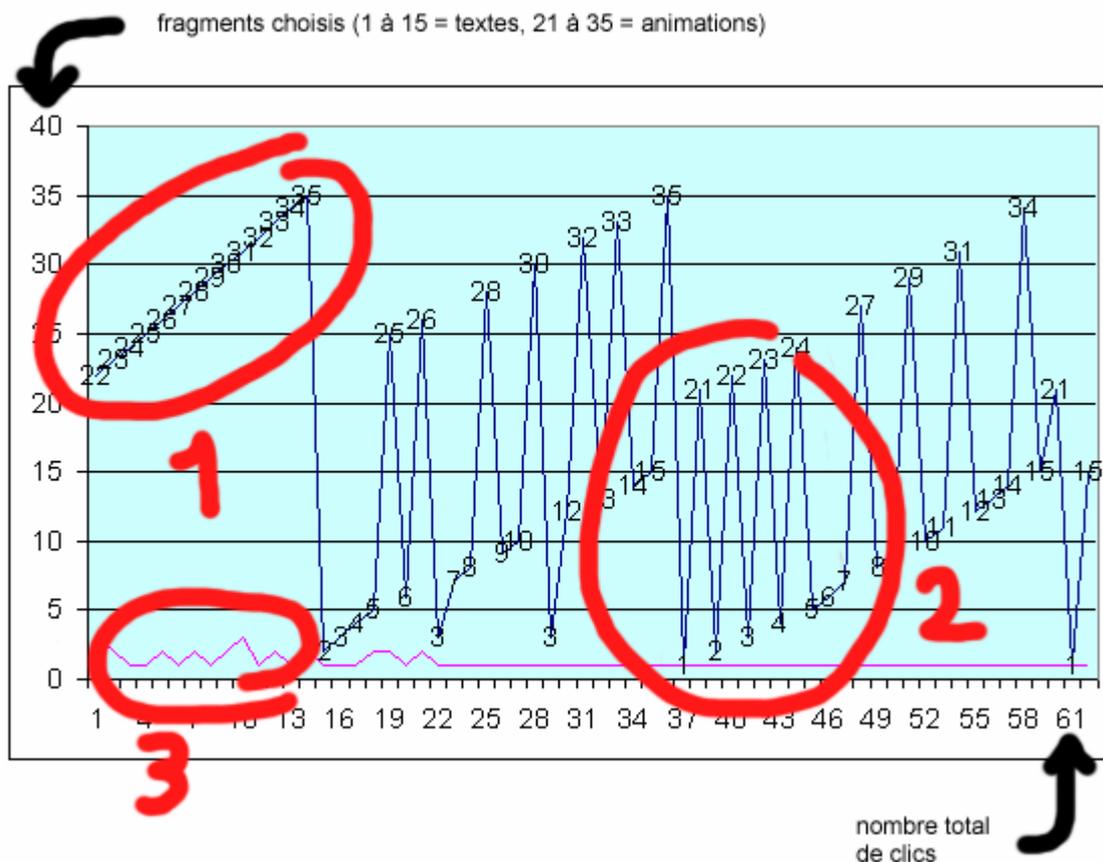


Figure 12 – illustration de la navigation

Pour livrer un maximum de clefs de lecture, nous avons choisi un « motif » présentant des comportements assez mixtes.

Quelles informations « brutes » peut-on tirer de ce graphique :

- le nombre total de fragments consultés par le sujet (axe des X)
- le registre de représentation sémiotique demandé à chaque clic (axe des Y → moitié supérieure du graphique = animations, moitié inférieure = textes)
- sur la courbe superposée en bas de graphique, la raison qui a motivé chaque choix (obtenue grâce aux boîtes de dialogue bleues). Le choix se lit sur l'axe des Y également (la valeur est comprise entre 1 et 5, correspondant aux items à choix imposés au sujet).

Que peut-on déduire de cette information ?

- Mise en valeur 1 : en début d'expérience, le sujet n'a demandé à consulter que les animations, dans un ordre croissant.
- Mise en valeur 2 : lors d'un deuxième, puis troisième parcours croissant à travers le dispositif, le sujet a privilégié cette fois plutôt l'alternance.
- Mise en valeur 3 : le sujet motive à chaque fois différemment ses choix dans le premier tiers de sa navigation. Lors des deux derniers parcours, il donne, en revanche, à chaque fois la même raison : « j'ai bien compris, je veux continuer ».

En règle générale, plus le graphique présente un profil « dent de scie » et plus l'alternance systématique entre animation et texte est forte.

En outre, quand le graphique monte, la navigation à travers le dispositif est croissante, lorsqu'il descend, elle décroît. Il est arrivé à plusieurs reprises que des sujets consultent le dispositif à l'envers ! Par exemple :

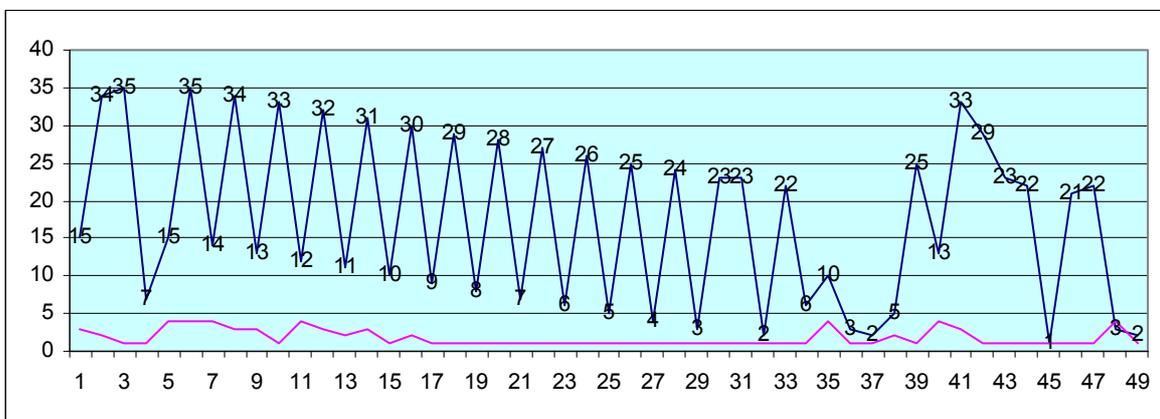


Figure 13 – une navigation décroissante

Dans l'annexe B, nous proposons un aperçu des principaux patterns rencontrés. Nous nous permettons d'en livrer néanmoins déjà deux ici, afin de souligner la bonne lisibilité sémiologique de nos choix graphiques.

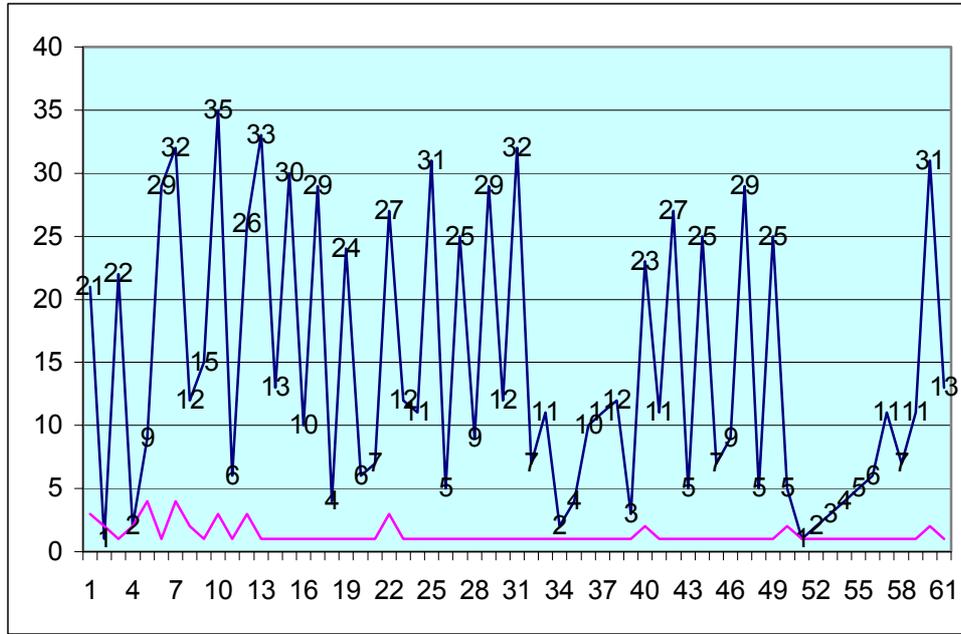


Figure 14 – une navigation anarchique

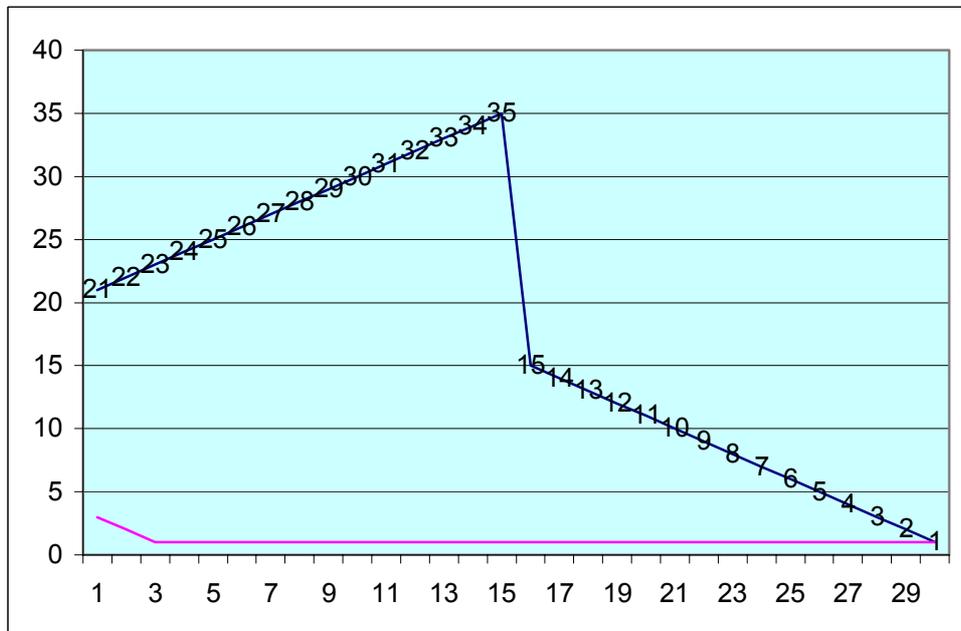


Figure 15 – une navigation régulière

Parce que nous avons l'habitude d'être confrontés à des représentations graphiques, nous avons d'un coup d'œil l'impression que la deuxième courbe montre une certaine régularité clairement absente de la première. Dans ce cas, l'objectif principal de notre méthode semble atteint : nous pouvons faire visuellement ressortir l'ordre et le chaos.

Pour essayer de mesurer la systématique, nous avons ensuite opéré des regroupements, en fonction de la « densité » de l'alternance, conformément à l'hypothèse que nous cherchons à démontrer. L'alternance la plus dense étant le cas de figure où le sujet consulte systématiquement les deux registres l'un après l'autre. L'alternance systématique faible se produit lorsque les sujets donnent une nette préférence à l'un ou l'autre des registres. L'absence totale d'alternance (à laquelle nous ne nous attendions pas du tout !) s'est même produite, car entre 14 et 17 % des sujets (en fonction du groupe) n'ont consulté que l'animation et n'ont pas du tout fait attention aux textes !

Les graphiques illustrant les résultats :

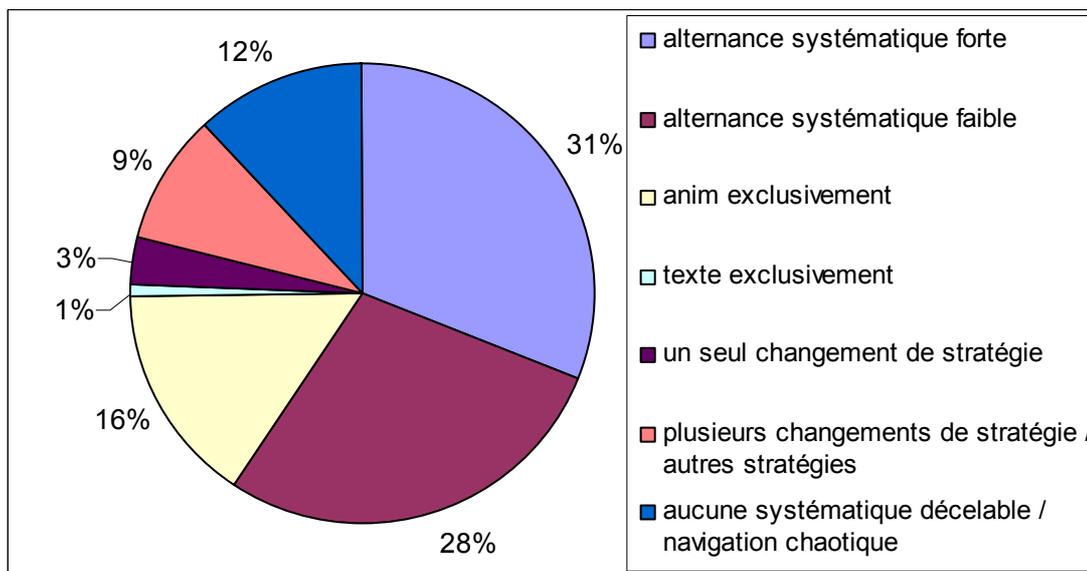
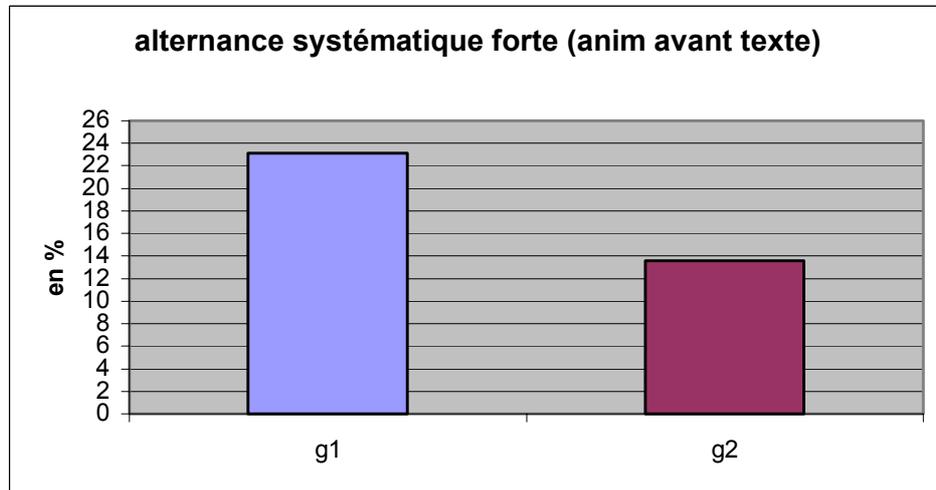


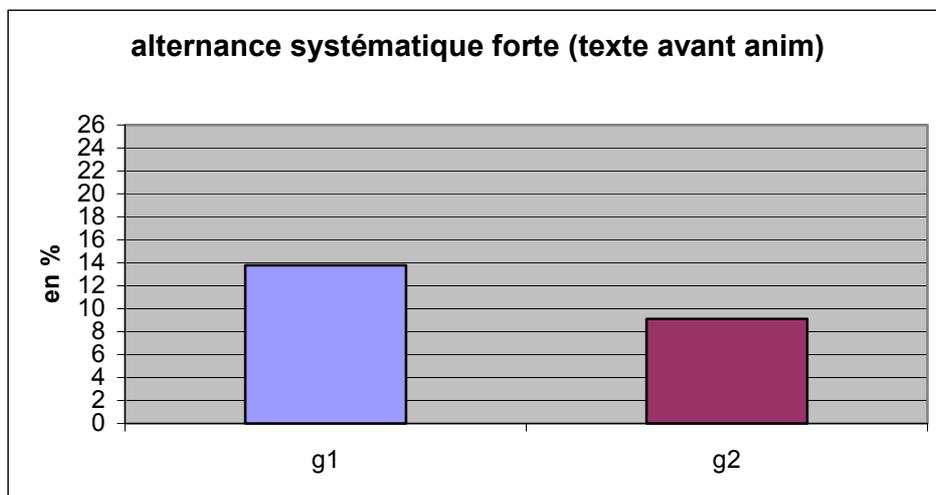
Figure 16 – systématique dans la navigation (g1 et g2 confondus)

Rappel : le g1 concerne les sujets évalués, le g2 les autres.

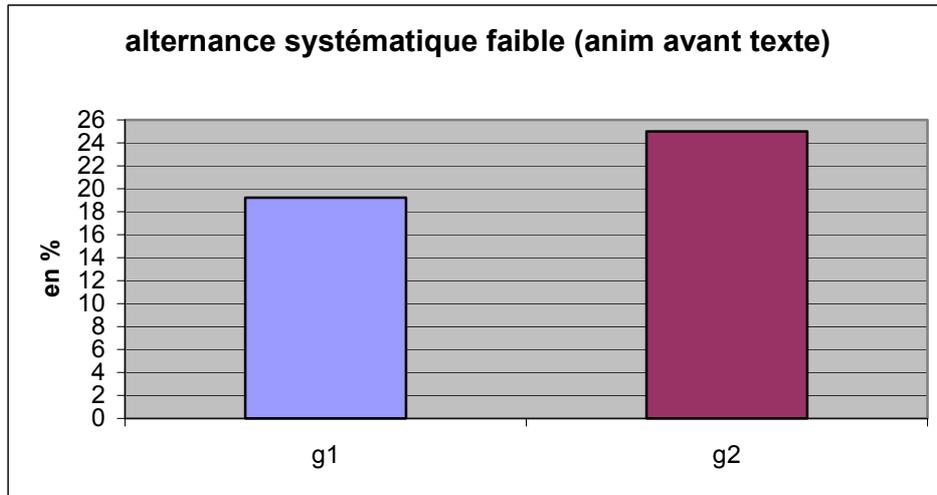
Figure 17 – différentes stratégies de navigation a) – j)



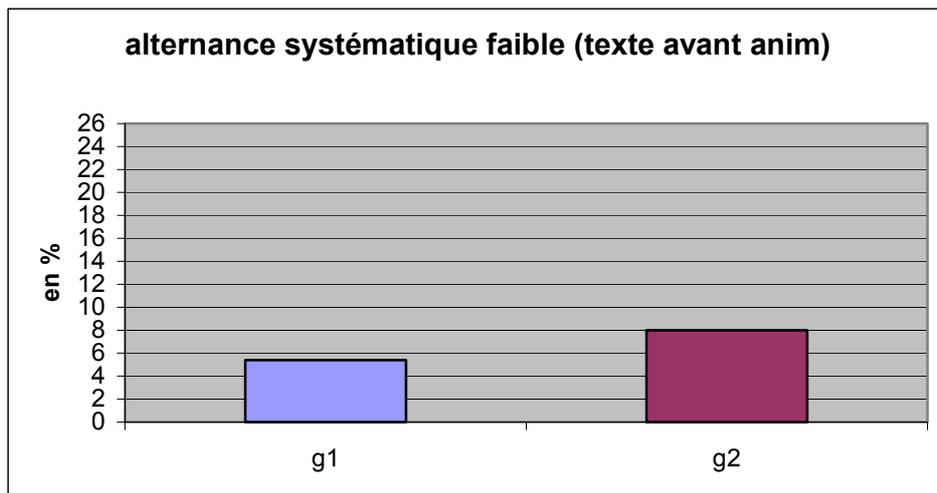
a)



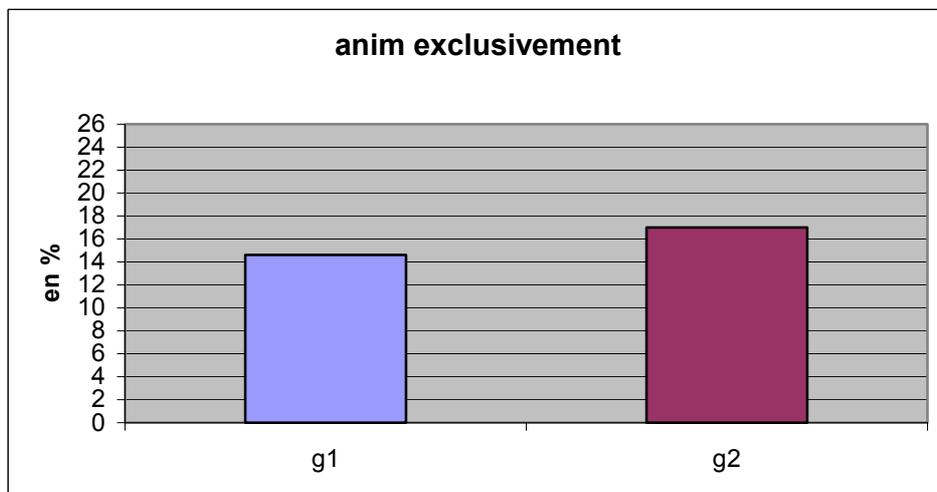
b)



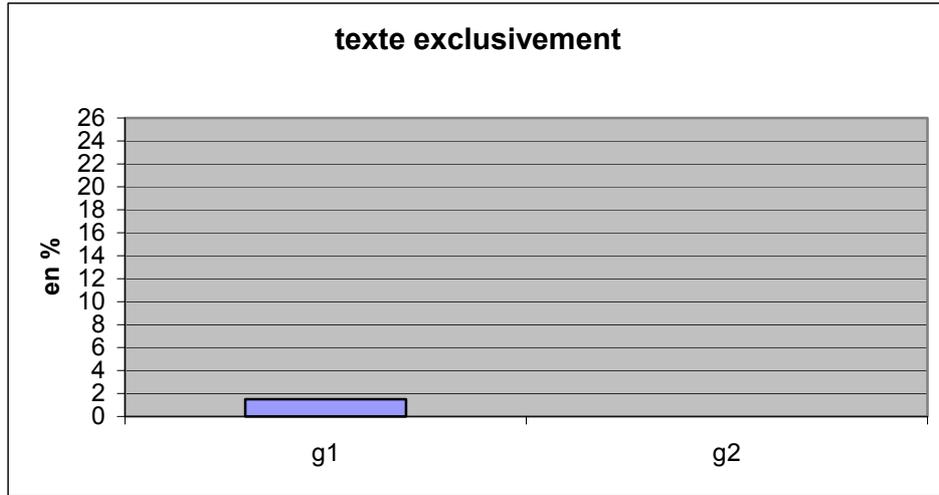
c)



d)

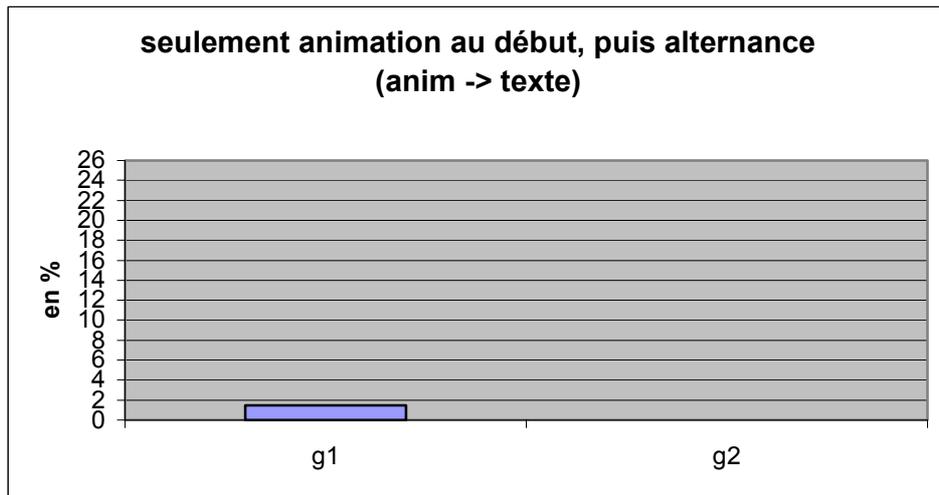


e)

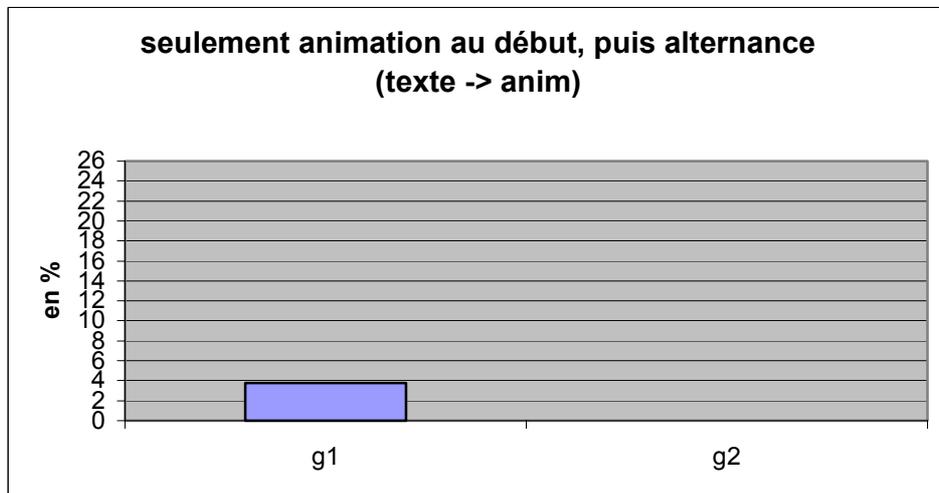


f)

un seul changement de stratégie (un seul registre, puis alternance)

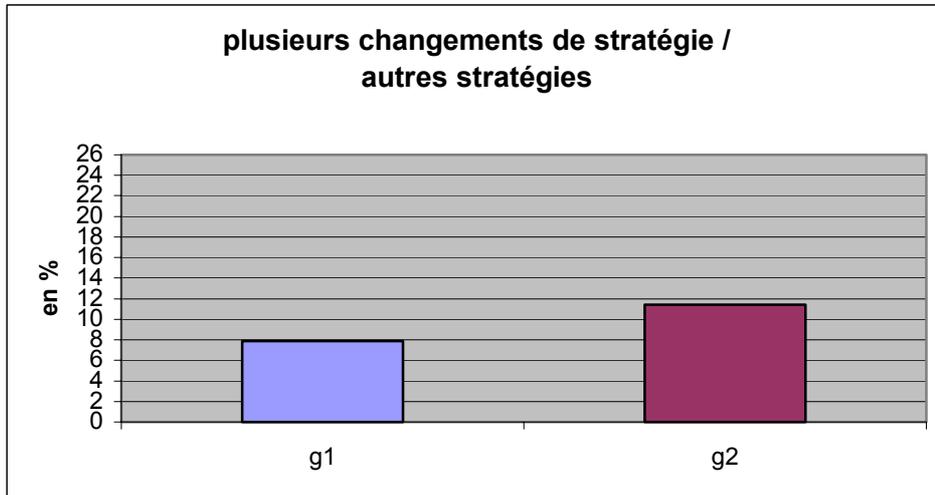


g)



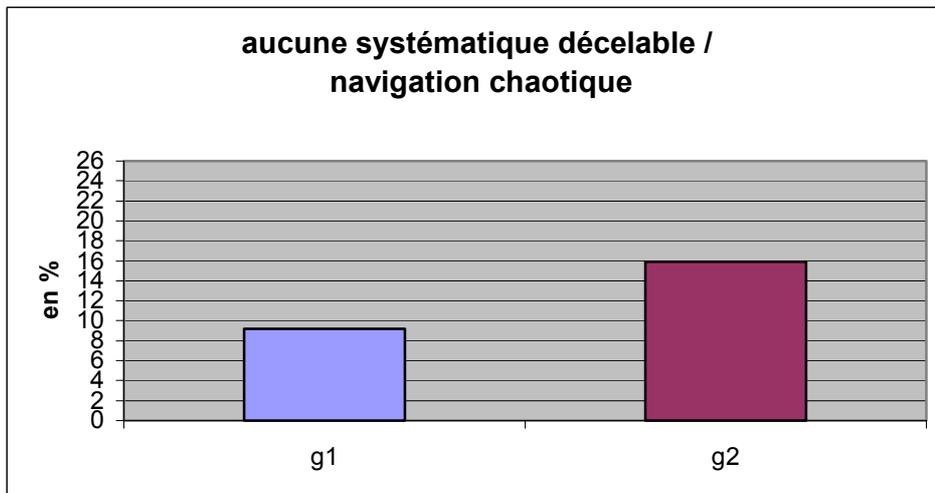
h)

plusieurs changements de stratégie / autres



i)

chaos



j)

Nous avons passé les différences entre les deux groupes (même parfois bien modestes) à la moulinette statistique : aucune d'entre elles n'est significative. Elles ne sont donc pas imputables à la variation de consigne.

Probabilité du Chi2	0.28964012
Valeur du Chi2	7.35055995
Valeur du Chi2 (5%)	12.5915774

Mesure 2 : l'importance relative donnée par le sujet au texte

- a) répartition moyenne des clics entre texte et animation

Ici, nous cherchons à mesurer la proportion de clics *texte* et *animation* dans les deux groupes, par rapport au nombre total de clics. Ainsi, si tous les sujets avaient choisi une seule fois chacune des étapes de l'explication (texte et anim), la proportion serait de 50 % - 50 % pour chacun des registres de représentation sémiotique. Un taux supérieur à 50 % signifie que les sujets ont eu une demande plus forte pour le registre concerné (interprétation : ou bien ils ont sauté plus d'étape de l'autre registre – le texte, en l'occurrence –, ou bien ils ont souhaité « relire » plus volontiers les étapes dans la modalité concernée – l'anim). A noter que les proportions sont remarquablement égales dans les deux groupes, avec un léger avantage pour l'animation.

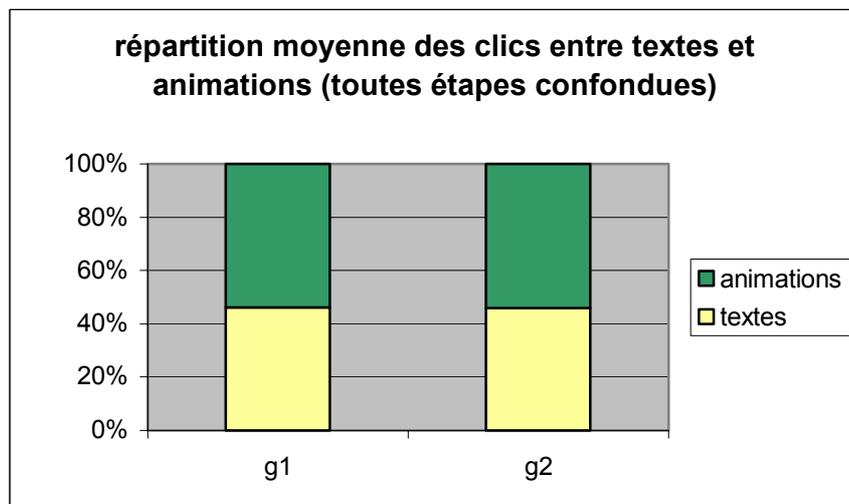


Figure 18 – répartition des clics entre textes et animations

- b) nombre moyen de clics « texte » par sujet

Ici, nous cherchons à faire apparaître une différence inter-groupe dans la sollicitation du texte. C'est une moyenne parce que certains sujets ont cliqué jusqu'à 60 fois pendant les 25 minutes qu'a duré l'expérience, et d'autres se sont contentés de 30 clics (un clic par bouton du cockpit).

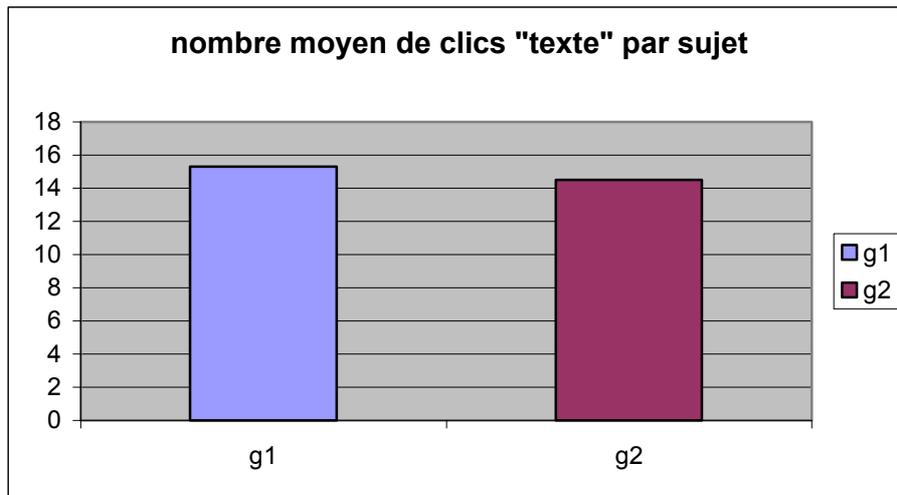


Figure 19 – nombre moyen de clics « texte » par sujet

- c) temps moyen consacré par un sujet à chaque fragment de texte

Ici, nous présentons une moyenne – pour chacune des étapes de notre dispositif – du temps passé par les sujets sur le registre *texte*. Les deux courbes sont remarquablement superposées, sauf pour trois étapes qui suggèrent que les sujets du g2 (sans évaluation) ont consacré plus de temps à lire le texte que leurs confrères du g1.

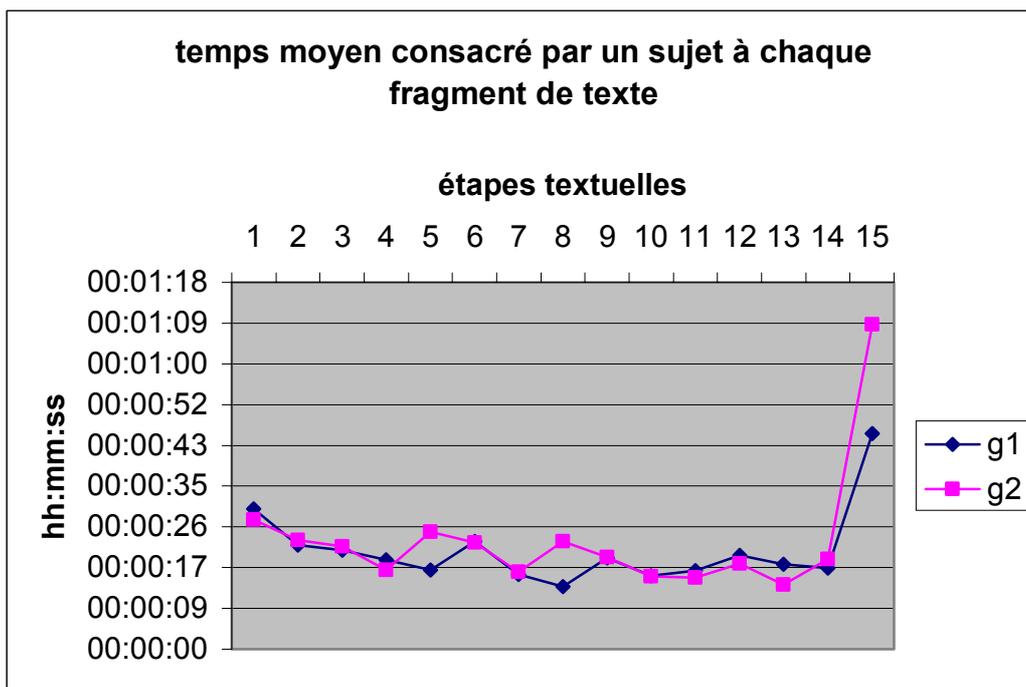


Figure 20 – temps de lecture moyen de chaque fragment de texte

- d) consultation du texte avant l'animation lors de l'arrivée sur une nouvelle étape.

Ici, nous essayons de mesurer la proportion de sujets qui choisissent de commencer par la lecture du texte en arrivant sur une nouvelle étape (parmi les sujets qui vont « lire » successivement les deux registres de représentation).

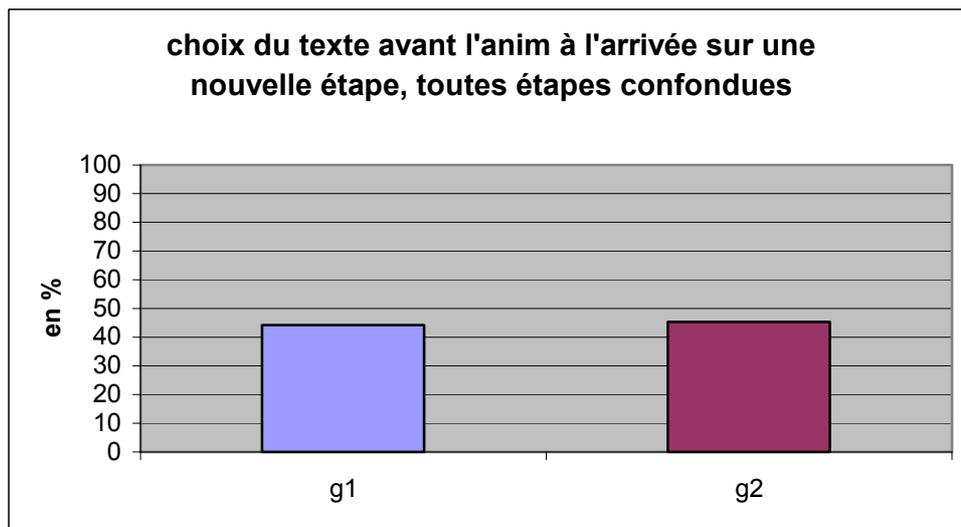


Figure 21 – lecture du texte avant l'animation

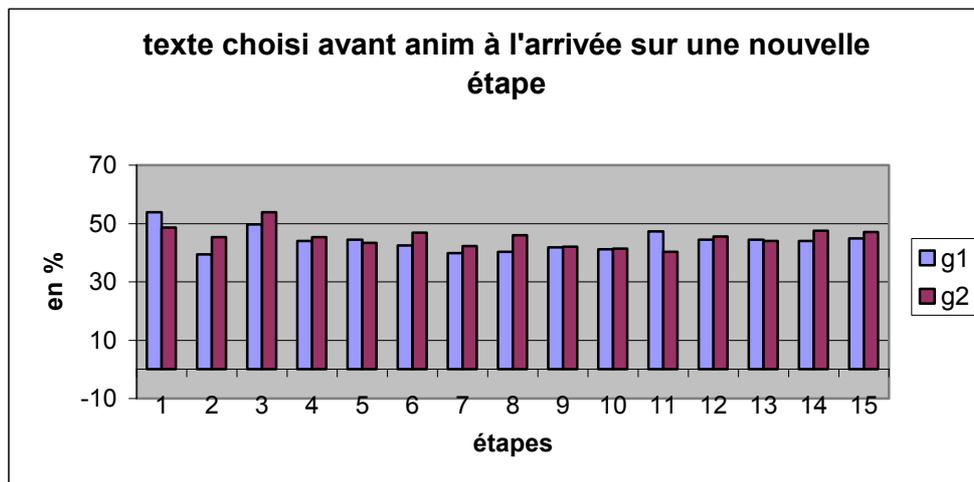


Figure 22 – lecture du texte avant l'animation, détail par étape

Pour chacune des mesures jugeant de l'importance relative donnée par le sujet au texte, les calculs de significativité statistique (tests du chi2) ont confirmé l'indépendance des données mesurées avec la manière dont la consigne a été formulée.

point a)

Probabilité du Chi2	0.987715192
Valeur du Chi2	0.00023708
Valeur du Chi2 (5%)	3.841455338

point b)

Probabilité du Chi2	0.38002379
Valeur du Chi2	5.303065942
Valeur du Chi2 (5%)	11.07048257

point c)

Probabilité du Chi2	Mesurée pour chaque étape et comprise entre 0.20 et 0.87
---------------------	--

point d)

Probabilité du Chi2	0.9734032
Valeur du Chi2	5.70430377
Valeur du Chi2 (5%)	23.6847823

Mesure 3 : nombre de clics pendant la visite

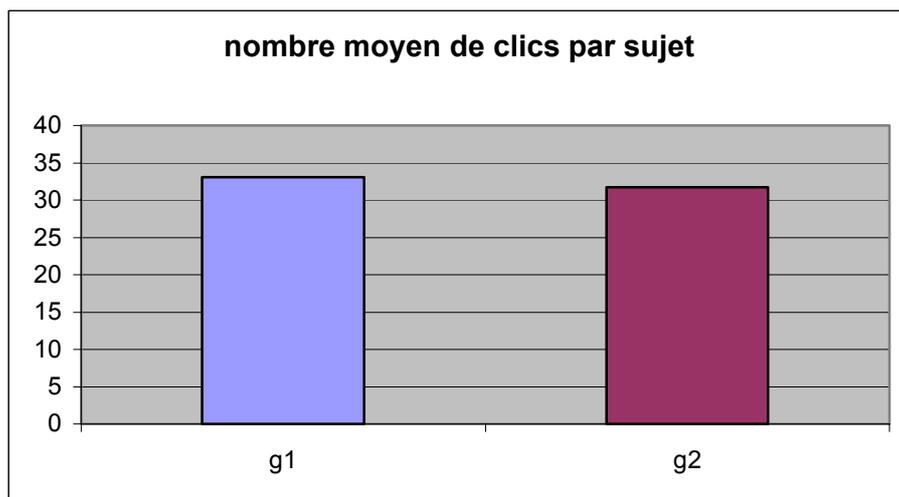


Figure 23 – nombre de clics par sujet

Ecart-type g1 = 13,45
Ecart-type g2 = 9,57

A nouveau statistiquement non significatif :

Probabilité du Chi2	0.185743391
Valeur du Chi2	7.504463112
Valeur du Chi2 (5%)	11.07048257

11. Discussion

Les mesures prises nous permettent-elles de répondre à la question centrale de cette partie hypothético-déductive : « l'annonce d'une évaluation modifie-t-elle la stratégie de navigation dans le dispositif ? » ?

11.1 Hypothèse 1

Les sujets « motivés » par une évaluation annoncée devraient naviguer de manière beaucoup plus structurée. Nous entendons par là qu'une systématique très forte doit pouvoir ressortir de leur manière de visiter le dispositif.

Nous postulons que la pression induite par une évaluation pousserait les sujets du groupe 1 à adopter une systématique plus rigoureuse, qui s'exprimerait de deux manières à travers la navigation : par une alternance plus prononcée au niveau intra-étape et une linéarité plus forte, globalement.

Bien que les résultats illustrent effectivement des différences entre les deux groupes, nous devons réfuter notre hypothèse, pour des raisons de non significativité statistique. Quelques pistes seraient à creuser pour essayer de comprendre les raisons de cet « échec » : en fait, il aurait fallu essentiellement trouver un moyen de mesurer la motivation des sujets à réussir. Cela manque cruellement à notre démarche et nous ne sommes dès lors pas du tout certains que la « menace » d'une évaluation ait généré le « stress » espéré...

Au-delà de notre hypothèse, nous pouvons commenter de manière plus inductive les résultats obtenus (en fusionnant les deux groupes) et en revisitant notre base de données.

Tout d'abord, une bonne moitié des sujets naviguent en adoptant une stratégie privilégiant la systématique (qu'elle soit intra-étape ou générale). La forme du cockpit, suggérant une certaine linéarité n'y est sans doute pas étrangère. Il est très probable, également, que ces sujets soient sensibles à la perte d'énergie causée par les efforts plus grands de recontextualisation demandés dès qu'on s'éloigne de la linéarité.

Un sixième des sujets donne l'impression de cliquer de manière chaotique ! Là aussi, difficile d'en comprendre les raisons. Est-ce dû à une perturbation amenée par la forme du cockpit, par un total détachement du contenu, une motivation uniquement guidée par la curiosité, sans souci de compréhension ?

Ensuite, un cinquième des sujets ont souhaité consulter toutes les animations avant de lire les textes. Ce différé de la légende est étonnant, car nous nous attendions à ce que ce travail de confirmation se fasse très vite, conformément aux principes des contiguïtés spatiales et temporelles ! Seuls 5 % des sujets adoptent une même stratégie, mais en commençant par découvrir tous les fragments de texte...

Finalement, 15 % des sujets n'ont consulté que les animations. Il serait là également intéressant de pouvoir en saisir les raisons : la filière animée est-elle suffisamment explicite ? Les sujets ont-ils caché leur expertise du thème abordé ? N'ont-ils été animés que par la curiosité ?

11.2 Hypothèse 2

Les sujets « motivés » par une évaluation annoncée devraient privilégier la lecture du texte à celle de l'animation.
--

Ici également, nous devons réfuter notre hypothèse car les différences, d'ailleurs infimes, ne sont pas statistiquement significatives.

Concernant le temps moyen consacré par un sujet à la consultation du texte, les courbes des deux groupes sont remarquablement superposées. Trois étapes voient pourtant les membres du groupe 2 consacrer plus de temps sur leur fragment textuel. Nous avouons notre incapacité à en expliquer les raisons. Les trois animations concernées présentent, à notre avis, des niveaux de complexité différents, et ne se détachent dès lors pas particulièrement des autres animations...

Du comportement global de tous les sujets ayant participé à l'expérience, nous pouvons quand même induire une préférence pour la consultation

des animations. Ainsi, tous groupes confondus, 55 % des choix de lecture se sont exprimés en faveur de l'animation.

De plus, nous devons contredire Vandendorpe qui affirmait qu'un individu confronté à la mixité d'un dispositif multimédia lirait d'abord le texte avant l'image, en tout cas actuellement tempère-t-il car ce rapport subjectif serait en train de changer. Et bien, ce changement serait déjà manifestement bien inscrit chez des élèves de 12-13 ans, puisque nos résultats montrent qu'à l'arrivée sur une nouvelle étape, une majorité des sujets (58 % en moyenne pour les deux groupes) commencent par consulter l'animation, et utilisent donc le texte comme légende, et non le contraire...

11.3 Hypothèse 3

Les sujets « motivés » par une évaluation annoncée devraient faire appel à la lecture d'un plus grand nombre de fragments.

Notre idée était d'utiliser le nombre de clics comme un indicateur de « stress », en postulant que les sujets du groupe 1 profiteraient de manière plus intense du temps mis à leur disposition pour consulter, et consulter encore, les différents fragments.

Là encore, la différence entre les deux groupes est non seulement très faible, mais statistiquement non significative. Ceci expliquant peut-être cela... nous sommes intuitivement convaincus que l'évaluation n'a pas engendré le « stress » espéré dans le groupe 1.

12. Une analyse plus inductive

Nous aimerions utiliser la grande quantité de données obtenues pour proposer un complément d'analyse au lecteur, clairement orienté vers l'induction.

Puisque les deux groupes n'ont manifestement pas fait montre de comportements très différents, en tout cas pas induits par notre changement de consigne, nous avons envie de considérer les données dans leur ensemble et de ressortir visuellement certains comportements généraux, à titre informatif.

De plus, nous allons utiliser les données collectées grâce aux boîtes bleues de régulation métacognitive, afin de mettre en évidence les motivations des sujets.

Dans les graphiques suivants, nous avons quand même gardé les deux groupes séparés, et avons (sait-on jamais ?) à chaque fois testé statistiquement les différences. Aucune significativité ne s'est pourtant profilée...

12.1 Cinq nouvelles questions de recherche

Sorties d'une démarche hypothéico-déductive, les questions deviennent dès lors beaucoup plus générales :

1. comment les sujets évaluent-ils le pouvoir explicatif des images face au texte, en début et en fin d'expérience ?
2. les sujets ont-ils une stratégie de navigation pré-établie, ou vont-ils se la forger en cours de visite ?
3. quelles sont les principales raisons qui poussent les sujets à consulter l'autre registre de représentation sémiotique dans une même étape ?
4. quelles sont les principales raisons qui poussent les sujets à changer d'étape ?
5. quelles sont les principales raisons qui poussent les sujets à revoir immédiatement une animation ?

Première question

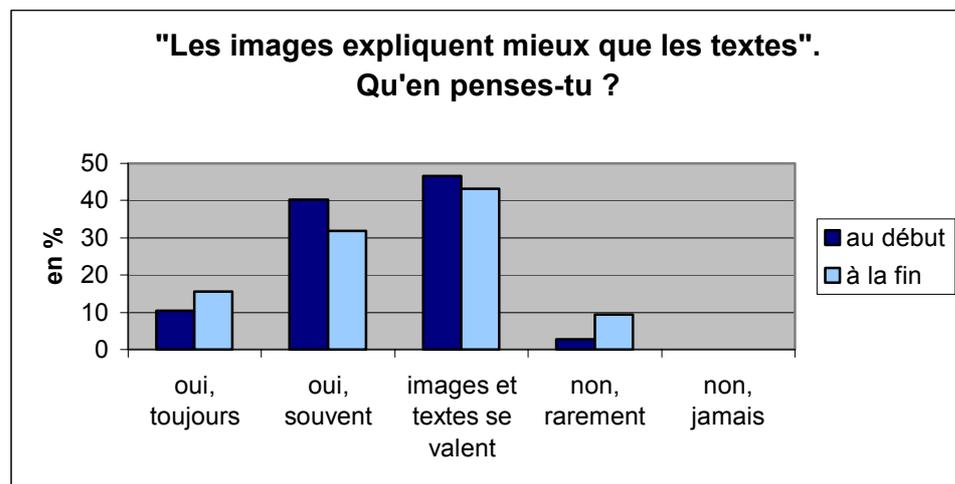


Figure 24 – avis du sujet

Les images jouissent d'une bonne réputation, puisque près de 50 % des sujets ont choisi de leur donner l'avantage. A noter que la majorité des sujets considèrent qu'images et textes se valent, d'un point de vue explicatif.

Deuxième question

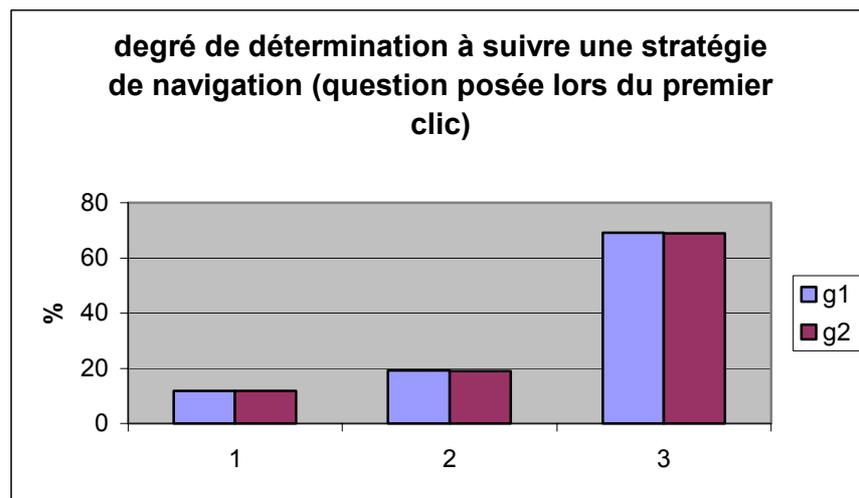


Figure 25 – stratégie établie en début de parcours

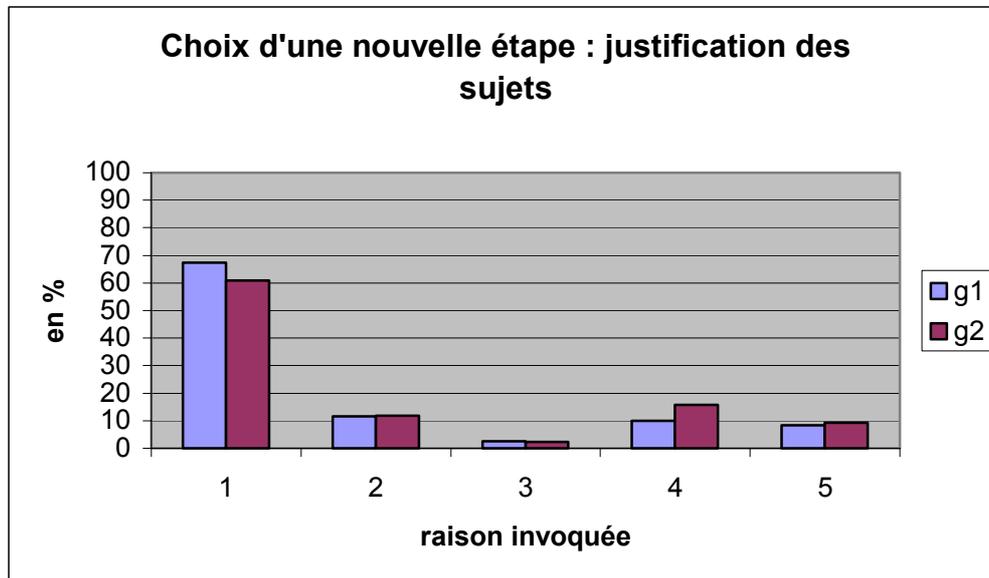
1 = idée très précise
2 = idée générale
3 = aucune idée

Seuls 10 % des sujets prétendent avoir une stratégie bien définie au début du parcours. La plupart d'entre eux ont l'intention de se laisser guider par le dispositif. Si l'on en croit ces résultats, les sujets ne partent pas avec l'idée préconçue d'une navigation structurée : nous rappelons néanmoins qu'une majorité d'entre eux vont très vite soigneusement organiser leur navigation.

Troisième question

A chaque fois qu'un sujet décide de changer d'étape, il doit se justifier. L'indicateur se lit ainsi, en prenant l'exemple du premier élément à gauche de l'histogramme : près de 70 % des clics des sujets du g1 conduisant à une nouvelle étape ont été justifiés par le fait que les sujets ont bien compris l'étape qu'ils quittaient et souhaitaient continuer leur exploration.

Figure 26 – pourquoi changer d'étape ?

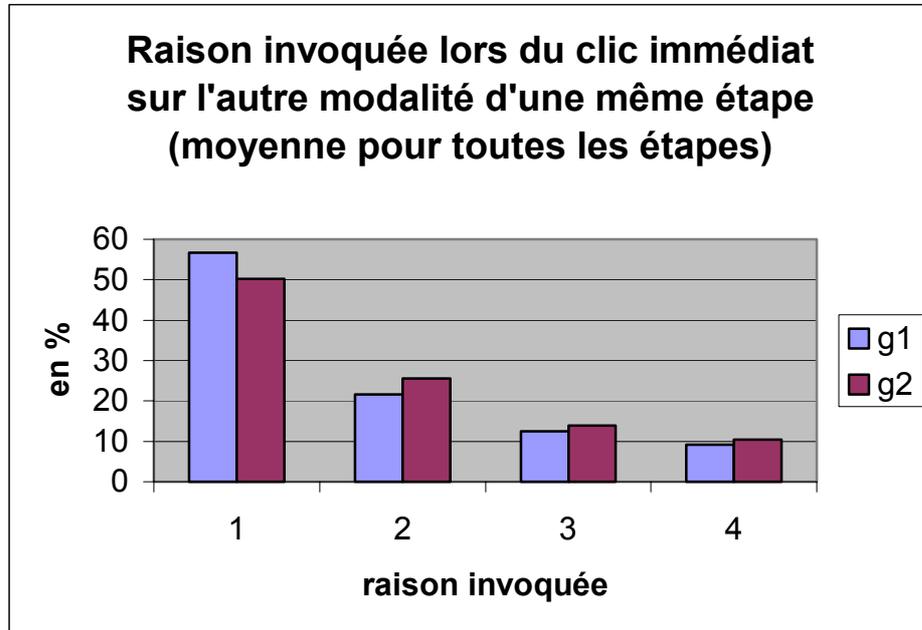


- 1) bien compris, continuer
- 2) pas certain d'avoir compris, espère complément d'explication
- 3) pas certain d'avoir compris, mais pas indispensable
- 4) par curiosité
- 5) aucune des quatre propositions

Dans la grande majorité des cas, le sujet poursuit son chemin parce qu'il pense avoir compris l'étape qu'il vient de quitter. Peu de sujets se permettent le « luxe » d'affirmer qu'une étape est inutile pour la compréhension, et ne vaut donc pas la peine qu'on y consacre plus de temps et d'efforts (item 3)

Quatrième question

Figure 27 – pourquoi rester sur la même étape ?

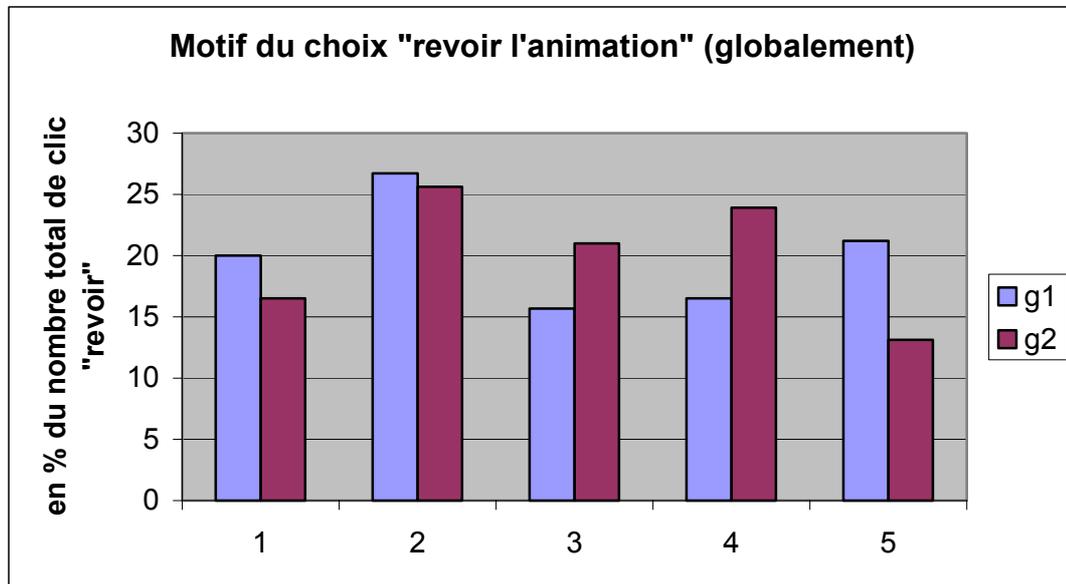


- 1) bien compris, cherche confirmation
- 2) pas certain d'avoir compris, espère complément d'explication
- 3) par curiosité
- 4) aucun des trois propositions

Si une bonne moitié des sujets ne consulte l'autre registre de représentation sémiotique que pour confirmer la compréhension forgée, indépendamment du registre choisi en premier, plus d'un cinquième espère que cet autre registre jouera pleinement son rôle complémentaire de légende et saura apporter les éléments qui manquent à la compréhension.

Cinquième question

Figure 28 – pourquoi relire une animation ?



- 1) trop rapide
- 2) pas très claire
- 3) sympa
- 4) explique bien
- 5) autre raison

Lorsqu'il s'agit de comprendre ce qui motive les sujets à solliciter la nouvelle « diffusion » d'une animation sitôt celle-ci terminée, nous remarquons qu'un quart de ces choix sont motivés par l'envie de comprendre : plus de 25 % des demandes de *replay* proviennent ainsi d'animations perçues comme « pas claires ». En plus, nous remarquons également un certain plaisir à consulter la même animation plusieurs fois pour le simple fait qu'elle explique bien ou qu'elle est sympa... la dynamique motivationnelle de la navigation peut décidemment emprunter plusieurs voies ! Nous sommes convaincus que les élèves sont très sensibles à l'esthétique des objets qu'ils manipulent, notamment.

13. Limites et conclusion

Cette étude cherchait à mettre en valeur certains comportements de navigation à travers l'analyse des choix de consultation faits par des élèves dans un dispositif multimédia proposant la description d'un même phénomène à l'aide de deux registres de représentation sémiotique différents : textes et animations.

Nous souhaitons « confronter » ces deux filières appartenant à la même modalité visuelle, afin de jauger des stratégies de découverte d'un apprenant laissé seul dans un tel dispositif.

Nous espérons qu'en brandissant la « menace » d'une évaluation en fin de dispositif les sujets d'un des deux groupes seraient plus sensibles à une certaine recherche de l'efficacité, et que cette quête de la compréhension puisse se lire dans la manière de naviguer.

Las, nous ne pouvons tirer de conclusions objectives de nos observations, par manque de significativité statistique de nos mesures, et de manière générale, à défaut de différences marquées. Nous pensons que le facteur « stress » n'a pas pris, car l'enjeu n'était pas suffisant dans le contexte mis en place pour l'expérience.

En construisant notre problématique comparative autour d'éléments aussi difficilement mesurables que les modalités de navigation mises en relation avec des facteurs motivationnels relativement incontrôlables, nous ne nous engageons pas sur la voie de la facilité. Nous nous attendions ainsi à rencontrer quelques problèmes d'interprétation.

Au-delà des grandes difficultés à tirer les quelques modestes conclusions présentées dans la section consacrée aux discussions, nous aimerions surtout souligner que l'animation (ou plus généralement l'image) n'est pas dévalorisée en regard du texte, loin de là... A aucun moment les sujets n'ont dénigré cette dernière.

Une majorité de sujets (tous groupes confondus) ont choisi de naviguer en respectant une certaine régularité, allant ainsi dans le sens des théories centrées sur la notion de charge cognitive (maximisation spontanée de la contiguïté spatiale et temporelle, notamment, ainsi que minimisation de l'énergie nécessaire à la recontextualisation des fragments).

Si nous devons rebondir sur cette expérience, nous souhaiterions réfléchir à un moyen de comparer la façon de naviguer avec l'efficacité objective de la stratégie choisie. Cela nécessiterait, notamment, une réflexion beaucoup plus poussée que celle que nous avons eue, sur le rôle de l'évaluation, d'une part,

mais également sur l'influence indéniable de la différence de complexité des fragments d'animation proposés et sur l'équivalence sémantique offerte par les deux filières.

2° PARTIE : le développement du dispositif expérimental

14. Introduction : un dispositif expérimental à distance, entre pédagogie et technologie

« The instructional use of interactive animations should be governed by pedagogical considerations rather than being driven by technical feasibility »

(Lowe, Interrogation of a Dynamic Visualization during Learning, à paraître)

La technique est très (trop !) souvent réifiante, à une époque où l'innovation dans ce domaine est présentée comme le principal moteur de la sacro-sainte croissance. Il faut dire qu'il est tellement facile d'utiliser la pléthore d'outils issus des progrès technologiques sans avoir à plonger les mains dans le cambouis... Analogie volontaire avec l'automobile qu'on utilise quotidiennement sans même connaître le fonctionnement d'un moteur servant pourtant de haras à une multitude de chevaux méthodiquement dissimulés. L'automobile, bijou de complexité technologique, répond à un besoin individuel, celui de mobilité... c'est tout ce qu'on lui demande ; à quoi bon en maîtriser les moindres rouages ? Les spécialistes ne sont-ils finalement pas là pour cela ?

Certes... pourtant, qui n'a jamais éprouvé le besoin d'en savoir un peu plus au moment précis de mettre sa voiture sur le billard du garagiste ? En de telles occasions, le novice mesure souvent amèrement le fossé qui le sépare du spécialiste. Il est des fois où l'utilisateur aimerait détenir de grosses bribes de la connaissance du concepteur, synonyme de compétence et donc de pouvoir.

Dans un autre registre, qui n'a jamais ressenti comme une once de complaisance dans le sourire bienveillant du technicien envoyé par la maintenance informatique de son entreprise, héros des temps moderne qui surmonte en trois petits clics efficaces, parce qu'experts, un obstacle qui paraissait parfaitement insurmontable ?

L'homme a appris très tôt à solliciter son intelligence pour économiser ses propres ressources : il a conçu des prolongements de son propre corps, les machines. Autant de « prothèses » qui dopent sa mémoire, accroissent sa mobilité, lui montrent des choses qu'il ne pourrait voir de ses propres yeux ou encore font éclater les frontières de la communication en l'affranchissant des contraintes de l'espace et du temps.

Aucun domaine n'est épargné par cette évolution aux allures de révolution (ou vice-versa).

Le monde de la formation peut aujourd'hui s'appuyer sur des béquilles technologiques proposant aux différents acteurs de réviser leur relation au savoir. D'un côté, le pédagogue et/ou le didacticien qui réfléchissent à la meilleure manière de l'accoucher, de l'autre l'apprenant qui – dans le meilleur des cas - souhaite ardemment qu'on l'aide à l'adopter.

Indépendamment de toutes considérations techniques, on qualifiera de « bon » pédagogue celui qui sait syntoniser ce qu'il dit avec ce que l'apprenant doit comprendre. Pour ce faire, il va non seulement s'assurer que ce qu'il partage est valide, mais également qu'il le présente d'une manière adéquate. Dans une séquence d'apprentissage, contenu et contenant sont intimement et inexorablement liés. Ainsi, le concepteur d'une séquence pédagogique qui ferait l'économie de la réflexion sur l'un ou l'autre de ces champs complémentaires s'exposerait à produire un dispositif boiteux.

Dans ce travail de vérification d'une adéquation maximale entre l'émetteur et le récepteur, le « bon » pédagogue préférera le « tu comprends ce que je dis ? » au « tu vois ce que je veux dire ? ». La première question a la prétention de l'assurance : celui qui « sait » a déconstruit un domaine de connaissances qu'il a passé dans la moulinette de la didactique. Il est non seulement au clair avec ce qu'il doit ou peut dire, mais également avec la manière dont il doit séquencer, agencer, son apprentissage afin que le savoir passe au mieux. Il « dit » plutôt qu'il ne « veut dire »... et va chercher à dépasser le stade de la perception (dont le « tu vois » est symptomatique) pour s'assurer que l'autre a compris (c'est-à-dire qu'il a pu reconstruire et assimilé le savoir en question). Ce n'est qu'au moment de l'évaluation (pour autant qu'elle soit bien pensée) que cette syntonisation est vérifiée.

D'accord, mais c'est vite dit, justement...

Pour y parvenir, le concepteur d'une séquence d'apprentissage va chercher à comprendre comment l'apprenti comprend, et ça n'est pas une mince affaire puisqu'il va devoir surfer sur les modèles scientifiques du fonctionnement cognitif, y mêler *son* expérience bâtie sur ses expériences, sa sensibilité ainsi que son intuition. Ensuite, il choisira dans l'arsenal des outils dont il dispose ceux qui répondent au mieux aux besoins pédagogico-didactiques identifiés.

Nous l'avons souligné, la technologie propose aujourd'hui de nouveaux outils, dont la puissance est peut-être encore mal mesurée.

Ces outils s'adaptent aux contenus qu'ils doivent faire passer, certes... Cependant, il faut reconnaître que les contenus sont également formatés en fonction du médium qui les transmet. Dans le cas d'un hypertexte, par exemple, il est évident que le contenu va devoir être pensé et organisé différemment que dans un livre. De façon générale, l'interactivité d'un dispositif propose et impose une réorganisation du savoir. Encore une fois, contenu et contenant sont les deux faces d'une même feuille sur laquelle on va inscrire le cheminement proposé à l'apprenti à travers sa découverte d'un champ inexploré de connaissances.

Dans le domaine de la conception d'outils d'apprentissage, la réification liée à l'utilisation maladroite de nouvelles technologies nous paraît particulièrement catastrophique. Le pédagogue et le didacticien, experts des contenus, ne peuvent déléguer entièrement à d'autres l'expertise du contenant. Le pédagogue doit continuer de se mettre à la place de l'utilisateur, tout en assumant néanmoins dans une très large mesure le rôle du concepteur.

Celui qui se laisse guider par la faisabilité technique d'un dispositif s'expose à un violent courant d'autocensure. Une analyse des besoins pédagogiques est essentielle en amont du processus de conception. Dès les toutes premières discussions (pour autant que discussions il y ait, ce qui sous-tend un travail d'équipe), il faut ainsi penser à l'utilisateur final.

La technologie peut aujourd'hui proposer une réponse à tous les besoins, mais aussi à toutes les envies. Nous avons la chance d'être de cette première génération qui peut profiter de cette démocratisation du savoir technologique. Dès lors, il serait bien dommage de renoncer à une bonne idée parce qu'on croit qu'elle est irréalisable.

De ce constat est né l'ingénierie pédagogique. Comme son nom l'indique, cette « discipline » jette un pont entre le « savoir que dire ou que montrer », et le « savoir comment faire pour dire ou pour montrer ».

Dans ce travail, nous avons postulé à cette place consensuelle. Chercher à se mettre dans la peau de l'ingénieur pédagogique a été une de nos principales motivations. C'est d'ailleurs pour cela que cette partie consacrée au développement s'est installée confortablement dans le corps du travail.

Avant de partir tête baissée dans l'implémentation de l'expérience, nous avons identifié les besoins pédagogiques liés aux finalités de cette dernière. En même temps, nous nous sommes préparés techniquement afin que, le moment venu, nous ne soyons pas bridés par la technologie. Trois domaines ont été clairement ciblés : le graphisme, le développement et l'ergonomie.

Il est arrivé que des besoins pédagogiques nouveaux se profilent durant la phase de développement, nécessitant ainsi une réponse technologique rapide et spécifique.

A noter que nous n'avons jamais renoncé à aucun des besoins pédagogiques qui se sont imposés durant la conception et le développement de l'expérience.

Parce que nous n'avons pas eu à subir les affres de l'autocensure, nous sommes satisfaits de constater que notre stratégie de préparation, étalée sur plusieurs mois avec des options de deuxième année axées sur l'apprentissage des technologies prometteuses (notamment deux cours intensifs de programmation multimédia), a été payante...

Nous avons envie de partager avec le lecteur les différents jalons qui ont marqué notre progression dans le processus de fabrication du dispositif expérimental.

Vous trouverez dès ce point une justification de tous les choix technologiques, en réponse à des contraintes pédagogique-didactiques détaillées largement, quant à elles, dans la première partie de ce travail.

15. Les différentes étapes de production

Afin de structurer au mieux la construction de notre dispositif expérimental, nous avons initialement découpé le processus de production en quatre principales phases :

- Planning
- Production
 - a) design
 - b) développement
- Testing

On retrouve ce découpage dans la majorité des filières de production.

Essentiellement diachronique, le processus de conception du dispositif n'est pourtant pas toujours aussi linéaire qu'il y paraît. Ainsi, il est très courant que design et développement s'entremêlent. C'est surtout le cas lorsque la réflexion ergonomique et graphique n'a pas été totalement aboutie pendant la phase de préparation.

15.1 La phase de planification (planning)

Cette étape est essentielle, puisqu'elle cherche à préparer au mieux la production. Les carences laissées à ce stade peuvent en effet se payer très cher en aval (car l'allocation ou la recherche tardives de ressources qui n'avaient pas été planifiées au départ est souvent terriblement chronophage)

Dans cette phase, nous avons commencé par cerner les principaux besoins. Ils sont naturellement en adéquation avec l'objectif final de notre recherche, lui-même formulé et identifié en fonction des envies personnelles (champs de connaissance à explorer et compétences à acquérir) et du cahier des charges fixé pour la « livraison » d'un mémoire (recherche/développement, cadre théorique à préciser, variables à mesurer, résultats à discuter, et autoanalyse rétroactive de la manière de fonctionner du concepteur).

15.1.1 Formulation des besoins primaires

Le dispositif expérimental devra :

1. proposer une décomposition en micro-étapes de l'explication d'un phénomène céleste (la rétrogradation de Mars observée de la Terre) ;

2. permettre une passation à distance, sans contraintes de temps ou d'espace, permettant une expérimentation à grande échelle (envie d'ouvrir une porte au data-mining) ;
3. offrir la possibilité de « tracer » la navigation du sujet (tracking), lorsqu'on lui laisse le choix entre deux différents registres de représentation sémiotique dans la même modalité sensorielle (domaine de la perception visuelle) : texte ou animation ;
4. laisser une liberté extrême au sujet dans sa navigation ;
5. offrir des outils de régulation métacognitive au sujet et enregistrer ses réactions ;
6. permettre d'automatiser la collecte de données grâce à l'appui de technologies permettant l'échange d'information à distance et le stockage centralisé de celle-ci ;
7. éviter à tout prix de favoriser l'une ou l'autre des modalités de présentation, en respectant une certaine neutralité dans la mise en valeur du texte et de l'animation (standardisation de certains éléments de l'interface, notamment) ;
8. proposer des animations de qualité, à haut pouvoir démonstratif ;
9. offrir le même cadre expérimental aux deux groupes testés, tout en permettant de faire varier la consigne donnée afin de favoriser et mesurer d'éventuels changements dans la manière d'exploiter la séquence.

A partir de là, nous avons opéré un premier regroupement de ces besoins afin de permettre des synergies dans la résolution technique des contraintes soulevées.

Le schéma ci-dessous illustre le résultat encore grossier de cette réorganisation :

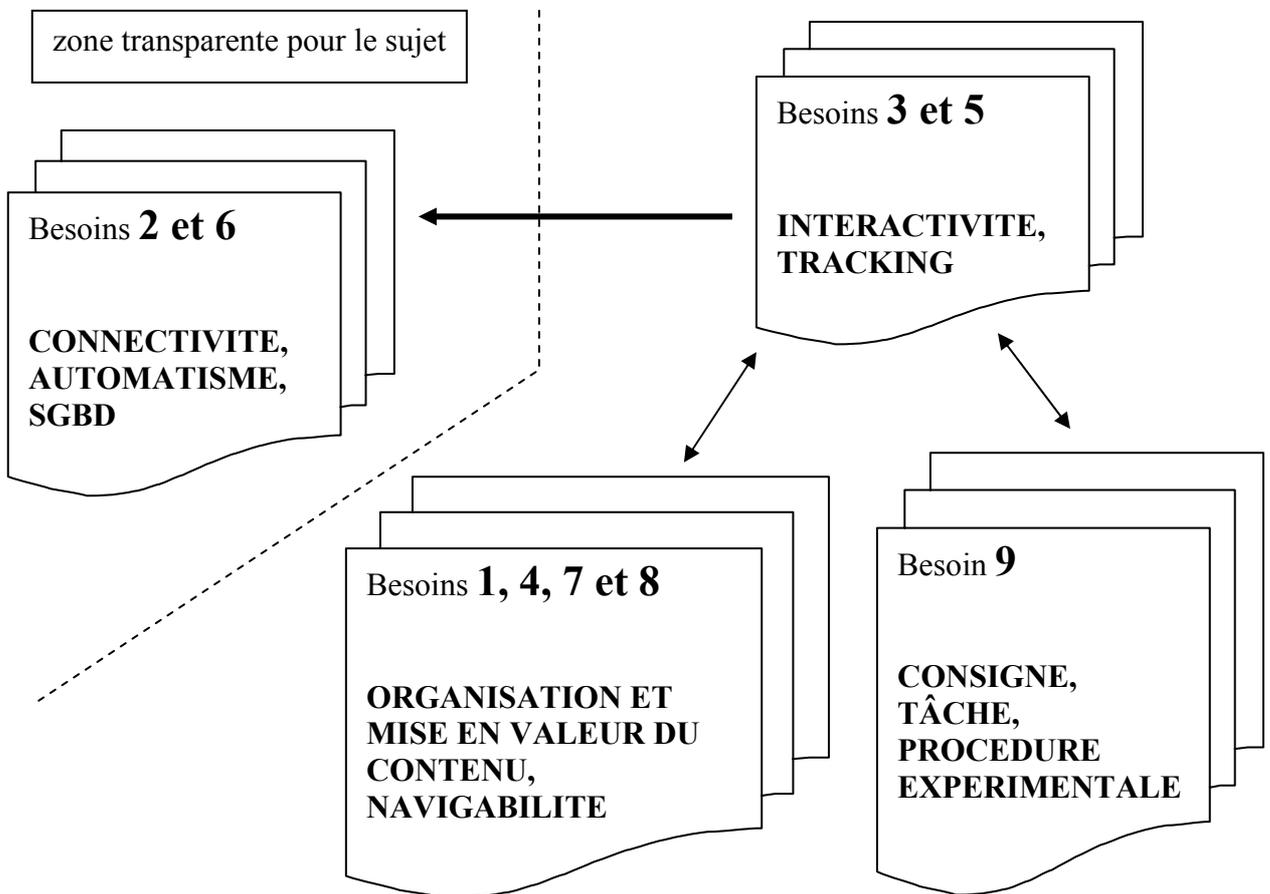


Figure 29 – les familles de besoins

Ce schéma n'est pas suffisamment opératoire tel quel, en ce sens qu'il ne permet pas de réfléchir en termes de solutions concrètes répondant à des obstacles clairement définis. Il a néanmoins l'avantage indéniable de mettre un peu d'ordre dans les besoins et les envies en proposant une ébauche de séparation entre les éléments de « contenu » et de « contenant ».

Restait à améliorer la granularité des différents besoins en reformulant ces derniers en terme d'actions à effectuer et, dans la mesure du possible, d'objets à fabriquer pour réaliser ces tâches essentielles.

15.1.2 Affinage des besoins et réponses augurées

Nous nous rapprochons ici d'un raisonnement sous forme de tâches à effectuer par le concepteur. A chacun des besoins orientés « utilisateur », reformulés et affinés pour l'occasion, correspond une solution technique à intégrer sous une forme ou une autre, au dispositif. A ce moment-là, nous ne nous posons pas encore la question du « effectivement, ça a l'air bien utile, mais est-ce techniquement possible ? » :

- construction du contenu des séquences d'apprentissage
 - élaboration d'animations de qualité, capables de présenter (ou de simuler) un environnement 3D)
- découpage à granularité fine de la progression, permettant une navigation très libre
 - implémentation d'une structure quasi-hypertextuelle ;
- interactivité laissant au sujet le contrôle relatif de sa navigation dans un laps de temps prédéfini
 - raisonnement en terme d'« événements » (temporels, clics, rollover, réponse du serveur)
- contrôle précis du séquençage des différentes étapes expérimentales
 - raisonnement en terme de « succession d'événements » (messages de transition entre deux étapes, remerciements, encouragements, etc.)
- collecte d'information (navigation + régulation métacognitive + tests initiaux et finaux)
 - système de tracking de la navigation + système de boîtes de dialogue permettant de solliciter explicitement une réponse du sujet ;
- concentration de données éparses en un seul endroit, permettant une analyse ultérieure des résultats
 - grande ouverture au dialogue (architecture client-serveur, connectivité maximale) + système de gestion de base de données relationnelle ;
- intégration Web du dispositif expérimental
 - diffusion a-spatiale et a-temporelle du dispositif par une intégration Web intégrale de ce dernier ;
- accent mis sur l'esthétique et l'ergonomie du dispositif
 - grande liberté graphique laissée au concepteur (dessin, importation d'objets vectorisés, organisation aisée des objets sur un plan de travail respectant les dimensions de l'interface finale) ;

- rationalisation du processus de production
 - fort potentiel de réutilisation (intégration, recyclage) des « objets » (routines, procédures, objets graphiques, etc.).

15.1.3 Le scénario

Armé d'un stylo et de quelques feuilles de papier, nous nous sommes attelés à la mise en scène précise du dispositif avec, dans un coin de l'esprit, un projecteur braqué sur les besoins pédagogiques et didactiques et, dans un autre, une première idée des solutions à proposer sous forme d'outils.

C'est pendant la construction de ce story-board que les idées se sont agencées et qu'un travail essentiel de séquençage a été entrepris.

A quel moment le système doit-il réagir ? A quel moment l'utilisateur est-il sollicité ? Quand les données doivent-elles être envoyées ? A quel moment l'utilisateur doit-il pouvoir disposer d'une totale liberté, et *a contrario* quand doit-il être guidé par le dispositif, voire contraint par ce dernier ?

Autant de questionnements réclamant d'inscrire le couple *action - réaction* dans le temps. La gestion du dispositif sera événementielle ou ne sera pas... Puisqu'en plus, il fallait pouvoir apporter une justification pédagogique aux réactions du système, nous avons décidé d'introduire au centre de notre réflexion la notion d'« événementiel pertinent ». La technologie sera définitivement asservie aux finalités téléologiques du dispositif.

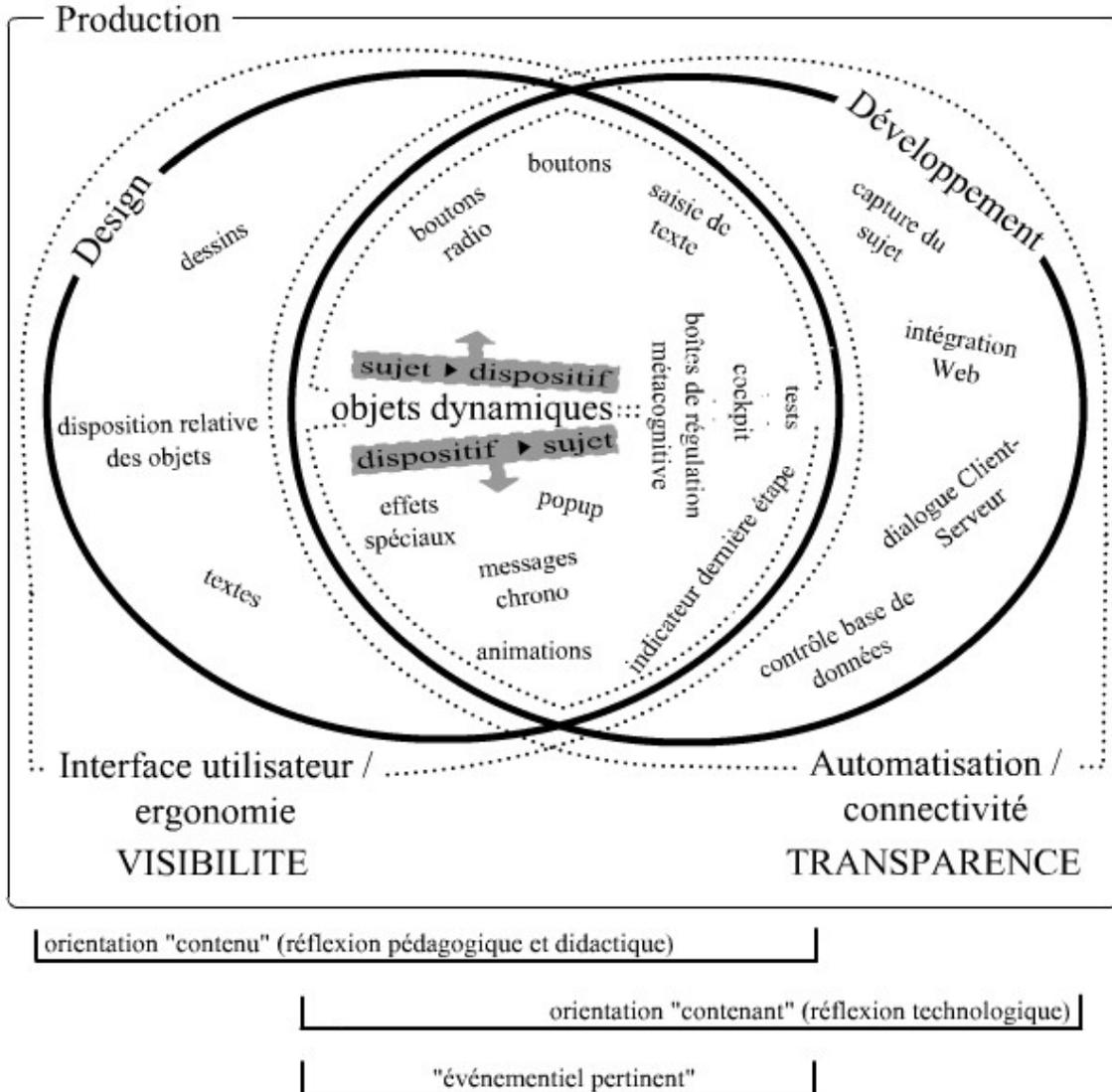
15.2 La phase de production (design et développement)

Nous n'allions pas tarder à mettre les mains dans le cambouis, pour reprendre l'analogie utilisée dans l'introduction.

En fait, certaines technologies dans l'air du temps (pour ne pas dire « tendance ») n'ont pas manqué de très rapidement se profiler.

Le schéma qui suit va nous aider à préciser à quel endroit de notre dispositif chacune de celles-ci a pu donner le meilleur d'elle-même. De plus, il nous permettra également d'explicitier très concrètement nos choix technologiques et de présenter les solutions spécifiques développées.

Figure 30 – diagramme de production



15.2.1 Un schéma pour comprendre

Le schéma cristallise et organise les « éléments » qui devront faire partie du dispositif expérimental. Dans « éléments », nous plaçons passablement d'objets visibles (boutons, popup, fenêtres, etc.), mais également les comportements (réflexes, routines) du système. Est-il besoin de souligner que nous adhérons ici à la philosophie de la programmation orientée objet (POO), postulant que chaque élément est défini autant par ses caractéristiques (les attributs, l'« être ») que par son potentiel d'interaction avec l'environnement (les méthodes, le « faire »).

En fait, deux grands ensembles occupent l'espace du schéma, tout en décidant de partager une zone commune. Certains éléments sont regroupés sous la bannière du **design**, d'autres sous celle du **développement**.

15.2.2 Le design

Appartiennent au design tous les éléments de l'interface utilisateur. La notion de **visibilité** prévaut ici. Au « être » et au « faire », le design joint en effet le « paraître ».

Nous trouvons premièrement les éléments servant à présenter l'information au sujet, à la rendre visible... et lisible. Ainsi, le design se met avant tout au service de la perception visuelle. Dans notre cas, il s'agit bien entendu essentiellement d'une mise en forme des textes et des animations.

Mais l'interface d'un dispositif multimédia se caractérise également par une multitude d'objets permettant une interaction entre le sujet et le dispositif, des objets qui ne servent pas à mettre directement en forme l'information, détachés en quelque sorte du contenu. Il s'agit notamment des éléments de navigation, mais également des boîtes de dialogue et autres artifices visuels au service de la communication entre le sujet et le dispositif ou vice-versa.

Nous insistons sur le fait que « design » n'est pas seulement synonyme de cosmétique. Comme dans le design industriel, les considérations fonctionnelles sont en effet centrales. Même s'il est indéniable qu'au-delà de solutions purement ergonomiques, nous sommes naturellement enclins à intégrer dans cette phase des considérations esthétiques (qui auront plutôt une influence sur la dynamique motivationnelle du sujet), l'essentiel du travail se trouve bien dans la réflexion pédagogique et didactique.

Réfléchir à la disposition relative des objets, mais aussi à la notion de permanence ou non des éléments de l'interface, revient à considérer le don du sens comme un corollaire à la manière dont les éléments visuels s'organisent. On reconnaît ainsi un certain pouvoir de l'interface sur la qualité de l'appréhension et, dès lors, sur celle de l'assimilation et de la compréhension de l'information. On cherche également à minimiser les surcharges cognitives inhérentes à un système dans lequel on pourrait littéralement se perdre, parce qu'il faudrait, par exemple, toujours recontextualiser l'information.

Le design, c'est la recherche des repères, c'est la quête d'une alchimie entre les invariants, inamovibles, et les objets que le dispositif ou le sujet placent temporairement sous le feu des projecteurs. Faire du design, c'est alors se poser des questions comme : quand le texte doit-il apparaître ? Où doit-il se

placer ? Le bouton doit-il disparaître, une fois que le sujet a cliqué ? Les boutons doivent-ils être disposés de manière linéaire ou circulaire ? Anime-t-on les boutons ? Doit-on prévenir visuellement le sujet quand il se passe quelque chose de manière transparente ?

1.2.3 Le développement

La transparence, parlons-en justement... elle est omniprésente dans le dispositif. Au même titre qu'il serait dramatique que la respiration ou les battements du cœur soient des processus corporels conscients, il est fondamental qu'un maximum de « fonctions vitales » du dispositif soient prises en charge automatiquement.

Ces automatismes, liés à la connectivité mais également à l'interactivité de certains composants, sont omniprésents... même si leur travail est de se faire oublier. Ce monde de la **transparence** est celui du développement.

Dans l'ensemble « développement », nous avons placé tous les éléments du dispositif qui dissimulent, d'une manière ou d'une autre, du code. Chaque « élément » présent dans l'ensemble « développement » cache un nombre variable de lignes de scripts (écrits dans différents langages), en fonction de la complexité fonctionnelle requise. Le dynamisme apporté par les effets spéciaux et dans les animations, l'interactivité des boutons radio ou des rollovers, ainsi que la connectivité avec l'extérieur... autant de plus-value que seule la programmation permet. Le « action = réaction » cher aux physiciens, mais aussi aux ingénieurs pédagogiques, est possible lorsque le dispositif est capable de réagir à des événements.

Certains événements sont déclenchés par l'utilisateur (clic, rollover, pression sur une touche), d'autres par le dispositif lui-même (délai, mise en position d'attente d'une réponse du serveur, contrôle par timeline).

15.2.4 A l'intersection du design et du développement, l'« événementiel pertinent »

A l'intersection du visible et de la transparence se placent tous les objets dynamiques qui font partie de l'interface utilisateur.

En effet, ces objets nourrissent l'interactivité entre le système et l'utilisateur. Cet échange dynamique d'information est bilatéral (du sujet vers le dispositif, ou vice-versa).

Dans certaines phases essentielles de l'expérience, le dispositif sollicite dynamiquement l'utilisateur afin de lui demander de l'information ou de le pousser à faire un choix. Cela se produit notamment lors de l'inscription, des tests initiaux et finaux, de l'apparition des boîtes de régulation métacognitive ou encore à chaque visite du cockpit. A ces différents moments clefs, le sujet dispose de moyen de communication pour répondre au système.

Parfois, le dispositif indique dynamiquement à l'utilisateur des informations pertinentes sur l'état du système ou apporte des éléments utiles à la prise de décision dans la navigation. Cela se produit notamment lorsque le dispositif se met en attente d'une réponse serveur, à différents intervalles afin que le sujet puisse gérer son temps, ou encore à chaque fois que l'utilisateur se retrouve à un aiguillage de navigation.

Ainsi, à l'intersection entre design et développement, deux couches doivent coopérer dans un même objet : la première s'occupant du « contenu », la seconde du « contenant ». La première asservie aux contraintes pédagogiques et didactiques, la seconde aux contraintes technologiques.

Encore une fois, les objets dynamiques réagissent à des événements grâce à du code automatisant les processus. Dans l'expérience, les objets dynamiques n'existent que par nécessité pédagogique. Pas la peine de faire bouger un objet, si ce mouvement ne se justifie pas...

Dès lors, faire de l'« événementiel pertinent », c'est se poser des questions comme : « c'est bien joli, ça bouge, mais à quoi ça sert ? ». Mais c'est également regarder par l'autre bout de la lorgnette : « il faut que ça soit joli, il faut que ça bouge, comment faire ? » !

15.2.5 Comment choisir la bonne technologie ?

Un constat, tout d'abord : la réalisation d'un tel dispositif intégré et automatique demande des compétences dans au moins trois vastes domaines, ceux de la **programmation événementielle** (orientée objet, si possible), de la **gestion de contenu** et du **graphisme**.

Nous étions loin de posséder l'expertise nécessaire, en début de préparation, pour faire cohabiter aisément ces trois champs de connaissances dans une application pratique. L'identification des carences ainsi que la planification des moyens de les combler font partie intégrante du processus préparatoire. En fait, nous avons décidé qu'un des critères de choix d'une technologie plutôt qu'une autre serait la « disponibilité » de cette technologie.

15.2.5.1 La disponibilité d'une technologie

Qu'entendons-nous par « disponibilité » d'une technologie ?

Il s'agit, en ce qui nous concerne, de mesurer son « potentiel démocratique ». L'élitisme peut assurément être considéré comme rédhibitoire.

En fait, l'appropriation d'une technologie se fait par un ensemble de portes :

- l'entrée financière. L'accès à cette technologie est-il payant ? Si oui, le coût est-il raisonnable, en regard des services rendus ?
- l'entrée par la simplicité d'utilisation. La technologie demande-t-elle l'expertise d'outils de développement très pointus et hermétiques ? Au contraire, peut-on développer avec des moyens légers ?
- l'entrée par la formation. La technologie demande-t-elle un niveau Bac+12 pour être utilisée ? Peut-on l'explorer en autodidacte ? Peut-on suivre des cours ouverts au grand public ?
- l'entrée par l'existence et le dynamisme d'une communauté. La technologie fait-elle l'objet d'un intérêt réel de la part d'une communauté de développeur ? Trouve-t-on facilement des endroits d'échange sur le sujet, par exemple des places virtuelles où obtenir de l'information (forums spécialisés, portails, etc.) ?
- l'entrée par la diffusion du produit. La technologie est-elle contraignante ? La machine de l'utilisateur doit-elle tourner sur un système d'exploitation bien précis ? Doit-on fournir un programme d'installation avec le produit ? Est-ce un standard (officiel ou de fait) ?

Sous l'éclairage de ces quelques questions soulevées, nous démontrerons sous peu que les technologies auxquelles nous avons fait appel sont parmi les plus disponibles du moment.

15.2.5.2 Robustesse, fiabilité

En plus de leur disponibilité, les technologies se devaient d'être robustes et fiables. Elles devraient avoir fait leur preuve dans des applications professionnelles et leur popularité croissante dans le milieu du développement sera considérée comme symptomatique de cette confiance accordée par les « gens de terrain ». Là aussi, nous verrons que nos choix définitifs correspondent à ces préoccupations.

15.2.5.3 Capacité à fédérer

La grande étendue des besoins identifiés laissait présager le recours à une panoplie impressionnante de moyens techniques pour y répondre. Il fallait alors pouvoir espérer l'identification et l'utilisation de technologies que nous appellerons *fédératrices* parce qu'elles permettent de répondre simultanément à plusieurs besoins. En fait, une petite poignée d'entre-elles nous a finalement permis de répondre à l'ensemble de nos besoins !

15.2.6 Justification des choix technologiques

En fait, nous n'étions heureusement pas totalement novices dans le domaine technologique. Si tel avait été le cas, nous aurions dû inventorier les différentes technologies, puis faire notre choix après une pesée rigoureuse et exhaustive du pour et du contre.

Il faut ainsi préciser que nous étions déjà relativement familier avec les trois technologies finalement choisies pour l'implémentation du dispositif :

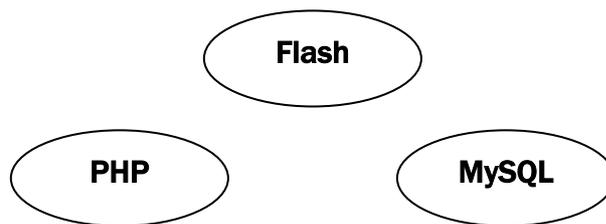


Figure 31 – les trois technologies « élues »

Premièrement, les technologies PHP et MySQL nous ont été présentées dans le cadre de TECFA. Pour avoir pu jauger le potentiel de ce couple équilibré, à travers un ou deux petits exercices, nous n'avons pas hésité très longtemps.

Flash, quand à elle, est déjà très populaire dans le monde du Web. Fort de ce constat, nous avons quand même essayé de demander à vingt personnes usant intensivement de l'Internet à quoi servait Flash. A dix-neuf reprises, la réponse est tombée comme un couperet : « ça sert à faire des animations ». Flash est reconnu par les utilisateurs pour ses bannières publicitaires animées et plus généralement pour ses capacités à insuffler un dynamisme de surface dans les interfaces.

L'utilisateur lambda soupçonne rarement le potentiel énorme de Flash dans la problématique client-serveur. Le dynamisme fourni par Flash dépasse très largement le simple apport de mouvement. Un site peut en effet, grâce à cette

technologie, devenir intrinsèquement dynamique, en proposant des mises à jour et des réorganisations de contenus se trouvant du côté serveur.

C'est en cherchant des scripts en PHP dans les sites spécialisés que nous avons été intrigués par des sections labellisée « *flash & PHP* ». Mus par une curiosité plutôt saine, nous avons découvert un monde insoupçonné... et avons trouvé du coup dans cette technologie la réponse fédératrice à passablement de nos besoins expérimentaux, autant dans le domaine du design que du développement.

Ainsi, parce que nous avons trouvé rapidement chaussure adaptée à nos pieds, la nécessité d'explorer très soigneusement d'autres technologies ne s'est pas vraiment faite sentir.

Nous proposerons néanmoins plus bas quelques alternatives aux technologies que nous avons choisies.

15.2.7 La place occupée par chacune des technologies dans la production

1) Flash

Sans Flash, nous n'aurions probablement pas donné à notre travail de fin d'étude une orientation à la fois expérimentale et de développement. Encore une fois, ce sont les formidables promesses de Flash qui nous ont donné envie d'en savoir plus et de faire d'une pierre plusieurs coups en profitant de la puissance de l'outil.

A quels besoins précis la technologie Flash a-t-elle répondu dans notre dispositif ?

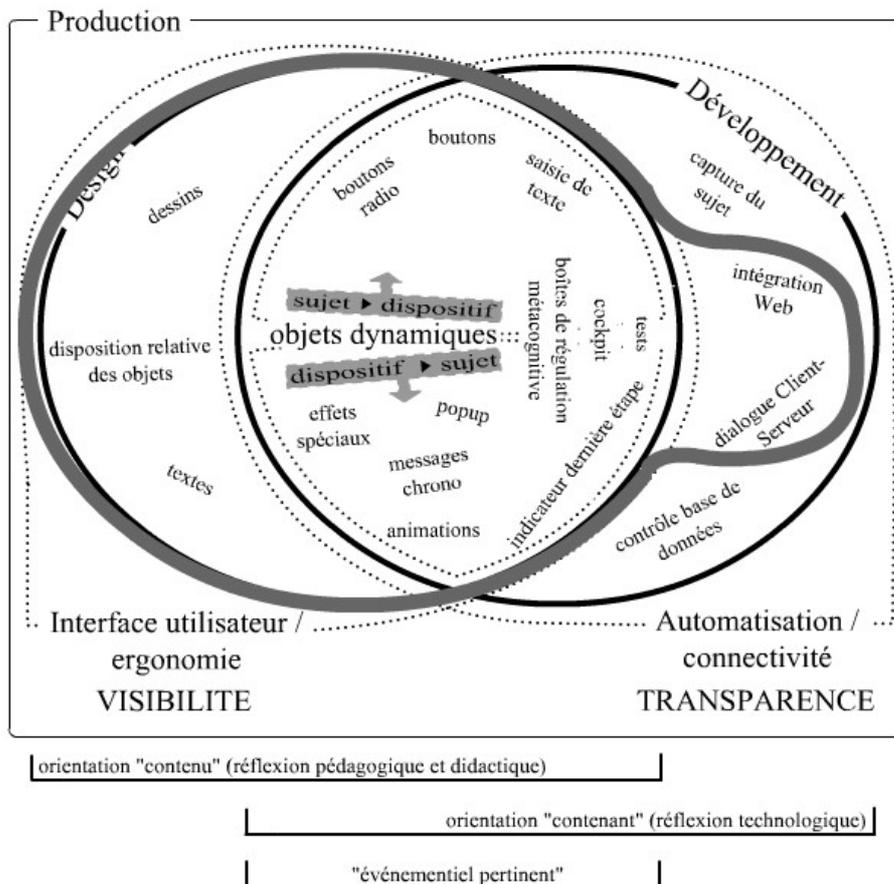


Figure 32 –
Flash dans
notre
dispositif

Premièrement, nous voyons que toute la partie design est couverte par Flash (le champ d'action direct de la technologie est délimité par la large bande grise).

i) Flash et le design

Flash, c'est d'abord un format (extension .swf) avec ses propres spécifications rendues publiques il y a quelque temps, sous certaines conditions. Flash est une marque déposée. Nous avons néanmoins renoncé, pour des raisons de lisibilité, d'apposer le fameux TM à chaque occurrence du terme.

La spécialité de Flash est le traitement du vectoriel. Rappelons que la création vectorielle caractérise chaque élément graphique de l'image par une (des) équation(s) mathématique(s). Un objet est défini non pas par son apparence, mais par ses propriétés géométriques. Un cercle, par exemple, est dessiné par l'ordinateur en utilisant la formule du cercle. Seule trois informations sont nécessaires à l'ordinateur pour faire ce travail : le point central, le rayon et la formule du cercle. Si l'on demande à l'ordinateur de produire un cercle plus

grand, il lui suffit de redessiner l'image en faisant varier le rayon... Quelle économie de place, puisqu'il n'est pas nécessaire de garder en mémoire l'information dissimulée derrière chaque pixel de l'image ! Nous verrons plus tard que cette considération est essentielle dans le cadre d'une expérimentation à distance médiatisée par le Web.

Flash permet de créer de A à Z un environnement dynamique et interactif. Le programme du même nom, distribué par Macromedia, est l'outil de production qui nous a permis de développer notre expérience.

Pour s'immerger dans Flash, il faut être prêt à raisonner en « objets ». Certains objets préexistent dans des bibliothèques. Il existe ainsi des bibliothèques de boutons programmables, mais également ce qu'on appelle des *components*, à savoir des objets complexes personnalisables livrés « clef en main » possédant certaines caractéristiques paramétrables : les boutons radio font partie de ces composants. Dans la dernière version en date du programme Flash (Flash MX 2004), certains *components* permettent de simplifier le dialogue client-serveur. Au moment du développement de notre dispositif (commencé avec Flash 5 et terminé avec Flash MX), il a fallu construire de toute pièce cette connectivité (et c'est tant mieux, car cela nous a contraint à la « bidouille », activité à haute valeur formatrice ajoutée !).

Puisque la grande majorité des objets manipulés dans un environnement en Flash doivent être fabriqués de toutes pièces, il est important de pouvoir disposer des outils adéquats pour ce faire. Ainsi, absolument tous les objets ont été dessinés, puis animés dans Flash. Nous aurions pu utiliser un programme comme Adobe Illustrator, référence du dessin vectoriel, puis importer les objets dans Flash, mais cela n'a pas été nécessaire, car les boîtes à outils de Flash sont remplies des outils de création standards.

Dans Flash, les textes sont également « dessinés ». Un outil permet d'insérer aisément du texte à l'endroit désiré. Comme n'importe quel objet vectoriel, un texte peut être manipulé très facilement.

Rien de plus facile non plus que de disposer les différents objets à l'endroit voulu sur ce qui deviendra l'interface de notre dispositif, puisque le programme Flash permet le « What You See Is What You Get » et donc le « where you put it is where you will see it ».

Au-delà du design, le schéma illustre le fait que les prérogatives de Flash débordent largement dans le champ du développement. Finalement, on se rend compte que le même dispositif, mais développé en local, aurait pu être conçu exclusivement grâce à ce produit.

ii) Flash et le développement

Une fois les objets créés et placés, il faut les dynamiser : les rendre interactifs ou les animer. C'est dans ce domaine que réside l'énorme puissance de Flash.

Flash possède un langage de script propriétaire : l'ActionScript. Comme son nom l'indique, il permet de générer des scripts d'action. Quoi de mieux lorsqu'on place la programmation événementielle au centre du dispositif.

L'ActionScript est un langage peu typé. Il permet notamment la création de variables « à la volée », sans recours à la définition ou à l'initialisation. De plus, chaque objet interactif peut être labellisé : pour peu que l'objet contienne une info (bout de texte dans une zone de saisie, par exemple), elle sera stockée dans une variable qui prendra automatiquement le nom de l'objet. Concrètement, si une zone de saisie de texte s'appelle *nom*, tout son contenu sera stocké dans une variable *nom*. Ce détail aura toute son importance dans le dialogue avec l'extérieur, notamment avec le PHP, un autre puissant langage de script qui travaille, lui, côté serveur.

Chaque objet animé ou déclenchant un événement cache en son sein quelques lignes d'ActionScript.

La diachronie, condition *sine qua non* à la fabrication d'animations, est également gérée par l'ActionScript. En fait, il existe une timeline par objet, sur laquelle on va déposer d'autres objets, ou des bouts de scripts. C'est le principe des poupées russes qui s'applique, puisqu'un objet peut contenir un autre objet, chacun d'eux bénéficiant de sa propre timeline. Par exemple, une abeille qui traverse l'écran en battant des ailes se fabrique ainsi : on commence par créer l'objet « ailes » qu'on anime, puis on insère cet objet dans l'objet « abeille » qui contient son propre code d'animation. En fait, une relation hiérarchique s'installe, puisque les ailes héritent du comportement du corps de l'abeille : animées d'un mouvement propre, elles sont contraintes à traverser l'écran. Cette notion d'héritage est, elle aussi, issue du monde de la POO.

A noter encore que l'outil propose des fonctions automatiques d'interpolation de forme ou de mouvement, ce qui nous permet de nous concentrer sur les images-clefs.

Le lecteur trouvera plus bas quelques copies d'écran faisant référence à des micro-solutions développées spécialement pour l'expérience afin de répondre à des besoins spécifiques.

iii) Flash et l'intégration Web

Tout produit développé en Flash peut être facilement diffusé sur le net. En fait, un plug-in permet à n'importe quel navigateur d'acquérir les compétences nécessaires à l'interprétation du Flash (au cas où le plug-in n'est pas installé sur la machine du côté client, cette carence est automatiquement détectée et l'utilisateur peut l'installer automatiquement). Le module *swf* (format Flash) est importé en même temps que le reste de la page, lors du chargement de cette dernière, et c'est à l'ordinateur client que revient le travail d'en calculer et d'en afficher le contenu. Cette précision est importante car lorsque plusieurs sujets passaient l'expérience simultanément (parfois plusieurs dizaines) les processeurs des différents ordinateurs assumaient le travail d'affichage, ce qui évitait une surcharge côté serveur.

Macromedia, propriétaire de Flash, prétend que 98 % des navigateurs à travers le monde sont déjà pourvus du plug-in. C'est donc une technologie manifestement bien démocratisée. Dans le cas de notre expérience, nous nous sommes assurés que les ordinateurs équipant les salles d'informatique utilisées par les groupes de sujets étaient équipées en plug-in adéquat.

Insistons soigneusement sur le gros avantage du format vectoriel : le poids d'une animation en Flash est souvent très faible, ce qui est intéressant lors du chargement de la page qui contient l'animation. Tout le dispositif expérimental tient sur 1.5Mo !!! C'est un peu plus que le contenu d'une disquette et moins que le poids de cette deuxième partie de mémoire !

Le site officiel de Flash : <http://www.macromedia.com/software/flash/>.

2) PHP

PHP offre à Flash un répondant côté serveur. Pas n'importe lequel, puisque PHP s'engage à assurer la qualité du **dialogue**, à distance, entre le système de gestion de bases de données MySQL (résidant côté serveur) et l'interface expérimentale en Flash (résidant côté client).

Prenons les choses dans l'ordre...

PHP est un bijou de connectivité. C'est une technologie qui permet le miracle du net dynamique. Elle donne aux concepteurs de pages internet la possibilité d'offrir à leurs visiteurs un contenu interactif. Le Web n'est dès lors plus uniquement un instrument de consultation, il devient, grâce à PHP notamment, un instrument de participation.

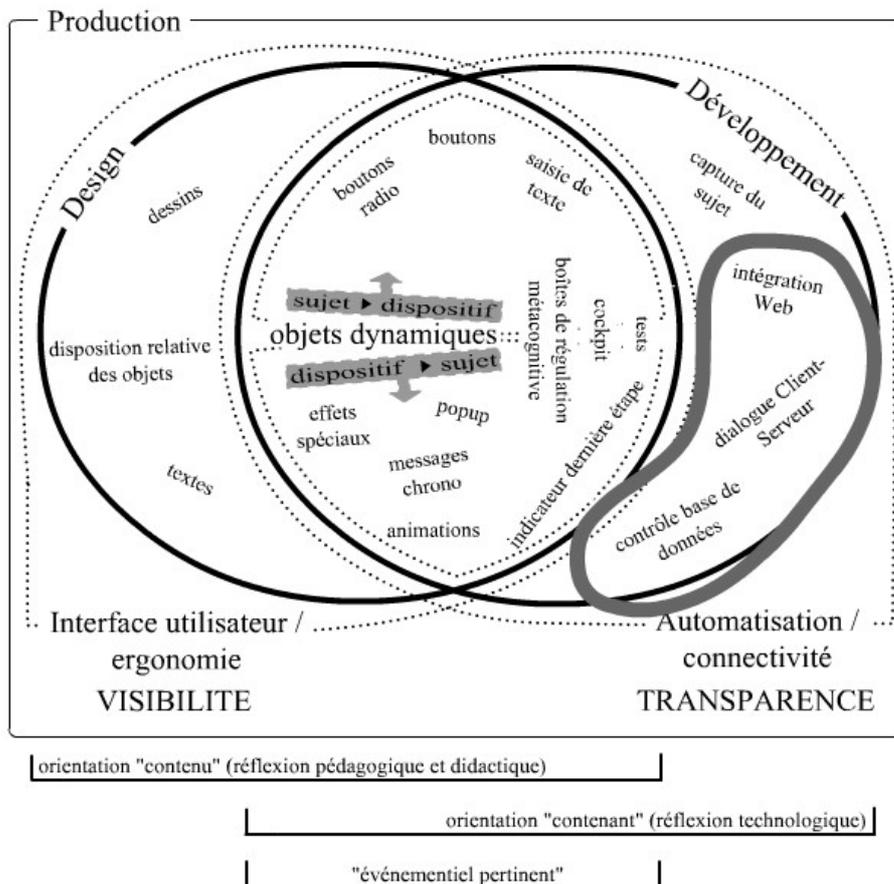


Figure 33 – PHP dans notre dispositif

Concrètement, PHP est hébergé sur le serveur qui accueille la page consultée depuis la maison. Sous l'appellation PHP sont regroupées un ensemble de bibliothèques de fonctions très variées : on en trouve qui génèrent des graphiques (gd.dll) ou du HTML à la volée, ou encore qui permettent d'interagir avec un système de base de données. Aujourd'hui, un nombre croissant d'outils communautaires (portail, forum de discussion, etc.) sont programmés en langage de script PHP. Le code PHP s'intègre parfaitement au HTML et le serveur sur lequel on a installé les bibliothèques PHP interprète ces lignes lorsqu'il les rencontre (Serveur Apache, dans notre dispositif).

Insistons encore une fois sur une différence essentielle entre Flash et PHP : le premier travaille chez le client, le second sur le serveur. Ainsi, quand dans notre dispositif un sujet clique sur un bouton, de l'information va être envoyée via le net, puis traitée judicieusement par un script PHP placé sur le serveur. C'est le script PHP qui va également retourner de l'information au module Flash du client.

Contrairement à Flash, la technologie PHP est complètement Open Source. On peut donc tout à fait gratuitement s'appuyer sur ce langage pour développer gratuitement ses propres applications ou des bibliothèques à partager. Elle est en pleine expansion et soutenue d'ailleurs par une communauté très dynamique. Les forums pullulent sur le réseau et l'on peut y trouver des scripts entiers prêts à l'emploi. Visitez <http://www.php.net/> !

PHP s'entend très bien avec MySQL, grâce à une bibliothèque de fonctions très utiles qui sont dédiées au dialogue. Quelques-unes de ces fonctions ont été bien précieuses dans notre dispositif, notamment celles qui s'occupent de formuler des requêtes au système de bases de données (comme la requête INSERT, qui permet d'insérer de nouveaux enregistrements dans la base).

Au fait, qu'est-ce qu'un Système de Gestion de Bases de Données (SGBD) ?

3) MySQL

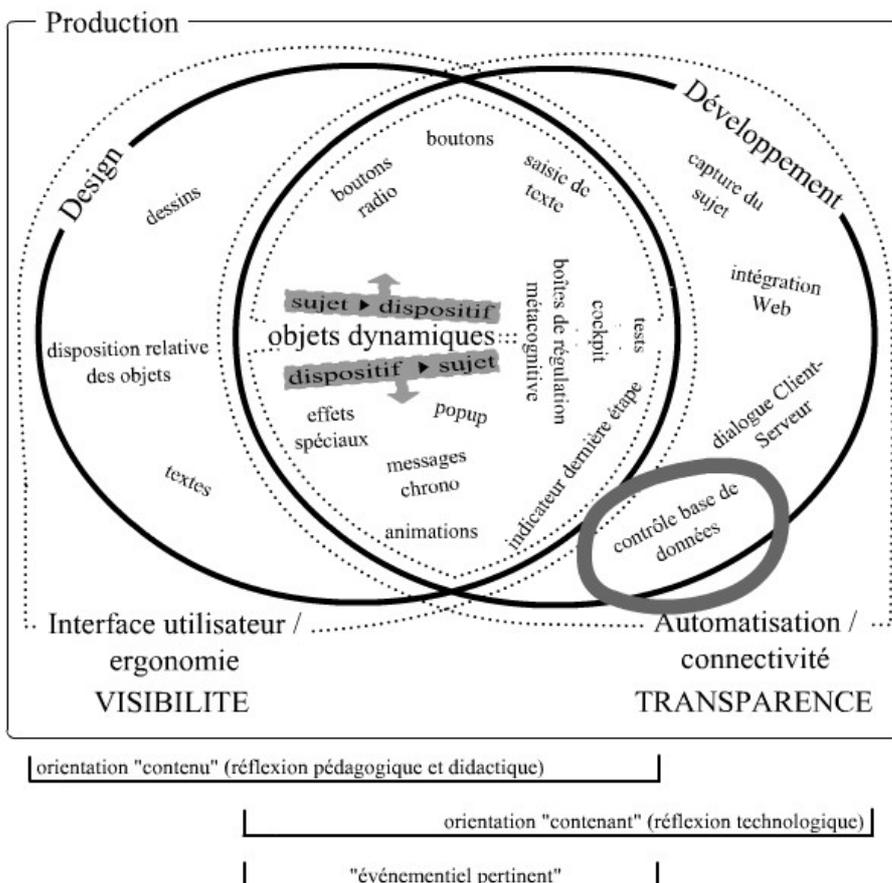


Figure 34 – MySQL dans notre dispositif

MySQL est un système de gestion de bases de données relationnel (SGBDR). Nul ne saurait faire l'économie d'une rigoureuse et méthodique organisation de ses données : s'il est vrai que Gaston Lagaffe s'y retrouve dans son incommensurable désordre, il est fort conseillé de ne pas l'imiter lorsqu'il est question de manipuler de très grosses quantités de données sensibles. En effet, une information mal rangée est une information perdue, au même titre qu'un livre posé sur le mauvais rayon dans une grande bibliothèque.

Un SGBD s'occupe de collecter et de stocker l'information de manière judicieusement économique. Le système s'occupe notamment de :

- l'intégrité des données ;
- l'attribution de droits d'accès (modifications, requêtes, administration, etc.) ;
- proposer un langage plus ou moins standardisé de requêtes (le SQL, pour Structured Query Language) ;
- stocker les données dans des tables séparées plutôt que de tout rassembler dans une seule table. Plusieurs avantages à cela :
 1. amélioration de la rapidité et la souplesse de l'ensemble.
 2. les tables sont reliées par des relations définies rendant aisées la combinaison de données entre plusieurs tables, à l'aide d'une requête.
 3. normalisation des données pour éviter les redondances et optimiser le travail avec les tables.

Dans l'expérience, MySQL a été retenu pour plusieurs raisons.

Premièrement, MySQL est également Open Source. Cela signifie que chacun peut utiliser et modifier le logiciel. Concrètement, dès que la technologie en question ne répond pas à un (nouveau) besoin très spécifique, n'importe qui a le droit de proposer une amélioration du système. L'esprit critique étant très développé dans la communauté de développement (peu de complaisance envers ce que font les autres), le produit gagne vraiment en qualité à chaque publication d'une mise à jour stable.

Ensuite, le serveur de bases de données MySQL est très rapide, fiable et facile à utiliser. Le site officiel <http://www.mysql.com> précise que « le serveur MySQL a été développé à l'origine pour gérer de grandes bases de données plus rapidement que les solutions existantes, et a été utilisé avec succès dans des environnements de production très contraints et très exigeants, depuis plusieurs années. Bien qu'il soit constamment en développement, le serveur MySQL offre

des fonctions nombreuses et puissantes. Ses possibilités de connexions, sa rapidité et sa sécurité font du serveur MySQL un serveur hautement adapté à Internet ».

Sur le même site : « le logiciel de bases de données MySQL est un système client/serveur, constitué d'un serveur SQL multi-threadé qui supporte différents systèmes de stockage, plusieurs logiciels clients et librairies, outils d'administration, ainsi que de nombreuses interfaces de programmation (des API) ». Que de bonnes choses pour qui veut privilégier le dialogue...

Concernant les outils d'administration, nous avons utilisé phpMyAdmin, une console très pratique qui permet de contrôler la base de données. Et elle est programmée en... PHP ! Preuve de plus, si tant est qu'il en eût fallu une, de l'excellente relation de complicité liant les deux technologies (http://www.phpmyadmin.net/home_page/).

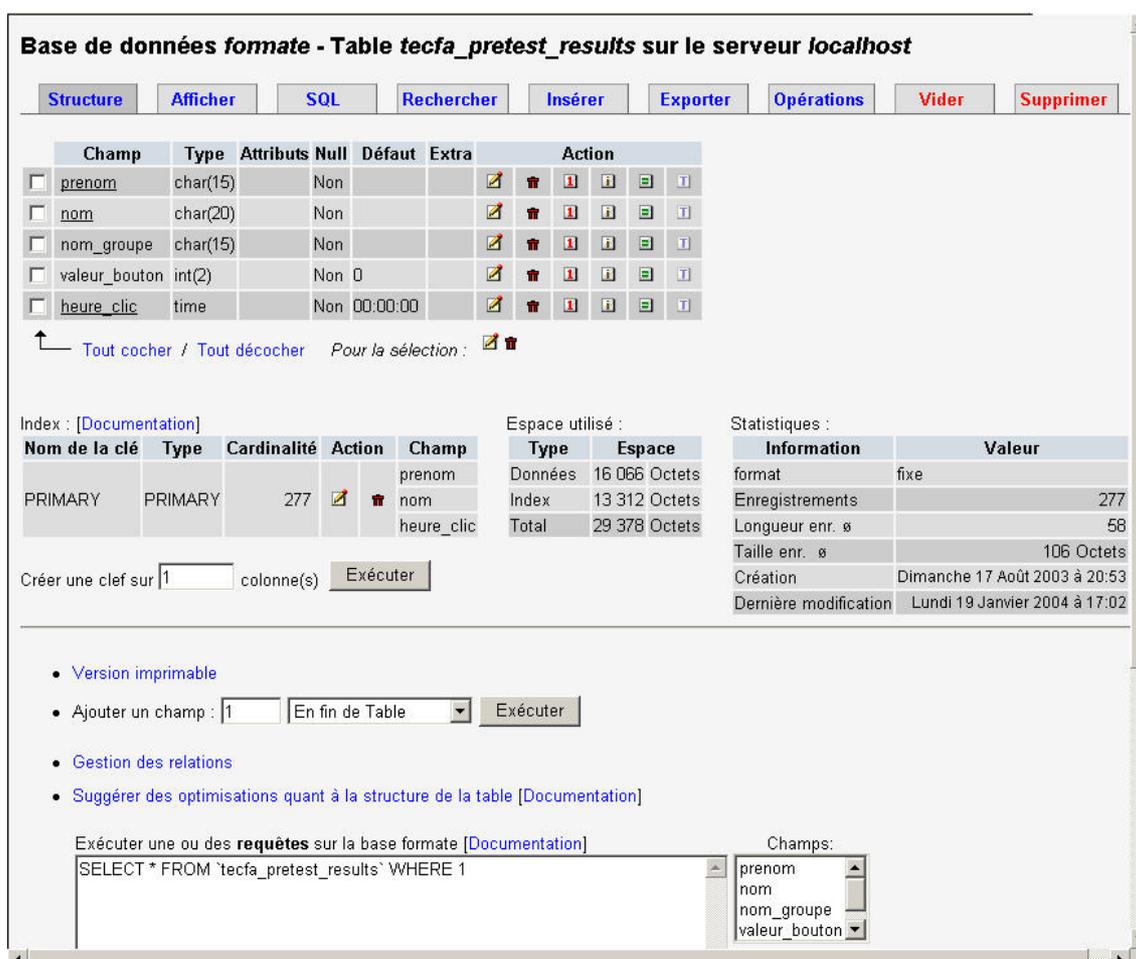


Figure 35 - interface de phpMyAdmin au moment de la rédaction (fév. 2004)

4) Flash – PHP – MySQL

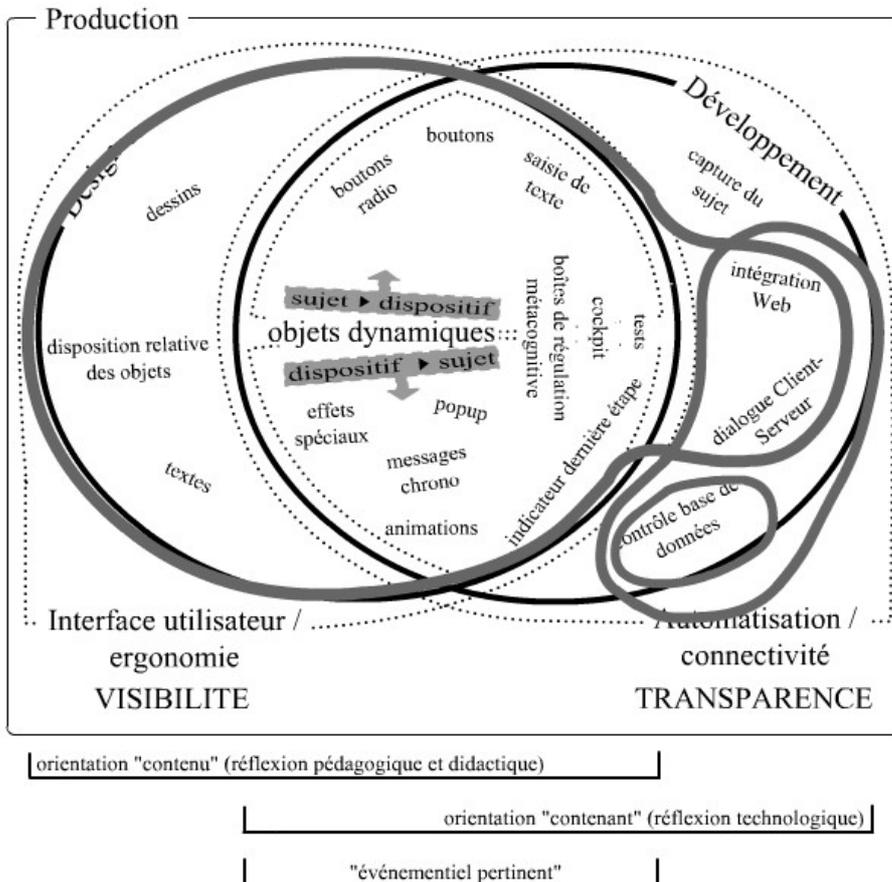


Figure 36 –
l'articulation
des trois
technologies

Ce schéma superpose les « zones d'influence » des trois technologies : par l'esprit d'ouverture qui les caractérise, elles deviennent parfaitement complémentaires dans le travail d'intégration Web d'un dispositif manipulant dynamiquement de l'information.

Flash maîtrise le monde du paraître, et permet de puissantes incursions dans celui de la programmation événementielle. PHP et MySQL travaillent quant à elles dans l'ombre. Leur spécialité est la transparence et PHP, jouant parfaitement son rôle de glue, permet à Flash de profiter de la puissance d'une SGBDR comme MySQL. L'échange de contenu de variables se fait de manière très simple entre Flash et PHP.

Nous verrons néanmoins dans les exemples concrets qu'il a fallu parfois faire preuve d'ingéniosité pour résoudre des problèmes inhérents à la passation à distance de l'expérience.

2.2.8. L'architecture finale du dispositif

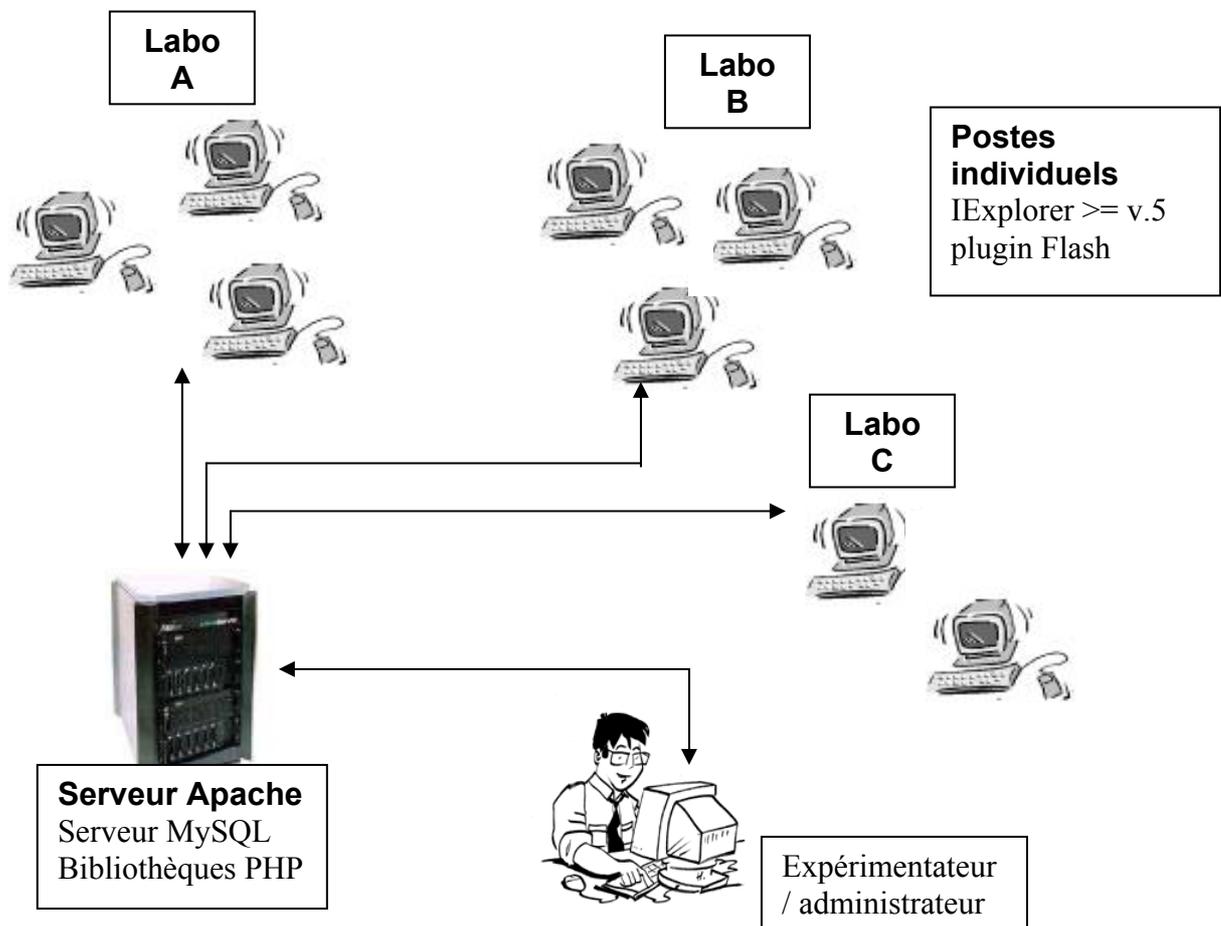


Figure 37 – architecture du dispositif

Les laboratoires sont dispersés dans une dizaine d'écoles. Le serveur Apache se trouve dans les locaux du CPTIC (DIP) et l'administrateur du dispositif peut travailler sur n'importe quel ordinateur équipé d'une connexion Internet et d'un navigateur. Pour le développement, nous avons profité du package EasyPHP pour disposer, à la maison, de quoi tester à mesure nos lignes de code, avant de les déposer sur le serveur central. EasyPHP automatise l'installation et la configuration en local d'un serveur Apache, des bibliothèques PHP et d'un serveur MySQL (<http://www.easyphp.org/>).

Bien que cette combinaison ait été idéale, nous aimerions présenter très brièvement, comme promis en amont, quelques alternatives aux technologies choisies.

Plusieurs produits concilient en fait animation et interactivité. Néanmoins, nous n'avons eu l'occasion de tester que quelques-uns d'entre eux : nous ne présenterons dès lors que ces derniers.

15.2.9 Alternatives technologiques

1) Pour le vectoriel et l'intégration Web : SVG

SVG (pour Scalable Vector Graphics) offre une excellente alternative à Flash. C'est un langage Open Source basé sur les spécifications XML (eXtended Markup Language). Il est reconnu et présenté comme un standard par le W3C, le World Wide Web Consortium (<http://www.w3.org>).

De sa filiation avec le XML, SVG a hérité d'une approche sémantique du traitement de l'information. Il permet de visualiser dynamiquement des données « à la volée ». Un objet SVG est construit à partir d'une description de ses caractéristiques géométriques. C'est pour cela que le SVG produit du graphisme vectoriel. D'où son intérêt certain pour le Web (légèreté, notamment). Normalement, les futurs navigateurs devraient être à même d'interpréter, par défaut, le SVG présent dans les pages Web : pas besoin dès lors de télécharger un plug-in (<http://www.adobe.com/svg/>).

Les principaux programmes de dessin vectoriel intègrent aujourd'hui une fonction d'exportation vers le format SVG. En revanche, Macromedia (le géniteur de Flash) n'envisage pas, pour le moment, de proposer ce service dans ses produits : on se demande bien pourquoi... ;-)

Si SVG permet également l'interactivité, la modélisation d'interfaces complexes ou d'environnements animés paraît compliquée à un novice. Flash automatise énormément d'étapes dans le processus de production, et cela le rend, pour le moment, plus rapidement opérationnel que son confrère. Avec l'avènement de modeleurs WYSIWYG, SVG va néanmoins sûrement très vite rattraper son retard.

2) Pour l'animation

Il était très important que nos animations puissent simuler la 3D pour servir au mieux le savoir à transmettre. En effet, la rétrogradation de Mars est un phénomène intrinsèquement inscrit dans l'espace 3D. Pourtant, l'écran de l'ordinateur projette cet espace 3D sur une surface 2D. A cause de cette opération forcée de fenêtrage, il est indispensable de simuler la 3D par des effets divers (ombres, perspectives, tailles relatives des objets, etc.). Bien

qu'étant spécialisé dans la 2D, Flash permet de produire ces artifices donnant l'illusion d'une troisième dimension.

Swift 3D est un programme qui permet de construire des environnements en pseudo-3D dans le format vectoriel de Flash (swf). Pratique pour exporter ces mondes sur le net (<http://www.swift3d.com/>).

3d studio Max, quant à lui, est un modelleur 3D tourné vers l'animation. Outil professionnel compliqué à apprivoiser (un cours universitaire semestriel à raison de 4 heures par semaines ne nous a permis que d'en effleurer les principales fonctions), 3d studio Max fonctionne selon le principe des keyframes (images clefs, principe emprunté à l'animation traditionnelle), tout comme Flash. C'est le logiciel qui s'occupe de calculer l'apparence et la position de chaque objet pour chacune des images prenant place entre les keyframes. La grosse différence avec Flash provient du fait que le rendu n'est pas vectoriel (à moins d'utiliser un add-on). On sort les animations en avi ou mov, par exemple. A noter que 3d studio Max possède notamment des modules d'exportation aux formats VRML et Shockwave 3D (nous les avons testés les deux) (<http://www.discreet.com/3dsmax/>).

Le VRML est un langage de script servant à décrire des environnements 3D et à les simuler sur des pages Web, grâce à un plug-in (cette technologie devait être intégrée par défaut dans les navigateurs... parole, parole, parole...) (<http://www.web3d.org/vrml/vrml.htm>).

Le format Shockwave 3D est encore une propriété de Macromedia. Il permet à Director (puissant programme de conception de produits multimédia) de considérer des objets 3D comme des acteurs manipulables à souhait. Director est capable de produire des environnements d'apprentissage interactifs et animés, à l'aide d'une timeline sur laquelle nous pouvons poser des objets, comme autant d'acteurs à diriger (http://www.macromedia.com/devnet/mx/director/3d_animation.html).

3) pour le développement client-serveur

Nous n'avons pas concrètement pu tester d'autres architectures client-serveur et préférons donc ne pas nous étendre sur le sujet.

4) pour le SGBDR

Nous avons eu l'occasion de travailler avec Oracle, par le passé (<http://www.oracle.com/>). Plus puissant que MySQL (notamment dans les droits

d'accès ou l'intégrité et la mise à jour des données, grâce à une adaptation propriétaire plus évoluée du standard SQL, le PL/SQL). Néanmoins, aucune des fonctions qu'Oracle propose en sus de MySQL ne nous aurait été réellement utile dans le développement de notre dispositif expérimental à distance. Pourquoi dès lors aurions-nous choisi une technologie plus difficile d'accès juste pour le plaisir de la complexité ? Cela n'allait en tout cas pas dans le sens d'un dispositif usant de technologies dites « démocratiques ».

15.2.10. Le dispositif

Vous trouverez une version de démonstration complète du dispositif à l'adresse suivante : http://www.formate.ch/tecfa_exp/textanim.htm. Nous tenons volontiers le fichier source (.fla, non compilé) à disposition.

Ecrire à alain.chassot@formate.ch.

Si vous ne souhaitez pas vous confronter à l'intégralité de l'interactivité du dispositif, vous découvrirez les textes et les animations exclusivement sur http://www.formate.ch/memoire/decomposition_exp/

A partir de ce point, nous avons envie de partager quelques solutions concrètes développées en regards de besoins pédagogiques ou technologiques très spécifiques.

1) L'inscription du sujet

prénom : facultatif

nom : 10e visiteur

sigle de la classe : démo

école : démo

nom du maître : démo

une fois que tu as rempli tous les champs, demande qu'on introduise le mot de passe secret qui te permettra de commencer la visite !

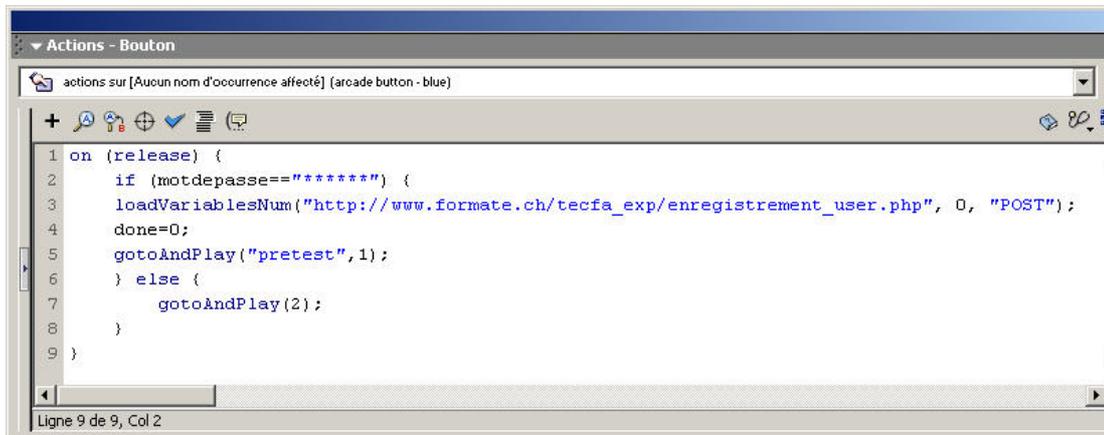
Mot de passe : *****

Continuer

Figure 38 –
inscription
du sujet
a) et b)

a)

b)



```
1 on (release) {
2     if (motdepasse=="*****") {
3         loadVariablesNum("http://www.formate.ch/tecfa_exp/enregistrement_user.php", 0, "POST");
4         done=0;
5         gotoAndPlay("pretest", 1);
6     } else {
7         gotoAndPlay(2);
8     }
9 }
```

Ligne 9 de 9, Col 2

Lors de l'inscription, le dispositif demande au sujet de rentrer des données personnelles nominatives. Il est vrai qu'en général, il n'est pas question de retenir l'identité des sujets lors d'une expérimentation en psychologie cognitive. Ici, cela nous semblait néanmoins justifié, pour garantir un certain sérieux dans les manipulations de l'utilisateur (rappelons qu'il s'agit ici d'adolescents entre 12 et 13 ans, tentés parfois de résister, par principe, aux consignes données par les maîtres... alors celle provenant d'une machine !).

Le mot de passe n'était donné aux sujets qu'une fois la vérification faite des données personnelles saisies.

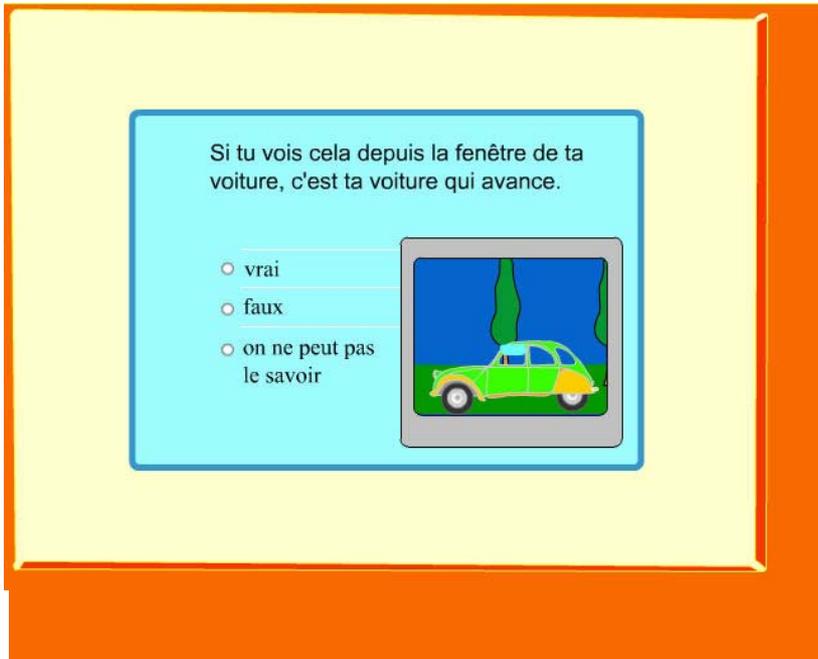
Dans le code qui se trouve derrière le bouton, nous testons d'abord le mot de passe, puis nous envoyons le contenu du formulaire à un script PHP qui va s'occuper de répartir les données dans la base (grâce à la précieuse fonction *loadVariablesNum*. L'utilité de la variable *done* est précisée ci-dessous dans la section consacrée au dialogue client-serveur.

2) Les tests initiaux et finaux

En début et en fin d'expérience, deux séries de questions sous forme de QCM glissent à l'écran. Pour donner du dynamisme au tout, et parce qu'il n'est pas nécessaire de laisser au sujet le loisir de modifier sa réponse, une question est remplacée par la suivante sitôt que l'apprenant a validé un des boutons radio.

Ces boutons radio font partie des quelques *components* (composants) que Flash propose par défaut afin d'automatiser certaines tâches

standards. On peut modifier l'apparence et le comportement de ces composants en jouant avec quelques paramètres.



Dans cette boîte de dialogue, la voiture est animée. C'est un bon exemple d'animation incluse dans une autre.

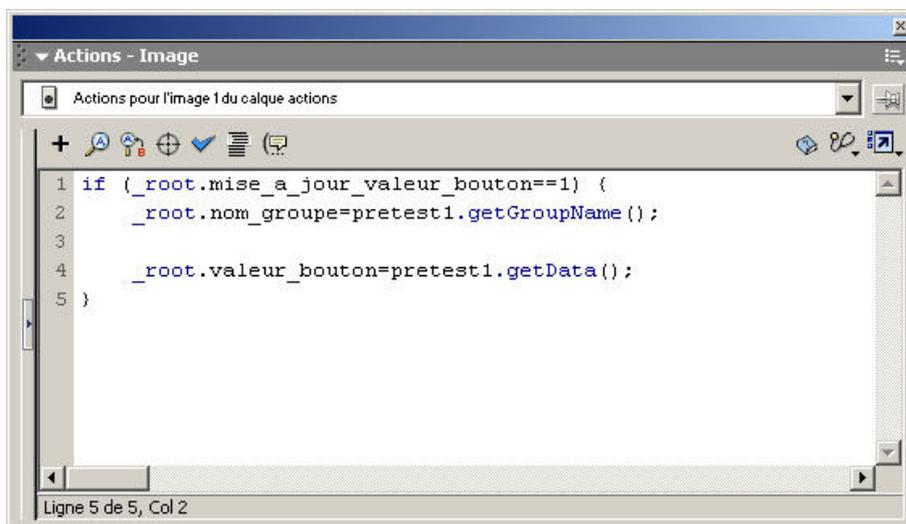
Figure 39 – les tests a), b) et c)

a)



b)

Certaines fonctions permettent de récupérer le contenu des variables liées aux composants, afin de pouvoir traiter convenablement la réponse du sujet. Ici, le système récupère en outre l'identifiant du groupe radio.



c)

3) Le cockpit

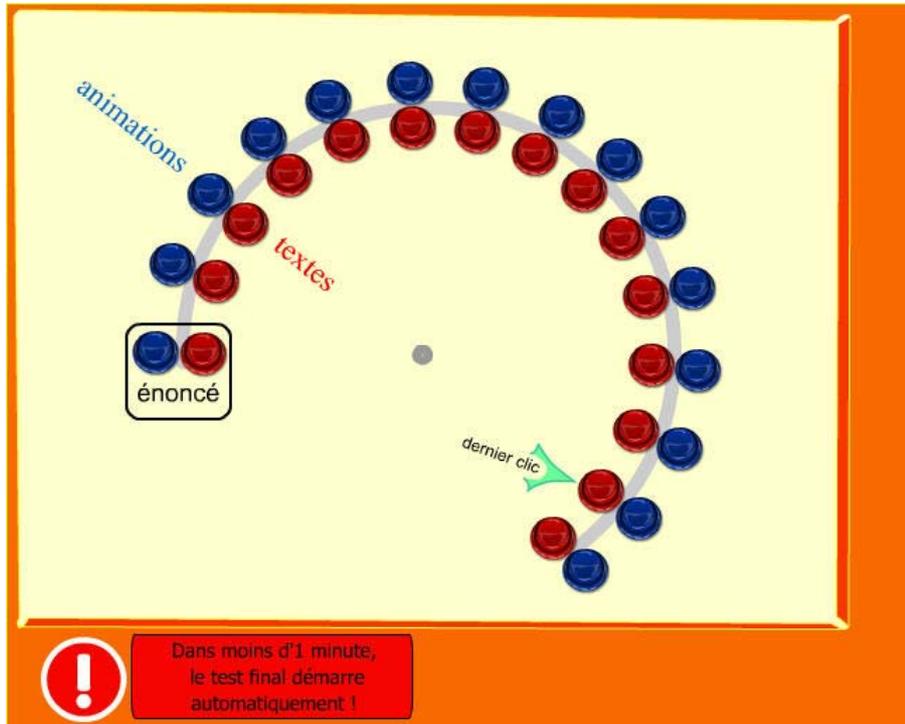


Figure 40 –
le cockpit
a), b) et c)

a)

```
Actions - Image
Actions pour l'image 57 du calque actions
+ [Icons]
1   if (letape==1) {
2       gotoAndPlay("texte_etape1",1);
3   } else if (letape==2) {
4       gotoAndPlay("texte_etape2",1);
5   } else if (letape==3) {
6       gotoAndPlay("texte_etape3",1);
7   } else if (letape==4) {
8       gotoAndPlay("texte_etape4",1);
9   } else if (letape==5) {
10      gotoAndPlay("texte_etape5",1);
11   } else if (letape==6) {
12      gotoAndPlay("texte_etape6",1);
13   } else if (letape==7) {
14      gotoAndPlay("texte_etape7",1);
15   } else if (letape==8) {
16      gotoAndPlay("texte_etape8",1);
17   } else if (letape==9) {
18      gotoAndPlay("texte_etape9",1);
19   } else if (letape==10) {
20      gotoAndPlay("texte_etape10",1);
21   } else if (letape==11) {
22      gotoAndPlay("texte_etape11",1);

```

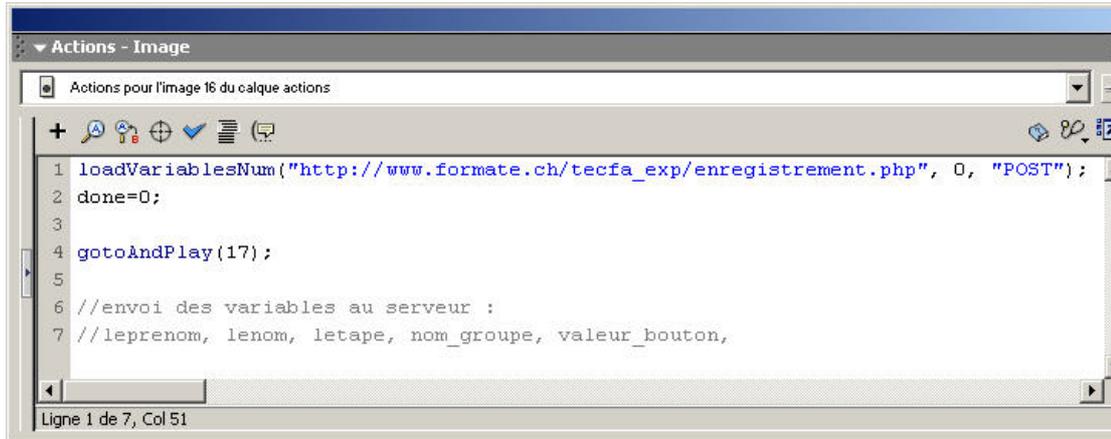
Dans le cockpit, nous sommes immergés au cœur du dispositif expérimental.

Il sert en effet d'interface principal de navigation. C'est de là que le sujet choisit les « morceaux » d'explications qu'il a envie de voir.

A chaque clic, l'apprenant est orienté sur une nouvelle scène de l'animation grâce à un système d'aiguillage fait de tests réalisés sur la valeur du bouton choisi.

b)

c)



```
1 loadVariablesNum("http://www.formate.ch/tecfa_exp/enregistrement.php", 0, "POST");
2 done=0;
3
4 gotoAndPlay(17);
5
6 //envoi des variables au serveur :
7 //leprenom, lenom, letape, nom_groupe, valeur_bouton,
```

Comme à chaque fois qu'une donnée mérite d'être enregistrée dans la base, le système envoie les valeurs intéressantes à un script PHP logé côté serveur.

Nous retrouvons dans ces quelques lignes de code la mystérieuse variable *done* que l'on met à zéro juste après la requête faite au serveur...

4) La gestion du temps

Il était nécessaire de proposer un système qui indique régulièrement à l'utilisateur le temps encore à disposition, dans un souci d'autorégulation du rythme de travail. Le système gère dès lors l'affichage de petits panneaux dont la couleur de fond progresse vers le rouge afin d'accentuer l'effet dramatique du temps qui coule.



Figure 41 – message de régulation temporelle

Flash propose quelques fonctions dédiées à la gestion du temps. En revanche, il n'existe pas de chronomètre. Il nous a fallu en programmer un autour d'un objet date(). Cette solution n'est pas idéale, car le processeur est sollicité à tout moment par le chronomètre qui évalue le temps passé et propose les bonnes annonces en fonction du résultat de tests.

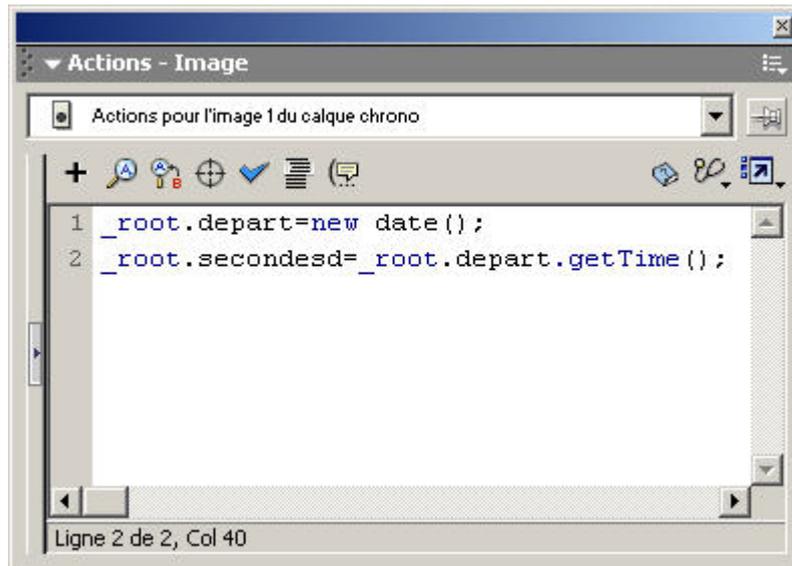
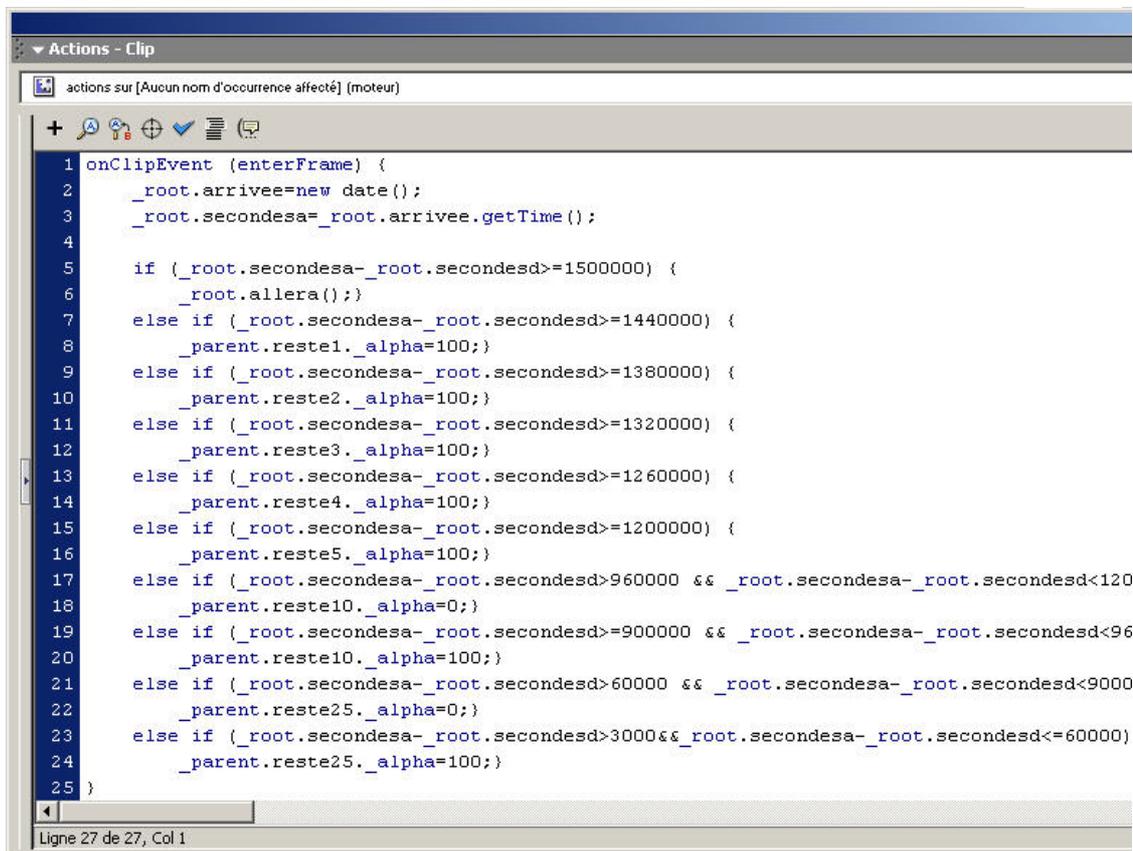


Figure 42 –
gestion du temps
a) et b)

a)

b)



5) La régulation métacognitive

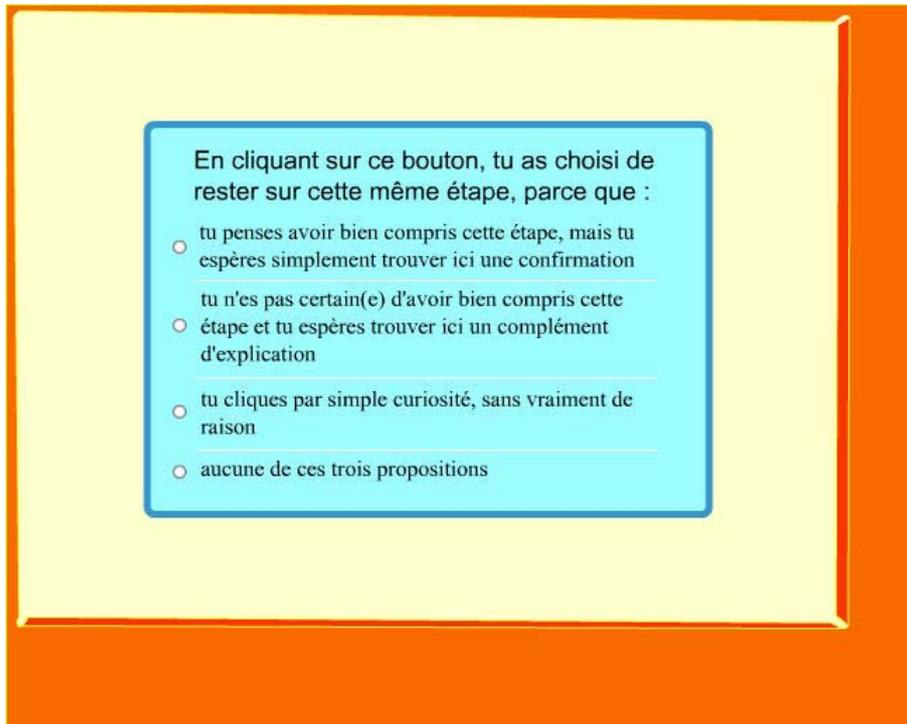


Figure 43 – la régulation métacognitive a) et b)

a)

Les besoins expérimentaux requièrent l'apparition de boîtes de dialogues différentes selon les choix de l'utilisateur (est-ce son premier choix, reste-t-il au même niveau d'explication, change-t-il de niveau ?). Ces dernières enverront le contenu de leurs boutons radio à un script PHP.

Le code ci-dessous permet d'orienter l'animation dans la bonne direction.

b)

```
actions - Bouton
actions sur [Aucun nom d'occurrence affecté] (arcade button - red) Copier 13

on (release) {
    derniere_etape=letape;
    no_clic+=1;
    letape=2;
    if (derniere_etape==letape || derniere_etape+20==letape || derniere_etape-20==letape) {
        gotoAndPlay(10) //qcm si clic au meme niveau que la fois d'avant
    } else if (no_clic==1) {
        gotoAndPlay(30) //qcm lors du tout premier choix
    } else {
        gotoAndPlay(50) //qcm lors d'un changement de niveau
    }
}
```

6) la connectivité du dispositif : dialogue client-serveur

Nous l'avons vu, le dispositif a besoin de communiquer au serveur, qui héberge le SGBDR, les différents choix de l'utilisateur. Heureusement, Flash possède quelques fonctions qui permettent de gérer l'envoi du contenu de variables par la méthode GET ou POST. Qui plus est, ces fonctions maintiennent le contact avec le serveur dans l'attente d'une réponse de ce dernier. Il s'agit donc bien d'un véritable protocole de dialogue client-serveur.

Nous présentons ci-dessous un des scripts PHP résidant côté serveur qui permet, grâce à des fonctions PHP bien précises, de soumettre une requête à la base de données MySQL. En fonction de l'endroit où l'on se trouve dans le dispositif, il suffira de modifier la requête SQL pour rendre le code aisément réutilisable.

```
enregistrement_user.php

<?php

/*****/
//parse les var. pour Flash afin de lui envoyer dans le bon format
function parse($variable,$valeur)
{
    echo "&$variable=$valeur";    //envoi à Flash du nouveau contenu de 'done'
}
/****/

//requete.php
include "./common_db.inc";    //appel à un fichier extérieur
error_reporting(63);

$link_id = db_connect('XXXXX');

$result = mysql_query("INSERT INTO `tecaf_user` (`prenom`, `nom`, `classe`, `ecole`,
`nom_maitre`, `date`, `version`, `heure_clic`)
VALUES ('$leprenom', '$lenom', '$laclasse', '$lecole', '$lemaitre', curdate(), '$version', now())",
$link_id);

mysql_close();    //traitement termine
parse("done",1);    // à la fin du traitement, renvoi de la valeur 1 à la variable 'done'

?>
```

Ci-dessous, pour information, vous trouverez le contenu du fichier contenant les fonctions partagées par différents scripts :

common_db.inc

```
<?php //ce fichier contient toutes les fonctions qui doivent être utilisées de manière commune
//par différents modules de l'application.

//common_db.inc
$dbhost = 'localhost'; //serveur
$dbusername = 'XXXXX'; //login
$dbuserpassword = 'YYYYY'; //mot de passe bd
$default_dbname = 'ZZZZZ'; //bd utilisée par défaut

$MYSQL_ERRNO = "";
$MYSQL_ERROR = "";

//fonction qui permet de se connecter à la base de données (dont le nom est fourni en
//paramètre de fonction)
function db_connect($dbname="") {
    global $dbhost, $dbusername, $dbuserpassword, $default_dbname;
    global $MYSQL_ERRNO, $MYSQL_ERROR;

    $link_id = mysql_connect($dbhost, $dbusername, $dbuserpassword); //tentative de connexion
                                                                    à la base

    if(!$link_id) {
        $MYSQL_ERRNO = 0;
        $MYSQL_ERROR = "Erreur de connexion à $dbhost.";
        return 0;
    }
    else if(empty($dbname) && !mysql_select_db($default_dbname)) {
        $MYSQL_ERRNO = mysql_errno();
        $MYSQL_ERROR = mysql_error();
        return 0;
    }
    else if(!empty($dbname) && !mysql_select_db($dbname)) {
        $MYSQL_ERRNO = mysql_errno();
        $MYSQL_ERROR = mysql_error();
        return 0;
    }
    else return $link_id;
}

function sql_error() { //fonction qui permet d'afficher des messages
    global $MYSQL_ERRNO, $MYSQL_ERROR; //d'erreur très précis (débugage)

    if(empty($MYSQL_ERROR)) {
        $MYSQL_ERRNO = mysql_errno();
        $MYSQL_ERROR = mysql_error();
    }
    return "$MYSQL_ERRNO: $MYSQL_ERROR";
}
?>
```

Il est grand temps d'expliquer à quoi sert la variable *done* qu'on retrouve à la fois dans les scripts Flash (au moment de l'envoi de données) et dans les scripts PHP (au moment du traitement de celles-ci).

Nous l'avons souligné, Flash initie un dialogue avec le serveur à l'aide de certaines fonctions (`loadVariablesNum()`, notamment). Sitôt le dialogue amorcé, ces fonctions placent le dispositif en position d'attente d'une réponse du serveur.

Or, nous rappelons que le dispositif est fortement interactif côté client et qu'il serait malvenu, voire dangereux, de demander à l'utilisateur de patienter avec le système en attendant la réponse du serveur. Si le sujet clique sur un autre bouton avant que le serveur ne confirme avoir bien fait son travail d'enregistrement des données précédentes, des pertes de données seront assurément à déplorer.

L'artifice développé pour cette expérience est dès lors le suivant :

sitôt que Flash a envoyé ses données à un script PHP, il affecte la valeur 0 (zéro) à une variable *done* (« fait », en français).

lorsque le serveur a terminé son travail, juste après qu'il a fermé sa connexion avec MySQL (avec la fonction PHP `mysql_close()`), il demande à Flash (fonction `echo` " ") de remettre la variable *done* sur 1 côté client.

Tant que *done* est à zéro dans Flash, strictement rien ne doit pouvoir être entrepris côté client. Même s'il ne s'agit souvent que d'une fraction de seconde (cela dépendra de la qualité de la connexion), il ne faut prendre aucun risque.

Le principe est dès lors le suivant. Au lieu d'empêcher Flash de travailler, nous avons décidé de mettre l'utilisateur au chômage technique. Tant que *done* est à zéro, l'utilisateur ne peut rien faire. Le moyen le plus simple pour y arriver était de faire disparaître, le temps qu'il fallait, l'outil de travail principal du sujet dans son interaction avec le système : la souris.

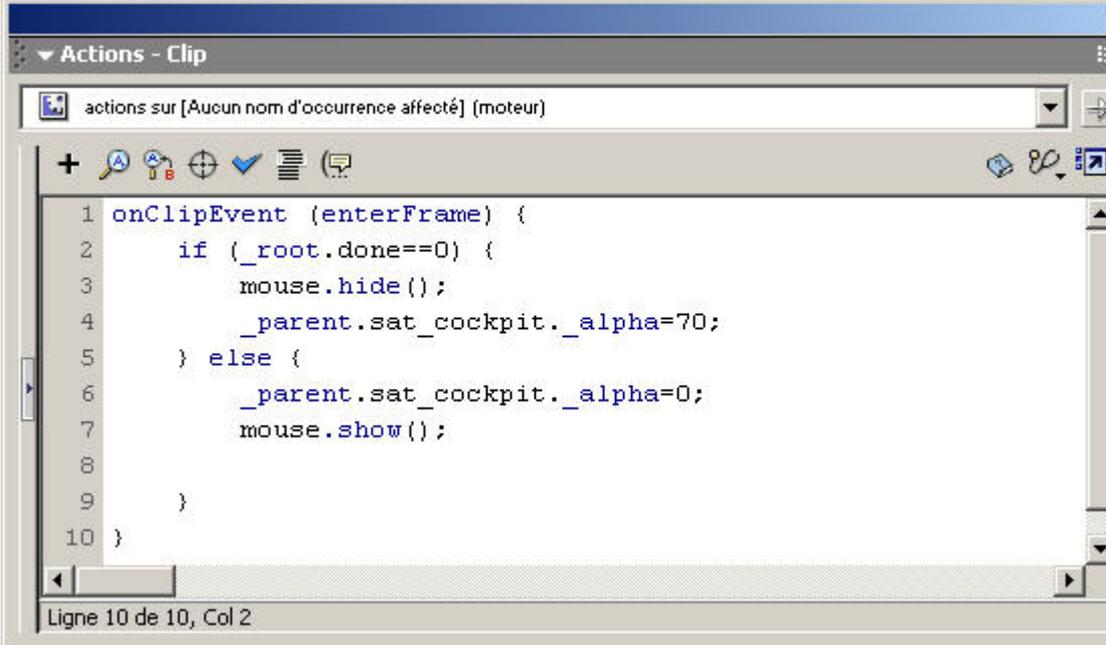
Ainsi, quelque part sur le plan de travail, un bout de code tourne en boucle durant toute la durée de l'expérience. Son travail est simple, mais fondamental : il vérifie l'état de la variable *done*.

Si cette dernière est à 0, il cache la souris et fait apparaître une animation qui fait patienter l'utilisateur. Ce dernier n'a pas le choix,

puisque la souris a disparu ! Cette dernière réapparaît au moment précis où Flash reçoit le feu vert du serveur (variable *done* à 1).

Figure 44 – dialogue client-serveur a), b) et c)

a)

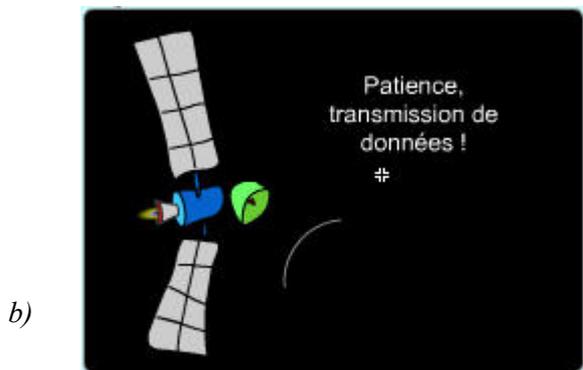


```

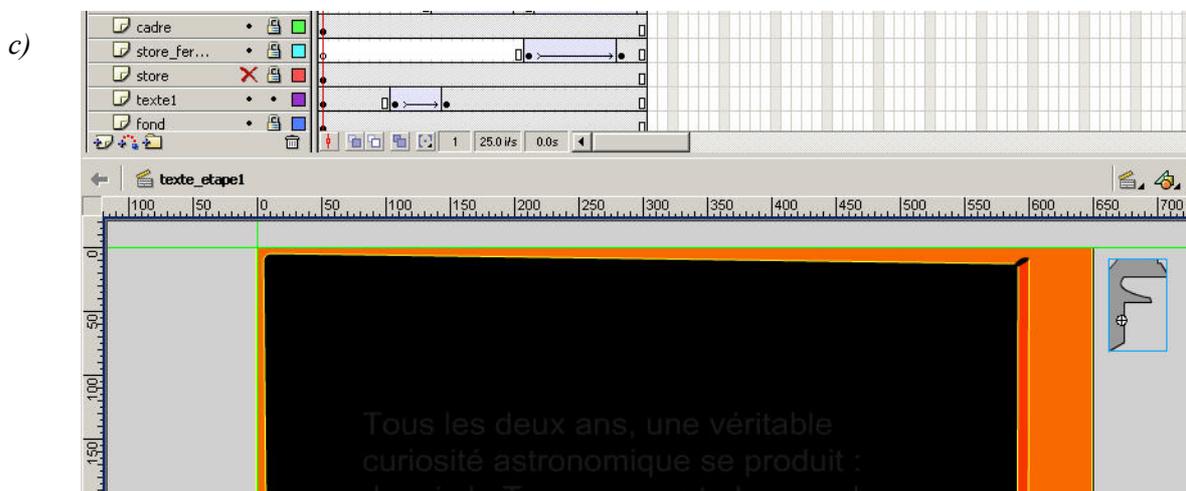
1 onClipEvent (enterFrame) {
2     if (_root.done==0) {
3         mouse.hide();
4         _parent.sat_cockpit._alpha=70;
5     } else {
6         _parent.sat_cockpit._alpha=0;
7         mouse.show();
8     }
9 }
10 }

```

Ligne 10 de 10, Col 2



Un atout de Flash réside dans le fait qu'on peut créer ce qu'on appelle des « moteurs ». Ce sont des bouts de code placé sur la timeline d'un élément graphique quelconque qu'on pose sur le plan de travail, en dehors de la zone visible. Cet objet est entièrement transparent pour l'utilisateur ! Ci-dessous, par exemple, le F gris cache le code gérant la disparition de la souris.



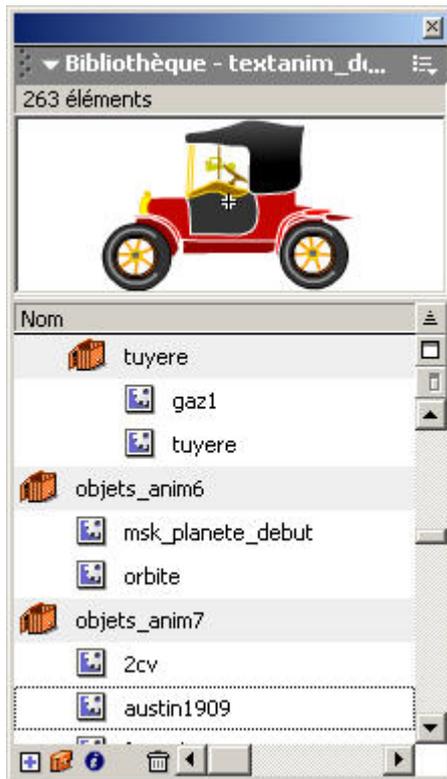
7) Les animations

Selon le degré de complexité de l'animation, il est nécessaire ou non de faire abondamment recours à de la programmation.

Dans notre expérience, toutes les étapes font appel à du code en ActionScript.

La procédure est toujours la même :

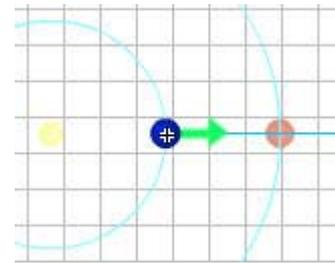
Figure 45 – les animations
a), b), c) et d)



premièrement, on crée les objets et on les hiérarchise dans une bibliothèque ;

a)

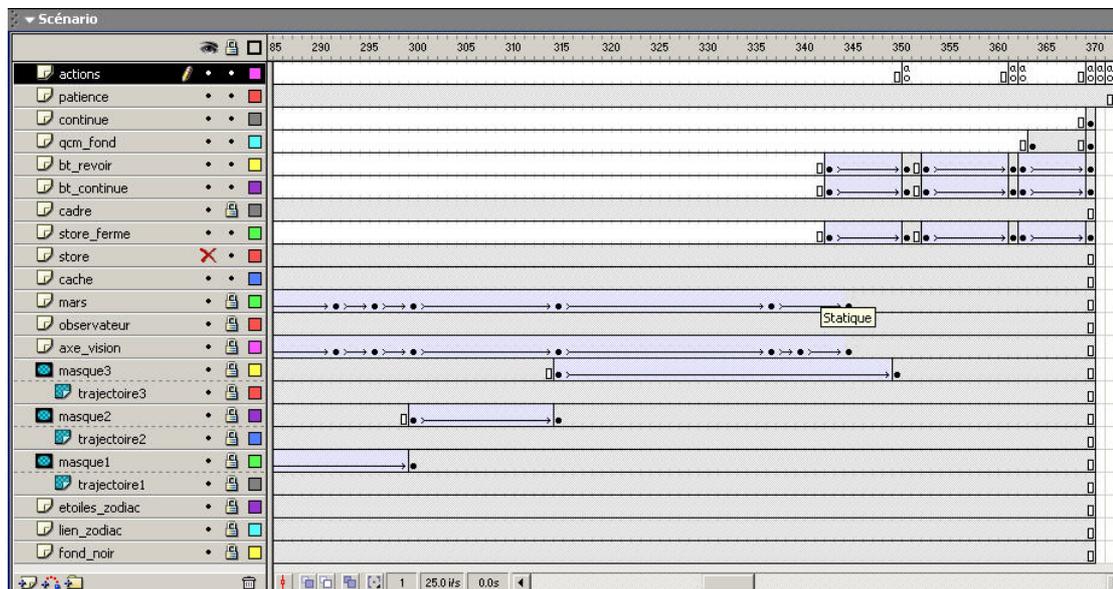
ensuite, on pose les différents objets sur le plan de travail ;



b)

puis, on anime les objets, chacun sur son calque, en profitant au maximum des interpolations automatiques de forme et de mouvement. Parfois, cela suffit ;

c)



d)

```
1 angle=Math.atan((_parent.mars._y-this._y)/(_parent.mars._x-this._x));
2 if ((_parent.mars._x-this._x)>=0) {
3   pupille._rotation=(180/Math.PI)*angle;
4 } else {
5   pupille._rotation=(180/Math.PI)*angle+180;
6 }
```

pourtant, la plupart du temps, il faut rajouter une étape et composer du code pour obtenir l'animation désirée. Ci-dessus, vous découvrez le code qui oblige la flèche verte à suivre dynamiquement Mars, dans l'animation 15. En fonction des positions relatives des objets « terre » et « mars », l'orientation de la flèche est sans cesse recalculée grâce à des fonctions trigonométriques...

Soulignons également les différences lors de la procédure d'appel aux objets par référence. En fonction de la hiérarchie interne et de l'endroit où ils sont disposés, il nous faut utiliser le préfixe adéquat (`_root`, `_parent` ou `_self`)

8) Les aides à la navigation

Quelques solutions ont été imaginées et implémentées pour assister la navigation.

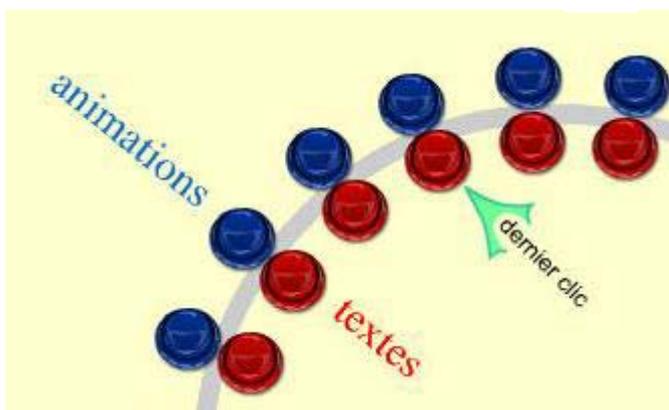
Une première, classique, est le pop-up apparaissant lors du survol de la souris (rollover)

Figure 46 – aides à la navigation a), b) et c)



Ensuite, nous avons choisi de rappeler au sujet la dernière étape visitée. Uniquement la dernière, comme un compromis entre le désir qu'il ne se perde pas et celui d'une liberté maximale. Nous avons craint qu'en marquant les étapes visitées, le sujet adopte la stratégie du « j'ai déjà visité, je n'y retourne plus ».

b)



Le truc :

autant d'occurrences de l'objet *flèche* posées sur la scène qu'il y a de boutons. Derrière chaque occurrence, du code qui joue sur la transparence de l'objet. C'est un artifice souvent utilisé dans le monde du graphisme...

A screenshot of an ActionScript code editor window titled 'Actions - Clip'. The code is as follows:

```
1 onClipEvent (enterFrame) {
2   if (_root.letape==24) {
3     this._alpha=100;}
4   else {
5     this._alpha=0;
6   }
7 }
```

The status bar at the bottom indicates 'Ligne 7 de 7, Col 2'. The window title bar shows 'actions sur [Aucun nom d'occurrence affecté] (dernier_clic1) Copier 6'.

c)

9) L'intégration Web

Nous avons choisi le Web pour une diffusion a-spatiale et a-temporelle de notre dispositif expérimental à distance.

Premièrement, la gestion du plug-in qui permet à un navigateur de lire du swf est des plus simples. En fait, il suffit d'insérer dans le code HTML les lignes suivantes :

insertion d'un objet swf dans une page html

```
<object classid="clsid:D27CDB6E-AE6D-11cf-96B8-444553540000"
  codebase="http://download.macromedia.com/pub/shockwave/cabs/flash/swflash.cab#
  version=6,0,29,0" width="650" height="520">
  <param name="movie" value="./swf/textanim_definitif_v2.swf">
  <param name="quality" value="high">
  <embed src="./swf/textanim_definitif_v2.swf" quality="high"
    pluginspage="http://www.macromedia.com/go/getflashplayer"
    type="application/x-shockwave-flash" width="650"
    height="520">
  </embed>
</object>
```

L'usage conjoint des balises <object> et <embed> permet à tous les navigateurs du marché de gérer ce plug-in.

Ensuite, un soupçon de **JavaScript** nous a permis de « capturer » le sujet, afin de minimiser l'éventualité d'une interruption volontaire de l'expérience : quoi de plus facile, autrement, que d'aller surfer sur d'autres sites, par exemple, dès que le maître a les yeux tournés.

Encore une fois, cela ne doit pas être considéré comme un manque radical de confiance ; le fait que le concepteur-expérimentateur ne soit pas sur place lors de la passation l'oblige à prendre des précautions qu'il n'aurait peut-être pas envisagées lors d'une expérience en présentiel, avec une petite poignée d'apprenants confrontés simultanément et devant ses yeux au dispositif.

La capture se fait en passant l'expérience en mode plein-écran.

```
42 <p>Préciser t ?</p>
43 <p>Pour commencer l'expérience,
44 <!-- DEBUT DU SCRIPT OUVRIR FULL SCREEN-->
45 <a href="#" onclick="window.open('./textanim.htm', '', 'fullscreen,scrollbars');return(false)">clique
46 ici</a> !</p>
47 <!-- FIN DU SCRIPT OUVRIR FULL SCREEN--></p>
48 </body>
49 </html>
```

a)

Figure 47 – la capture en plein écran a), b) et c)

Avant de pénétrer dans l'expérience, les sujets parcourent avec leur maître la consigne, donnée sur une première page HTML. En fin de lecture, un lien permet de passer en mode expérimental. L'élève est prévenu qu'à ce moment-là disparaîtront les boîtes à outils ainsi que les objets habituels de l'interface Windows. Nous avons demandé aux maîtres d'utiliser IExplorer, car Netscape conserve la barre de titre avec le bouton de fermeture !

```
26 <p>
27 <!-- DEBUT DU SCRIPT FERMER FULL SCREEN-->
28 <script language="JavaScript">
29 // <!--
30 function fin()
31 {
32 window.close();
33 }
34 // -->
35 </script>
36 <a href="javascript:fin()">.</a>
37 <!-- FIN DU SCRIPT FERMER FULL SCREEN-->
38 </p>
39 </body>
40 </html>
41
```

b)

Pour information, voici le code JavaScript qui permet de fermer proprement une fenêtre en plein écran (avec parfois l'apparition d'une boîte de dialogue de confirmation)...



c)

... et voici la méthode « barbare » utilisée par les sujets en fin d'expérience ! La plupart des sujets ne connaissaient pas ce raccourci clavier !

15.3 La phase de test du dispositif (testing)

15.3.1 Le test en condition réelle

Le test technique du système, précédant le déclenchement de l'expérience à l'échelle du canton, s'est fait une petite semaine avant la date retenue pour les premiers groupes de sujets qui essaieraient les plâtres.

En fait, le contenu pédagogique ayant été validé par un maître de physique, en cours de développement, nous étions déjà rassurés depuis quelques semaines sur la pertinence du contenu pédagogique des différents textes et animations.

Concernant la qualité de l'implémentation technique du dispositif à distance, en revanche, c'était une autre paire de manches. Il nous restait surtout à tester la capacité du dispositif à traiter plusieurs expériences simultanément, depuis des écoles différentes, puisque l'originalité de notre dispositif semblait résider là.

Nous souhaitions évidemment nous assurer que les données seraient correctement acheminées, puis organisées dans la base. N'y avait-il pas un risque que le serveur mélange les différentes requêtes adressées simultanément par plusieurs sujets ? C'est la première fois que nous planchions sur un dispositif « multi-utilisateurs », en quelque sorte...

Le test s'est déroulé à la mi-mai 2003. Pour ce faire, nous avons sollicité l'assistance d'une dizaine d'amis. La consigne était la suivante : adresser au même moment (14h00) des requêtes au serveur (à l'aide d'une version allégée de l'expérience), à partir d'endroits géographiquement éloignés. Nous avons envoyé à chacun une liste précisant l'ordre selon lequel ils devaient presser sur les boutons du cockpit (ordre différent pour chacun), afin de vérifier que les séquences avaient bien été respectées.

Grâce à cette procédure, il fut facile de vérifier que les ordres donnés par les dix « beta-sujets » avaient été rigoureusement retranscrits dans la base. Le jour J, tout se passa au mieux, ce qui nous rassura beaucoup, à moins d'une semaine des quelques 350 passations prévues !

15.3.2 Un autre test

Un autre genre de test nous attendait quelques jours plus tard : nous allions soumettre notre dispositif aux cadres du CPTIC, en séance plénière. Le CPTIC genevois (<http://www.edu.ge.ch/cptic/>) se définit lui-même comme « un centre de compétences en matière d'informatique pédagogique et technologies associées, au bénéfice de l'enseignement et des services du Département genevois de l'Instruction Publique (DIP). Le CPTIC offre un lieu d'échanges de

réflexion et de formation réunissant des développeurs, chercheurs, formateurs et enseignants chargés de l'optimisation des technologies de l'information et de la communication (ICT) ».

Ainsi, nous avons présenté notre dispositif devant un parterre de gens intéressés et les avons invités à faire des remarques et des critiques. Passablement de questions ont été soulevées lors de cette discussion informelle (tant pédagogiques que techniques) et nous avons pris plaisir à constater qu'une recherche universitaire pouvait finalement trouver du répondant auprès de l'institution scolaire.

Au départ, cet intérêt ne fut pas si évident. Petit retour sur la phase de planification qui comprend les démarches entreprises afin de trouver des partenaires au sein de l'institution...

15.3.3 Le recrutement de volontaires

Au mois de février, alors que la production de notre dispositif battait son plein, nous avons entrepris de partir en quête de maîtres prêts à jouer notre jeu avec leurs élèves.

Au préalable, Il nous faut préciser au lecteur que depuis quelques temps, le groupe d'enseignement des S.I.C. dispose d'un forum de discussion sur lequel les maîtres échangent sur leur pratique quotidienne. Nous avons alors décidé de profiter de cet outil de diffusion pour publier un mot décrivant soigneusement l'expérience, la replaçant dans son contexte « recherche universitaire de terrain », et sollicitant explicitement l'assistance de quelques collègues intéressés (en laissant bien entendu plusieurs pistes pour nous atteindre : e-mail, téléphone portable).

En parallèle, nous avons contacté les présidents du groupe de SIC, afin de leur demander de l'aide, mais surtout de donner à la démarche un caractère plus officiel. Ils ont répondu qu'ils nous soutiendraient volontiers pour autant que nous leur présentions le dispositif. A ce moment-là, nous n'avions pas encore grand-chose à présenter...

Trois semaines plus tard, aucune réaction, ni dans le forum, ni à travers les autres outils de communication.

Un petit peu surpris de cette inertie, nous nous sommes permis de glisser un nouveau mot dans le forum afin de partager une inquiétude naissante avec nos fantomatiques collègues.

D'aucun m'ont alors conseillé de rendre plus attractif le recrutement : un billet de 100.- , par exemple, ne pourrait-il pas récompenser – par tirage au sort – un des maîtres participant à l'expérience ?

D'autres nous ont déconseillé de solliciter les échelons supérieurs de la hiérarchie, car les maîtres, dixit, « se méfient systématiquement de ce qui vient d'en haut ».

Bref, autant de réactions inquiétantes qui nous mirent un sérieux doute sur le potentiel « engouement spontané et désintéressé » des enseignants pour une cause dépassant la stricte frontière de leurs murs de classe.

Heureusement, un entretien avec Monsieur Raymond Morel (directeur du CPTIC) nous remis un peu de baume au cœur, puisqu'il s'engagea à faire un peu de publicité autour de lui (ce qui vient du CPTIC n'étant pas considéré par les maîtres comme quelque chose qui « vient d'en haut » !). De plus, il nous offrit d'héberger le dispositif sur un serveur du CPTIC.

Quelques jours plus tard, nous avons reçu un courrier électronique de la présidence du groupe disant que notre proposition avait été transmise à tous les enseignants, par courrier électronique, et que sur la lancée avait été supprimé du forum notre, nous citons, « message un peu pessimiste » un peu susceptible, la hiérarchie, d'autant plus que nous ne faisons qu'exprimer notre étonnement dans un forum de discussion ! Nous leur avons demandé de justifier cet acte, en osant même l'emploi d'un gros mot : la censure... nous attendons toujours une réponse.

Finalement, une dizaine de maîtres ont décidé de nous faire confiance et de tenter cette aventure toute relative en s'inscrivant à notre expérimentation à distance. Cette petite poignée de courageux se sont-ils rendu compte qu'ils ont sauvé notre expérience ?

A noter encore qu'un phénomène un peu inattendu s'est produit durant la phase de passation : par le fonctionnement du bouche-à-oreille, certains maîtres avec lesquels nous n'avons eu aucune contact préparatoire ont entrepris de faire passer l'expérience à leurs élèves : « on » leur avait passé le lien tirant sur l'expérience. Il va de soi que nous avons dû exclure ces résultats de la base de données, avant d'entreprendre l'analyse de ces dernières.

Pour conclure ces quelques lignes dédiées au recrutement, cinq commandements au lecteur qui souhaiterait se lancer dans une telle aventure :

- a) tu respecteras les procédures et les hiérarchies... mais pas trop ;
- b) tu n'espéreras pas forcément immédiatement des marques débordantes d'enthousiasme ;

- c) tu parleras autour de toi de ce que tu fais : on est trop souvent enfermé dans sa tour d'ivoire ;
- d) tu profiteras au maximum des outils officiels, mais aussi officieux, de partage de l'information dans un esprit collaboratif ;
- e) quoi qu'il arrive, tu resteras confiant. On peut toujours compter sur des enseignants dynamiques prêts à jouer le jeu et à sortir un peu de la routine de leur cours.

Fermons ici cette longue parenthèse...

16. La passation

16.1 La validation

Sur 430 élèves qui ont finalement été confrontés à l'expérience à distance, une quarantaine ont dû être exclus de l'analyse des résultats parce que le compte rendu du maître faisait état de problèmes de connexion ou de blocage du dispositif durant la passation.

Une mini enquête a révélé très vite que les élèves qui ont rencontré de telles difficultés ont travaillé dans des ateliers Macintosh... Trop confiant sur la compatibilité du plug-in Flash avec toutes les plateformes, nous n'avions pas entrepris d'essais sur une « Pomme » pendant la phase de testing. Manifestement, cette compatibilité – avancée comme un argument commercial - n'est pas aussi parfaite que cela...

En tout, 430 sujets ont passé avec succès – d'un point de vue technologique – l'expérience. Si les analyses se sont définitivement faites sur 218 sujets, c'est parce que les conditions expérimentales n'étaient pas favorables (mauvais comportement des élèves, par exemple), ou que le protocole précis de passation n'a pas été strictement appliqué (pas de lecture de la consigne, maîtres qui ont fait passer l'expérience à leurs élèves sur recommandation d'un collègue, pas de feedback des maîtres pour décrire les conditions expérimentales, etc.). Ce ne sont donc pas des raisons technologiques qui ont entraîné cette « perte ».

A noter encore que grâce à phpMyAdmin, il était possible de se connecter au serveur MySQL à l'heure même où un groupe passait l'expérience. Nous avons volontiers avoir ressenti un réel plaisir doublé d'un peu de fierté lorsque les premiers enregistrements sont « tombés » dans la base. Le fruit de cinq mois intensifs de développement.

3.2 Les feedbacks des utilisateurs

Quelques extraits des remarques liées au dispositif, tirés des courriers électroniques reçus en retour par les maîtres :

« les élèves ont trouvé les animations très sympas et ont demandé à plusieurs reprises comment elles étaient faites » ;

« peut-on apprendre Flash en autodidacte ? » ;

« le petit satellite rappelle constamment aux élèves que leur navigation est enregistrée : je pourrai en profiter pour faire une introduction aux bases de données dans mon dernier cours de l'année ! » ;

« j'aimerais bien que vous m'expliquiez, à l'occasion, comment vous avez fait pour collecter les données » ;

« le dispositif reste « humain » : couleurs fraîches, mots d'encouragements aux élèves qui rappellent qu'il y a « quelqu'un » derrière le dispositif » ;

« peut-être un vrai chrono, posé constamment quelque part sur l'image, aurait-il été plus pratique que les messages d'avertissement ? » ;

« j'espère que les élèves auront compris rapidement à quoi servait le cockpit » ;

Le dispositif n'ayant pas créé de problème au moment de la passation de l'expérience, les remarques des maîtres sont très positives. Quelques questions exprimant de la curiosité, quelques mots d'encouragement pour le dépouillement... finalement, la collaboration s'est très bien passée, et personne n'a souffert de la distance.

Rappelons que nous n'avons eu à rencontrer aucun des maîtres, ce qui était un des défis que nous nous étions fixés : réussir à développer un dispositif expérimental minimisant les contacts entre concepteurs, expérimentateurs et sujets, sans pour autant tomber dans une vision « industrielle » de l'expérimentation.

17. Le traitement et l'analyse des résultats

Quelques mots sur les démarches entreprises dans cette phase de manipulation des données collectées.

Plus de 9'500 échanges client-serveur qui se sont soldés par autant d'enregistrements dans une base de données MySQL... voilà le bilan de deux semaines d'expérimentations à partir de différentes écoles dans le canton.

Bien que MySQL permettent d'extraire les données à l'aide de requêtes en SQL, nous avons choisi d'exporter le contenu de toutes les tables dans un programme que nous maîtrisons un peu mieux : Microsoft Access. En fait, nous avons finalement confié le nettoyage de la base à ce programme parce qu'il dispose d'une interface utilisateur plus familière. De plus, nous avons rapatrié ainsi la base de données en local, sur notre ordinateur, pour pouvoir travailler avec sans être nécessairement connecté à Internet.

Dans Access, nous avons supprimé tous les enregistrements qui ne devaient pas faire partie de l'analyse, pour les raisons évoquées plus haut.

Une fois ce régime draconien arrivé à son terme (la base a quand même perdu près de la moitié de son contenu dans cette opération), nous avons entrepris un nouveau transfert des données vers un autre logiciel de la suite bureautique de Microsoft, le programme Excel, avec l'intention d'utiliser les fonctions d'analyse statistique et de mise en forme graphique offert par cet outil. Il est clair que l'utilisation d'un programme explicitement dédié à l'analyse statistique, tel SPSS par exemple, aurait été plus efficace. Ce dernier automatise passablement les différentes étapes (par exemple, le test du Chi2). Nous n'avons néanmoins pas souhaité nous immerger dans un nouveau logiciel, pour des raisons de temps.

Le format CVS a permis de transférer à chaque fois les données d'un logiciel vers l'autre. Ce format décrit le contenu de la base de données dans un simple fichier texte, en séparant chaque élément par une virgule, par exemple. Il n'y a ainsi aucun problème de compatibilité entre les programmes.

18. Conclusion de la deuxième partie

Lorsque nous avons commencé à plancher sur le choix d'un sujet de mémoire, le choix entre expérimentation et développement est très vite apparu comme très limitant. Les deux domaines sont empreints de théorie autant que de pratique, même si la démarche est très différente. En choisissant de développer un dispositif qui répondrait à des besoins expérimentaux, nous avons souhaité ménager la chèvre et le chou.

De cette partie de production, nous ressortons armés de nouvelles compétences. Tout d'abord, d'un point de vue purement technique, nous avons en effet dû fonctionner quotidiennement dans la « résolution de problèmes ». A travers cette phase, nous avons tissé des contacts avec d'autres développeurs rencontrés sur des forums de discussion consacré à Flash, PHP ou MySQL.

Nous avons aujourd'hui envie de poursuivre sur cette voie en explorant notamment l'univers du SVG (et du XML), ou encore des bibliothèques PHP permettant la création d'objets graphiques (gd.dll ou Ming, par exemple, cette dernière étant capable de générer des graphiques vectoriel en swf, à partir de données traitées par PHP). Du côté de Flash, également, de nouveaux *components* nous poussent toujours plus dans la direction d'une connectivité accrue et facilitée.

En fait, nous n'avons à aucun moment eu l'impression de faire appel à la technologie juste pour le plaisir de la solliciter. En ce sens, nous avons adhéré à la philosophie de TECFA, en gardant constamment en tête la phrase de Lowe qui introduit cette partie.

V. Conclusion générale

Notre grande difficulté à choisir entre un mémoire expérimental et un mémoire de développement a débouché sur l'envie de faire finalement les deux.

Il se trouve que notre problématique s'y prêtait à merveille.

Nous sommes heureux d'avoir pu concilier technologie et pédagogie, même si les résultats obtenus dans la partie expérimentale ne sont pas ceux qui étaient secrètement espérés. La pléthore de données recueillies mériterait cependant un traitement approfondi.

Cette première grande expérience en tant qu'ingénieur pédagogue a répondu à nos envies.

Nous espérons avoir d'autres occasions de travailler concrètement dans ce domaine.

VI. Postface

« Apprentissage », « technologie », « formation en emploi » et « Genève »... Ce sont, de mémoire, quelques uns des mots que nous avons confiés, confiants, à notre moteur de recherche préféré, alors que le printemps 2001 avait déjà bien préparé le terrain à la belle saison.

En *pole position* des résultats du robotique investigateur, un mystérieux acronyme : T.E.C.F.A... nous décidions de suivre ce lien et découvrons avec surprise que l'Université de Genève abritait une unité dont les activités semblaient cristalliser nos envies du moment. Nous nous y engageons sans trop hésiter, puisque le cursus de ce diplôme s'inscrivait dans une continuité : nous venions en effet d'obtenir notre « permis d'enseigner. », le convoité Certificat d'Aptitude à l'Enseignement Secondaire, et avions en parallèle suivi pendant deux ans les cours de licence en Systèmes d'Information distillés par le Centre Universitaire d'Informatique de Genève. TECFA augurait ainsi l'opportunité de (ré)concilier des savoir-faire bourgeonnants cohabitant sans pour autant partager le même lit : une pratique d'enseignant de quelques années et des compétences universitaires purement technologiques, fraîchement acquises.

Ce travail de diplôme ponctue deux (trois ?) années de réflexion(s) et de découverte(s) plus ou moins guidée(s). Chaque fois que l'occasion s'est présentée, nous avons essayé de superposer nos casquettes d'enseignant et d'étudiant : en testant certaines « recettes » dans l'enceinte de nos classes, mais également en apportant dans les travaux de séminaire notre expérience de terrain. La présente recherche ne déroge pas à cette règle, car nous avons tenu à développer une expérimentation qui permettrait de mettre à contribution des élèves de tout le canton, tout en jugeant du même coup la réceptivité de l'institution et de nos collègues à des propositions s'éloignant de l'habituel cursus. Avec à la clef une ferme intention de continuer sur cette voie de la recherche de « terrain ».

Ainsi, nous avons pris beaucoup de plaisir à concevoir et développer ce dispositif expérimental à distance. Il est le fruit d'une réflexion intensive sur l'apport potentiel de technologies très « tendances », en regard de considérations téléologiques et pédagogiques. En cela même, notre objectif converge pleinement avec celui de Tecfa.

Ce mémoire est bifacial : en présentant, d'une part, les objectifs ainsi que les résultats d'une recherche proche de l'enquête, il adopte une démarche clairement expérimentale. En proposant, d'autre part, un descriptif précis des phases de conception et de diffusion du dispositif technologique, il se fait l'ambassadeur d'une démarche de développement.

VII. Bibliographie / webographie générales

Anglin, G.J., Towers, R.L., Levie, W.H. (1996), *Visual message design and learning : The role of static and dynamic illustrations*. In Jonassen, D.H., *Handbook of research for educational communications and technology*, Simon & Schuster Macmillan, New York, 755-791

Baddeley, A.D. (1986). *Working Memory*. Oxford : Clarendon Press

Bétrancourt, M. (1996). *Facteurs spatiaux et temporels dans le traitement cognitif des complexes texte-figure*. Thèse de doctorat. Institut national polytechnique de Grenoble

Bétrancourt, M. (2001). *Format de présentation et traitement cognitif des documents multimédia*. Présentation séminaire Staf FANY, TECFA.

Bieger, R. & Glock, D. (1985). *Comprehending Spatial and Contextual Information in Picture-Text Instructions*. *Journal of Experimental Education*, 181-188

Bétrancourt, M., Bauer-Morrison, J. & Tversky B. (2000), *Les animations sont-elles vraiment plus efficaces ?* RIA – 14/2000. PEC'2000, 1-17

Chandler, P. & Sweller, J. (1991). *Cognitive load theory and the format of instruction*. *Cognition and Instruction*, 8, 293-332

Clavien, L. (2003). *Etude expérimentale de l'influence des formats de présentation sur le traitement cognitif des animations multimédia*, Mémoire de DESS-STAF, TECFA, FAPSE, Université de Genève

Deci, L.E & Ryan, R.M. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-determination in Human Behavior*. Plenum Press, New York, London

Duval, R. (1998). *Conversion et articulation des représentations analogiques*. Polycoché de séminaire, i.u.f.m. Nord-Pas de Calais

Glenberg, A.M. & Langston, W.E. (1992). *Comprehension of illustrated text : Pictures help to build mental models*. *Journal of Memory and Language*, 31, 129-151

Hegarty, M. & Sims, V.K. (1994). *Individual differences in mental animation during mechanical reasoning*. *Memory and Cognition*, 22, 411-430

- Horton, W. (1993). The almost universal language : Graphics for international documents. *Technical Communication*, 40, 682-693
- Jamet, E. (2002), *La compréhension des documents techniques : Quels effets du format de présentation ?*. Actes de la conférence Ergonomie et Informatique avancée, ERGO'IA 2002, Biarritz (France)
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental Models : Toward a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press
- Mayer, R.E. & Anderson, R.B. (1992). *The instructive animation : Helping students build connections between words and pictures in multimedia learning*. *Journal of Educational Psychology*, 84, 444-452
- Mayer, R.E. (1999). *The promise of educational psychology*. Upper Saddle River, NJ: Practice Hall/Merrill
- Mayer, R.E. (2001). *Multimédia Learning*. Cambridge University Press
- Meunier, J.P. (2003). *Compréhension et inférence*. Polycopié de cours.
- Milheim, W.D. (1993). *How to use animation in computer assisted learning*. *British Journal of Educational Technology*, 24(3), 171-178
- Narayanan, N. & Hegarty, M. (1998). *Intelligible Multimedia*. *Journal of Educational Psychology*, 84, 444-452
- Neisser, U. (1976). *Cognition and Reality*, Sans Francisco : W.H. Freeman
- Nielsen, J. (2000). *Conception de sites Web : L'art de la simplicité*. CampusPress France, 141-143
- Paivio, A. (1986). *Mental representations : a dual coding approach*. New York : Oxford University Press
- Paivio, A. (1991). *Dual Coding Theory : retrospect and current status*, *Canadian Journal of Psychology*, 45(3), 255-287
- Palmiter, S.L., Elkerton, J., Baggett, P. (1991), *Animated demonstrations vs. written instructions for learning procedural tasks : A preliminary investigation*, *International Journal of Man-Machines studies*, Vol. 34, 687-701

Palmiter, S.L., Elkerton, J. (1993). *Animated demonstrations for learning procedural computer-based tasks*, Human-Computer Interaction, Vol. 8, 193-216

Rieber, L.P. (1990). *Animation in computer-based instruction*. Educational Technology Research and Development, 38, 77-86

Schnotz, W. (2002). *Towards an Integrated View of Learning from Text and Visual Displays*. Educational Psychology Review, 14(2), 101-120

Sweller, J., Chandler, P., Tierney, P., & Cooper, M. (1990). *Cognitive load as a factor in the structuring of technical material*. Journal of Experimental Psychology : General, 119, 176-192

Sweller, J. & Chandler, P. (1994). *Why some material is difficult to learn*. Cognition and Instruction, 12, 185-233

Vandendorpe, Ch. (1999). *Du papyrus à l'hypertexte : essai sur les mutations du texte et de la lecture*, éditions La Découverte, coll. Sciences et Société

Zhang, P. (1999). *Will you use animation on your web pages ?* In : Sudweeks, F., Romm, C.T. (Eds). *Doing Business on the Internet : Opportunities and Pitfalls*, Springer, Berlin, p. 35-51

<http://www.poynterextra.org/et/i.htm>

Lewenstein (2002), étude complète faisant appel à la technique de eyetracking, Université de Stanford

http://www.internettg.org/newsletter/dec98/banner_blindness.html

Benway, J. & Lane, D.M. (1998), *Banner Blindness : Web Searchers Often Miss "Obvious" Links*, ITG

<http://tecfa.unige.ch>

VIII Annexes

Annexe A : les boîtes de régulation métacognitive

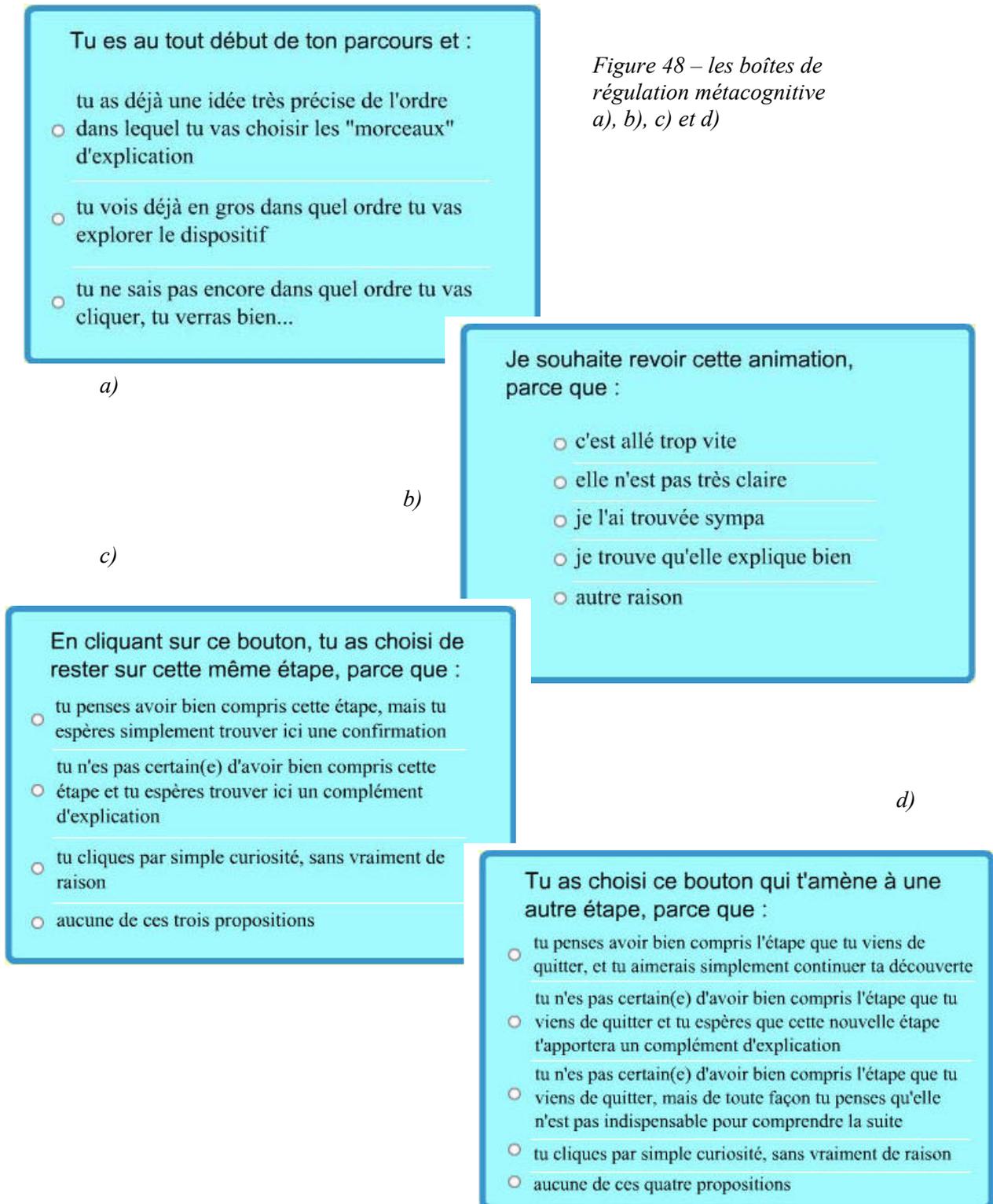


Figure 48 – les boîtes de régulation métacognitive a), b), c) et d)

Annexe B : des patterns de navigation

Vous trouverez ci-dessous quelques-uns des patterns de navigation les plus caractéristiques. Nous enverrons très volontiers un fichier excel réunissant les 51 patterns identifiés (avec leur fréquence dans les deux groupes) à tout lecteur qui en ferait la demande par courrier électronique : alain.chassot@formate.ch

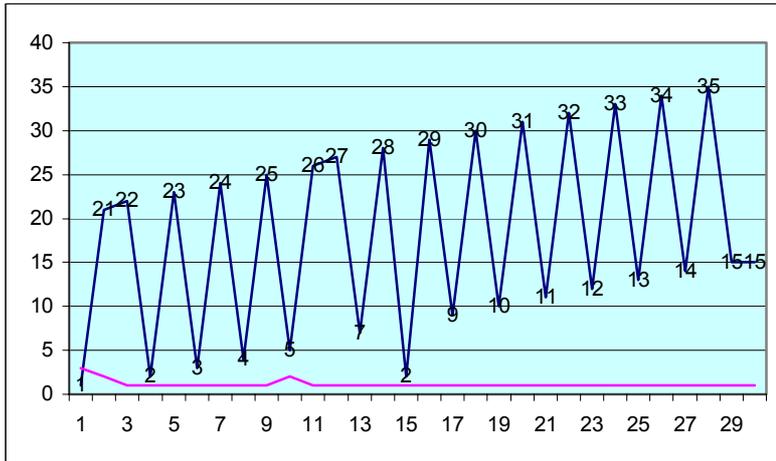
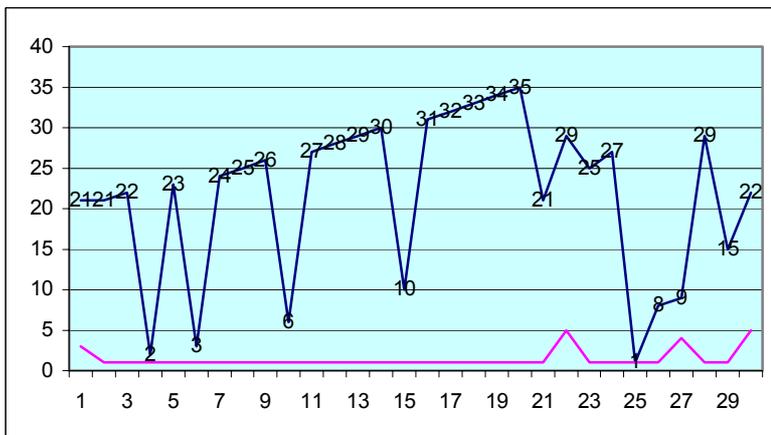
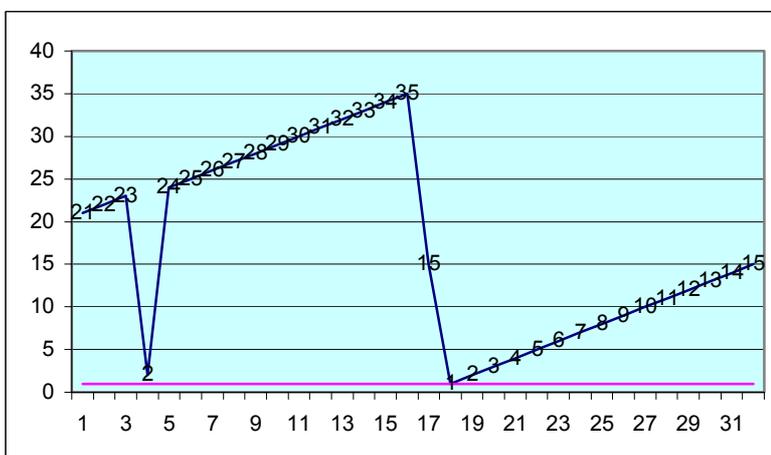


Figure 49 – patterns de navigation
a) – i)

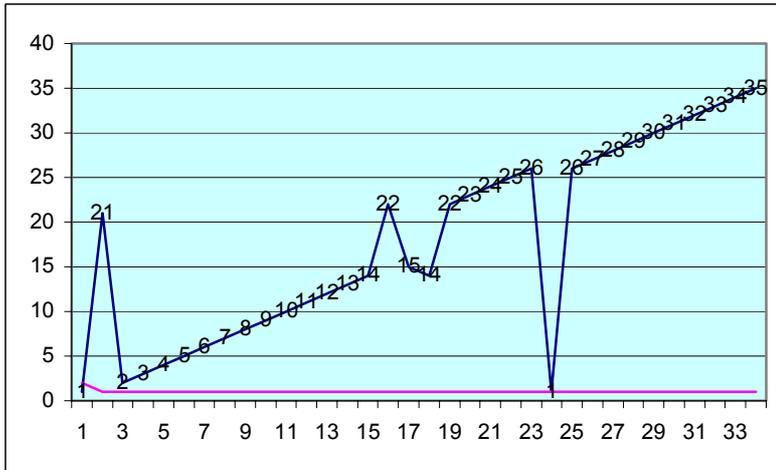
a) alternance très forte



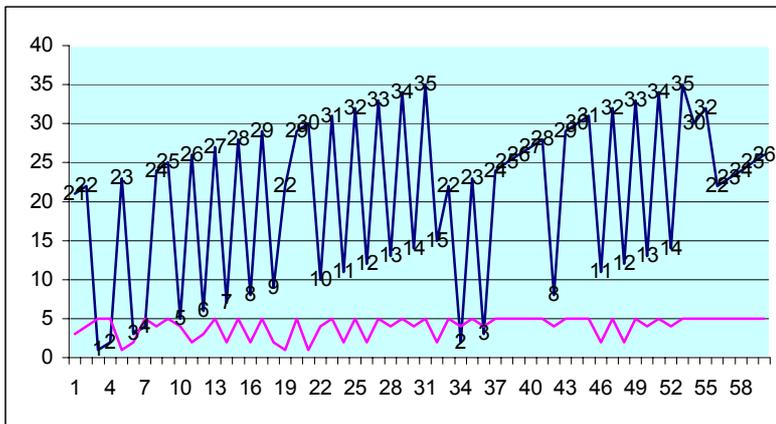
b) alternance faible, étapes texte négligées



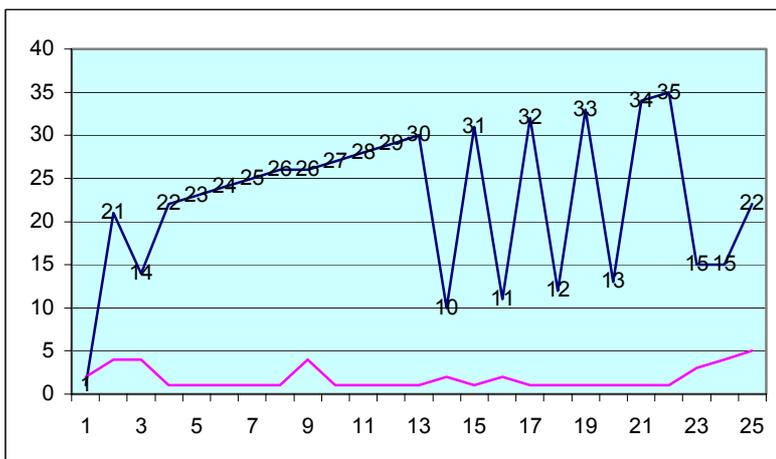
c) alternance très faible, anim avant texte

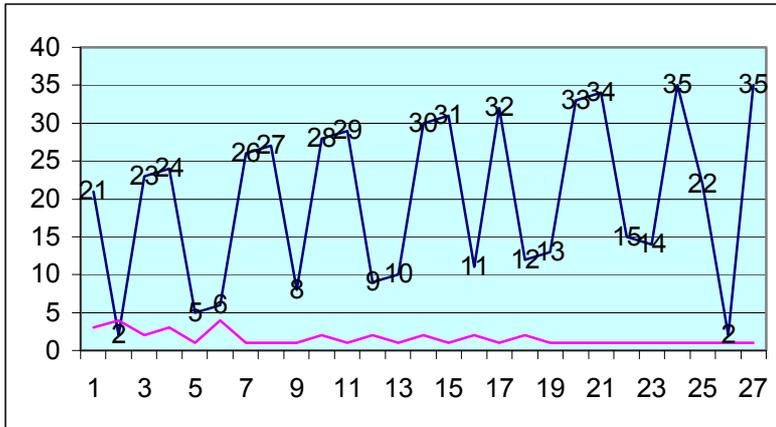


d) alternance très faible, texte avant anim

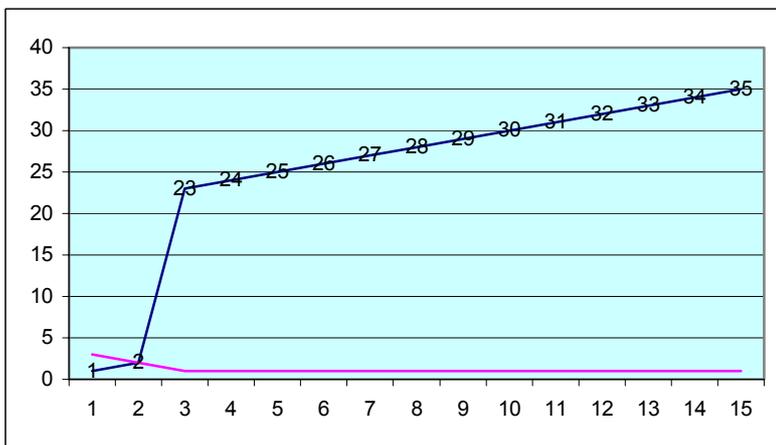


e) alternance forte, avec deuxième lecture

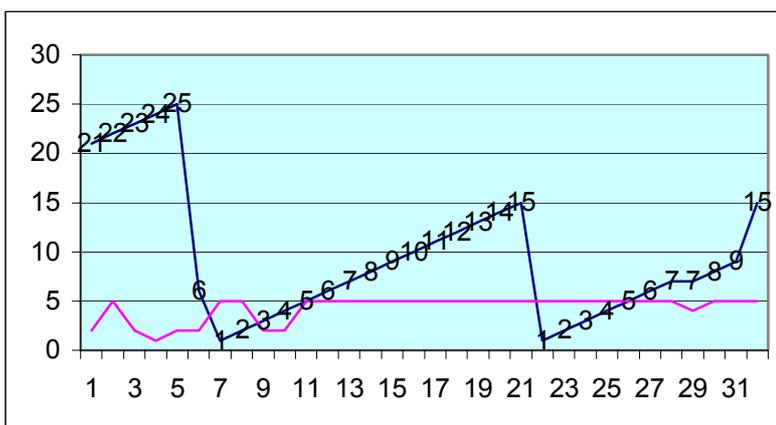




g) beaucoup de changements dans la stratégie d'alternance



h) que les animations



i) nette prépondérance du texte