



HAL
open science

Modélisation d'une Interaction Didactique Distante Individuelle Synchronique (ID2IS)

Nathalie Masseur

► **To cite this version:**

Nathalie Masseur. Modélisation d'une Interaction Didactique Distante Individuelle Synchronique (ID2IS). STICEF (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation), 2003, 10, 26 p. hal-00696451

HAL Id: hal-00696451

<https://hal.science/hal-00696451v1>

Submitted on 11 May 2012

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

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

Modélisation d'une Interaction Didactique Distante Individuelle Synchronique (ID2IS)

Nathalie MASSEUX [Laboratoire PAEDI, IUFM d'Auvergne]

■ **RÉSUMÉ** : Notre objectif est de saisir la complexité « temps réel » d'une interaction didactique médiée par ordinateur. Les expérimentations, instrumentées par un dispositif de visio-communication et de partage d'environnement de travail, nous ont conduit à préciser les influences concomitantes des déterminants technologiques et humains sur une interaction caractérisée par deux processus : enseigner et apprendre. La spécificité de notre démarche consiste à mettre en synergie cette approche (inhérente aux champs IHM & CSCW), avec l'approche systémique du didacticien. Cela nous permet de modéliser graduellement l'interface du dispositif, l'environnement de chacun des acteurs et l'univers partagé par les acteurs aux différentes phases de l'interaction. Cette modélisation, formalisée au moyen du logiciel MOT, est appliquée à l'interprétation d'une interaction en géométrie supportée par Cabrigéomètre.

■ **MOTS CLÉS**: visio-communication, interaction didactique synchronique, transposition informatique, micromonde, géométrie, milieu didactique, environnement partagé, modalité, Interaction Didactique Assistée par Ordinateur.

■ **ABSTRACT** : Our goal is to grasp the "real time" complexity of a didactical interaction supported by computer. The experiments, instrumented by a device of video-communication and shared environment of work, led us to specify the concomitant influences of technological and human determinants on an interaction characterized by two processes : teaching and learning. The specificity of our approach consists in putting in synergy this reasoning (inherent in the fields HCI & CSCW), with the systemic reasoning of the didactician. That enables us to gradually modelize the device's interface, each actor's environment and the universe shared by the actors at different steps of the interaction. This modelization, formalized using the MOT software, is applied to the interpretation of an interaction in geometry supported by Cabri-geometry.

■ **KEYWORDS** : visio-communication, synchronous didactical interaction, computerizing transposition, micro-world, geometry, didactical milieu, shared environment, modality, Computer Assisted Didactic Interaction.

- [1. Introduction](#)
- [2. Fondements théoriques et méthodologie de notre modélisation de ID2IS.](#)
- [3. Modélisation de l'interaction didactique distante individuelle synchronique \(ID2IS\)](#)
- [4. Modélisation des pratiques expérimentales d'ID2IS observées](#)
- [5. Modélisation de l'univers partagé dans l'ID2IS](#)
- [6. Conclusion](#)
- [7. Perspectives](#)
- [Références](#)

1. Introduction

Nous définissons le champ de l'interaction didactique assistée par Ordinateur (ID2IS) comme champ d'étude des interactions entre les trois pôles du système didactique [Brousseau86] à savoir : deux humains distants, l'un apprenant, l'autre enseignant et un dispositif informatique.

Le travail présenté dans cet article relève du champ de l'interaction didactique assistée par ordinateur et a pour objet d'étude l'interaction didactique distante individuelle synchrone (ID²IS). Notre travail a pour but d'identifier les spécificités de l'ID²IS.

Pour amorcer l'étude de l'ID²IS, nous procédons à son investigation croisée. Cette investigation cible une question initiale : la médiation de l'interaction didactique par un dispositif informatique l'influence-t-elle ? Si oui, comment ? Répondre à cette question sans réduire sa complexité propre exige son investigation mutuelle par le didacticien et l'informaticien. Sans quoi, l'informaticien serait tenté de l'investir sous l'angle interaction humain machine (IHM) centré sur le dispositif informatique comme médiateur d'une interaction entre humains, réduisant l'interaction didactique à une communication quelconque et neutralisant, de fait, sa singularité didactique. Quant au didacticien, il serait tenté de l'explorer sous l'angle de l'interaction didactique centrée sur les acteurs humains avec leurs conceptions relatives aux connaissances en jeu dans l'interaction minimisant l'influence du potentiel d'interaction du dispositif informatique.

Comme préalable à la mise en œuvre de notre stratégie de modélisation, nous explicitons dans une première partie, les fondements théoriques et la méthodologie de notre modélisation de ID²IS. Nous présentons successivement les outils théoriques qui cadrent notre démarche de modélisation. Nous avons mobilisé ces outils conjointement pour la faire aboutir. Un premier cadrage didactique est instrumenté par le concept d'interaction didactique au sens de la théorie des situations puis par le concept de transposition informatique. Un deuxième cadrage motive le choix méthodologique d'utilisation de l'éditeur *MOT* pour formaliser graphiquement notre modèle conceptuel et fonctionnel de l'ID²IS. Il résume son formalisme pour faciliter la lecture des modèles présentés ultérieurement. Un troisième cadrage est fourni par un travail antérieur de définition et de modélisation du caractère multiforme d'une interface homme/machine inscrit dans le champ du travail collaboratif entre pairs.

En deuxième partie de l'article, nous présentons notre modélisation des pratiques expérimentales de l'ID²IS observées. L'organisation séquentielle de ces pratiques est précisée. Un premier niveau d'analyse des pratiques de diagnostic coopératif est conduit. Une modélisation de l'environnement d'un acteur (enseignant ou apprenant) s'appuie sur cette analyse. Nous explicitons deux étapes de la modélisation. Une première étape est consécutive à la prise en compte du processus d'activation de faits passés de l'ID²IS. Une deuxième étape est induite par l'asymétrie de perception et d'inférence qui distingue l'enseignant de l'apprenant.

En troisième partie de l'article, nous étendons notre investigation à la modélisation de l'univers partagé dans l'ID²IS. Nous introduisons un modèle générique de l'ID²IS, centré sur l'univers artificiel en tant qu'outil d'aide à la détermination de l'univers partagé par l'enseignant et l'apprenant. Nous précisons les notations utilisées pour modéliser cet univers partagé. Nous exposons ensuite une modélisation de la phase de diagnostic coopératif de l'ID²IS en quatre étapes. Nous en déduisons les propriétés de la phase de diagnostic. Nous résumons l'application de cette investigation à la phase d'interaction collaborative de l'ID²IS qui suit celle de diagnostic. Pour ce faire, nous livrons un extrait de protocole de cette phase d'interaction en l'accompagnant de ses propriétés.

Enfin, nous concluons en situant l'apport de notre travail de modélisation l'ID²IS relativement aux objectifs de recherche visés par le département STIC^[2] du CNRS et à la tendance actuelle des travaux exposés aux colloques Environnements Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateur (EIAO), *Artificial Intelligence and Education (AIED)*, *Computer Supported Collaborative Learning (CSCL)*, Interaction Homme Machine (IHM) et *World Conference on Computers in Education (WCCE)*. C'est une occasion d'argumenter la finalité des STIC concrétisée dans notre travail. Nous évoquons également le prolongement de ce travail en explicitant ses perspectives.

2. Fondements théoriques et méthodologie de notre modélisation de ID2IS.

Avant d'entamer notre modélisation, il convient d'explicitier notre problématique et d'en situer les ancrages théoriques des champs IHM et didactique que nous allons mobiliser dans ce travail.

Compte tenu de la multiplicité des travaux axés, plus ou moins directement, sur l'enseignement à distance, notre intention est de souligner ici ceux qui explicitent les éléments théoriques se rapportant à notre problématique. Une synthèse des études expérimentales sur l'enseignement à distance [DessusLemaire97] montre que les recherches en EAD se sont focalisées sur la mise en œuvre expérimentale de la technologie et explicitent rarement leur approche théorique. Cette tendance ne facilite pas l'articulation de notre travail avec les études mentionnées dans cette synthèse.

Comment investir notre objet d'étude sans en dénaturer la complexité singulière qui motive notre travail ? Nous avons introduit son investigation par une première question : la médiation de l'interaction didactique par un dispositif informatique l'influence-t-elle ? Si oui, comment ?

Poser cette question est une manière de privilégier un angle d'approche particulier de cet objet parmi d'autres. Il s'agit d'une investigation centrée sur l'objet **interaction didactique** défini et largement exploré par les didacticiens.

Une hypothèse est sous-jacente à cette investigation didactique : celle de l'influence du dispositif informatique sur cet objet initial. Cette hypothèse s'appuie, en partie, sur des travaux antérieurs de didactique axés sur un concept didactique connexe : la transposition informatique [Balacheff91], concept résumé dans le paragraphe 3.3. Nous lions ce processus de transposition à une des conceptions de l'interface à savoir : l'interface en tant qu'espace interactif et sémiotique *hétérogène* [PochonGrossen97]. Nous explorons la singularité sémiotique de l'interface d'un micromonde dans le prolongement d'autres travaux tels que [HoylesNoss92] en l'intégrant dans une interface dédiée à l'interaction distante. Nous avons antérieurement nourri cette approche d'une étude des propriétés modales de l'interface d'un environnement support d'une régulation distante de l'interaction didactique par l'enseignant [Masseux00].

Conjointement à cette conception de l'interface, nous abordons la complexité d'interaction homme/machine pour l'éducation en terme d'asymétrie d'interaction homme/machine pour l'apprenant et l'enseignant engagés dans une interaction didactique distante. Cette complexité a récemment été pointée en terme de distinction d'espaces cognitifs entre utilisateur notamment entre un concepteur expert et un utilisateur novice [Linard01]. Notre investigation nous a conduit à considérer cette asymétrie discriminante entre un enseignant, expert du savoir à enseigner et régulateur averti de l'interaction didactique et un apprenant, apprenti constructeur des objets de connaissances manipulables à l'interface d'un micromonde.

Pour situer cette complexité dans le contexte d'une interaction distante entre un apprenant et un enseignant, nous avons exploré des investigations en IHM et en *Computer-Supported Cooperative Work (CSCW)*. Une investigation visant à modéliser les environnements utilisateurs d'espace de travail partagé [Caelen96] dans un contexte de travail coopératif a retenu notre attention. Nous interrogeons l'extension de son domaine de validité, à savoir la communication entre pairs, à l'interaction entre personnes douées d'aptitudes cognitives distinctes. Pour y répondre, nous avons d'une part approfondi notre hypothèse d'asymétrie d'interaction homme/machine à partir de nos travaux précédents sur l'enseignement à distance synchrone [Masseux00]. D'autre part, nous avons confronté cette investigation à d'autres travaux axés sur les capacités de perception et d'inférence d'informations partagées en temps réel et potentiellement *mutualisables* [ZouinarSalembier00], [HeathLuff91] pour le pilotage de tâches distribuées. La contrainte du temps réel de l'interaction didactique synchrone revêt de nombreuses similitudes avec les situations d'interaction coopérative synchrone finalisées par la prise de décision en temps réel appliquée, entre autres domaines, au contrôle aérien. Ce rapprochement nous invite à considérer les tâches utilisateurs de pilotage en temps réel, mises en œuvre dans une interaction

didactique, tant par l'enseignant (régulation de l'interaction apprenant/milieu didactique informatisée) que par l'apprenant (action sur les modalités visuelles support des connaissances à l'interface du milieu didactique informatisé).

Cette complexité du temps réel d'interaction homme/machine dans le domaine de l'enseignement à distance est une des conséquences du caractère dynamique des processus d'apprentissage et d'enseignement. Si cette complexité est omise dans les travaux se prévalant de l'enseignement à distance distinguant approximativement, voir omettant, ces processus en jeu dans les phases d'interaction asynchrone et synchrone, nous sommes pour notre part, de par la nature de notre objet d'étude, motivée par l'étude approfondie de cette complexité.

3. Modélisation de l'interaction didactique distante individuelle synchrone (ID2IS)

Notre démarche de modélisation a pour but de répondre à la question suivante : les propriétés du modèle IHM de l'environnement s'articulent-elles aux faits saillants des observations révélés par l'analyse didactique des interactions observées ? Pour y répondre, nous partons de l'hypothèse que s'il existe des corrélations entre ces modèles, elles nous renseignent sur l'impact du dispositif informatique influant le processus d'interaction didactique.

3.1. L'ID2IS cadrée par la théorie des situations

La stratégie de modélisation de l'ID²IS que nous avons conduite a pour fondement la modélisation de l'interaction didactique cadrée par la théorie des situations [Brousseau86]. La didactique a pour objet, l'étude des conditions et des processus d'apprentissage dans un système de contraintes, le système didactique. Le système didactique est un système dont les trois pôles (enseignant, élève, milieu) interagissent. Un milieu, au sens de la théorie des situations, est porteur de connaissances visées par l'apprentissage. L'interaction didactique se joue entre les trois pôles du système pour être productrice de nouvelles connaissances.

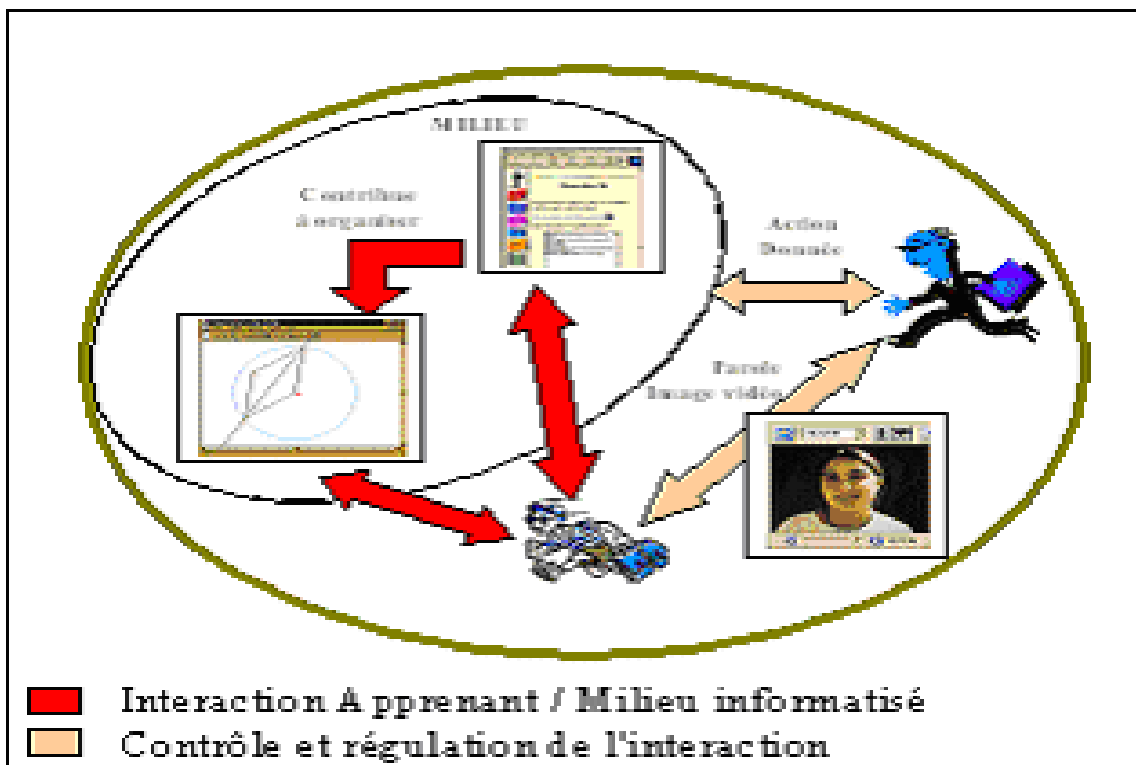


Figure 1: Interaction didactique distance individuelle synchrone

Cette dynamique d'interaction est soumise à au moins deux contraintes. Une contrainte temporelle : l'apprentissage doit s'accomplir dans une durée déterminée. Une contrainte épistémologique : la connaissance, ou la compétence, acquise doit être conforme à une référence institutionnelle (connaissance de référence). Dans ce système, l'enseignant interagit avec l'élève et le milieu didactique avec l'intention de provoquer et de contrôler l'apprentissage, c'est-à-dire de le réguler. Ainsi, pouvons-nous considérer la formalisation du didacticien comme systémique et interactionniste. En ce sens, elle rejoint l'approche interactionniste des théories sociocognitives de l'action mais sans illusion de transparence du support informatique de l'action.

L'interaction didactique, médiée par notre dispositif est schématisée selon la figure 1. Les pratiques d'ID²IS observées illustrent le rôle de régulateur de l'interaction élève/dispositif tenu par l'enseignant pour contrôler l'activité d'apprentissage de l'élève. Cette régulation s'effectue soit directement auprès de l'élève via l'interface de communication audio/vidéo, soit par modification de l'interface des applications partagées (micromonde et site web).

L'implication du dispositif informatique dans l'ID²IS consiste en deux rôles : un rôle de médiateur de la communication entre humains et un rôle de composante informatisée de milieu didactique. La contrainte de distance entre les acteurs est une variable géographique que nous situons dans un cadre théorique didactique. Ce qui importe pour le didacticien, ce n'est pas la distance en soi mais l'instrumentation informatique de cette distance relativement à son objet d'étude. Nous posons en hypothèse que cette variable aurait le même impact sur l'interaction didactique entre un élève et un enseignant situés dans deux pièces distinctes voisines. Ceci est une hypothèse acceptable à condition que le contexte humain, matériel et temporel de l'interaction didactique soit identique par ailleurs, c'est-à-dire en dehors des moments d'interaction didactique contraints par la distance.

3.2. Interface de l'ID²IS

Pour intégrer les rôles de médiateur de communication et de composante de milieu didactique informatisé, l'interface du dispositif est constituée de trois applications, l'une interfacant la médiation audio/vidéo de la communication, une deuxième interfacant le micro-monde (lieu de résolution de la situation problème dans

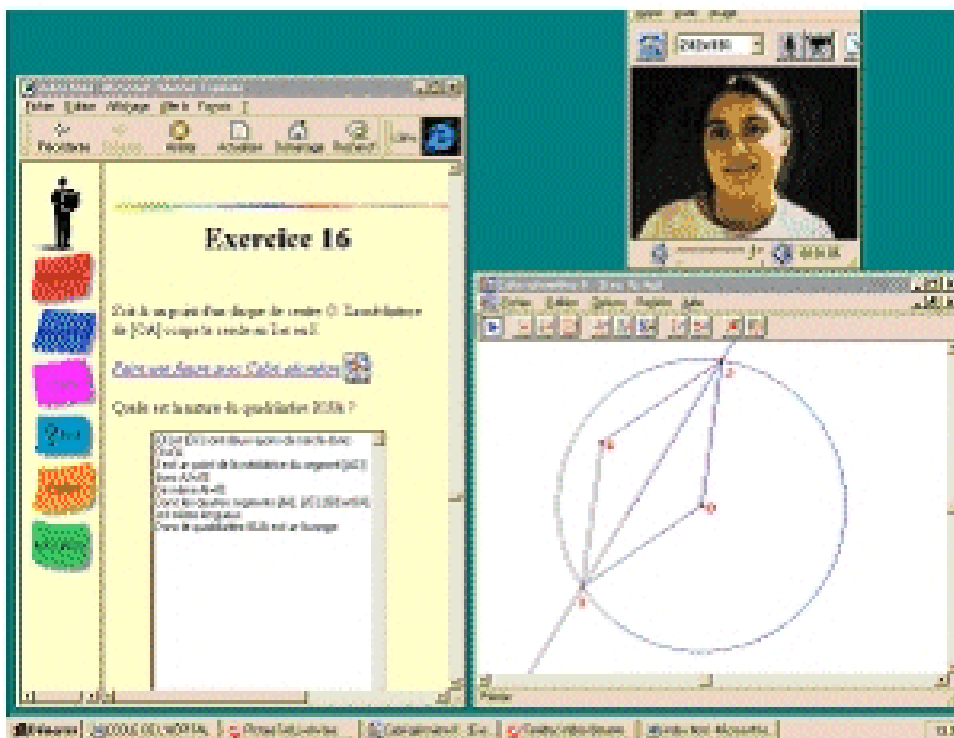


Figure 2 :Image écran de l'interface de l'ID²IS

laquelle l'apprenant est engagé), la troisième interagissant l'énoncé de la situation problème en cours de résolution.

Nous avons choisi d'abord de procéder à une modélisation IHM modulaire de ces trois interfaces, puis de les réunir dans un modèle intégrateur. Cette modélisation a pour but d'articuler les propriétés du modèle IHM de l'environnement aux faits saillants des observations révélés par l'analyse didactique de l'interaction faisant l'hypothèse que le dispositif informatique influe le processus d'interaction didactique et réciproquement.

3.3. Réactivité de l'interface de l'ID2IS sur le processus d'interaction didactique

Pour préciser ce qu'un didacticien entend par non transparence de l'interface du dispositif informatique sur l'ID²IS, revenons au processus de transposition informatique [Balacheff91], concept apparu avec la genèse de la didactique computationnelle [Vergnaud92]. Ce concept formalise le processus de transformation du savoir, du fait de son implémentation informatique et de l'impact de cette transformation sur l'apprentissage de l'élève. Le codage informatique d'un savoir à enseigner dans un environnement de type EIAO conditionne le sens de la connaissance que va construire l'élève. Ainsi, notre investigation situe le processus de transposition informatique dans un nouveau champ d'application, celui de l'interaction didactique distante médiée par un dispositif informatique. Pour formaliser cette intention de transformation de connaissance dans notre investigation IHM, nous avons choisi d'utiliser le logiciel de modélisation par objets typés (MOT) [Paquette96] de représentation graphique de modélisation de connaissances évolutives. Nous en résumons le formalisme dans le paragraphe suivant pour faciliter la lecture des formalisations graphiques qui composent notre modélisation IHM.

3.3.1. Outil de formalisation du modèle de l'interface H/M (logiciel MOT)

L'éditeur MOT a été conçu et développé au Centre de recherche LICEF (Laboratoire d'informatique cognitive et environnements de formation), il est utilisé notamment en ingénierie de systèmes d'apprentissage. Il est fondé sur des travaux en sciences cognitives qui visent à intégrer les points de vue conceptuel et fonctionnel des connaissances. Cet éditeur nous est apparu pertinent pour modéliser une interface Homme/Machine dans une perspective *Computer-Supported Collaborative Learning* (CSCL). L'éditeur MOT regroupe un certain nombre d'icônes graphiques représentant, d'une part, les différents types de connaissances (concrètes : les faits, abstraites : les concepts, les procédures et les principes) et d'autre part, les divers types de liens (composition, régulation, spécialisation, précedence, intransit/produit, instanciation) entre types de connaissances.





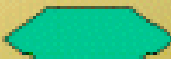

Connaissances abstraites		Faits concrets	
Concepts		Exemples	
Procédures		Traces	
Principes		Énoncés	

Tableau 1 : Formalismes MOT de types de connaissances

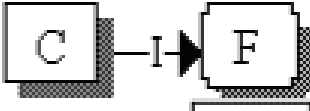



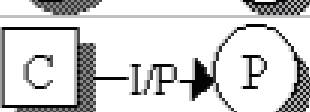

<p>Le lien d'instanciation (I) relie une connaissance abstraite à un fait.</p>	
<p>Le lien de composition (C) relie une connaissance à l'une de ses composantes ou de ses parties constitutives.</p>	
<p>Le lien de spécialisation (S) met en relation "une-sorte-de", deux connaissances abstraites de même type.</p>	
<p>Le lien de précédence (P) relie deux procédures ou principes ordonnées dans le temps</p>	
<p>Le lien intrant-produit (I/P) relie un concept et une procédure.</p>	
<p>Le lien de régulation (R) s'utilise d'un principe vers une autre connaissance abstraite.</p>	

Tableau 2. Formalismes MOT de types de liens entre types de connaissances

3.3.2. Formalisation IHM du processus de transposition informatique

La transposition informatique, est ici modélisée avec l'éditeur *MOT* comme un processus de transformation de la connaissance à enseigner, en connaissance implémentée sous contrainte des formalismes interne (codage) et externe (représentation graphique) du langage de programmation. Celle-ci est composée de modalités d'interaction via lesquelles l'utilisateur va pouvoir interagir à l'interface écran du logiciel. Ces modalités sont, soit de type actionnel (exemple : sélection, déplacement, rotation...), soit de type visuel. Ce dernier étant au minimum doté d'une représentation graphique statique et au mieux doué d'un comportement dynamique porteur du sens de la connaissance manipulée à l'interface du dispositif.

3.4. Modèle IHM de l'univers d'un utilisateur de dispositif informatique

Si le concept de transposition informatique souligne l'influence des contraintes de codage informatique des connaissances sur la transformation de leur sens, il ne permet pas de questionner avec complétude l'interdépendance des connaissances et de leur support matériel de formalisation. En didactique des disciplines, l'étude de l'influence de la représentation externe a été amorcée [LabordeCapponi94], elle n'a pas produit, à notre connaissance, d'outils conceptuels spécifiques de la didactique qui nous permettent de préciser cette interdépendance. C'est l'approche IHM de modélisation de l'univers d'un utilisateur qui nous permet d'approfondir l'hypothèse de réactivité de l'interface d'un dispositif informatique avec un utilisateur.

Nous l'avons investi par un travail antérieur de définition et de caractérisation des interfaces IHM [Caelen96]. Pour modéliser le caractère multiforme d'une interface H/M, J.Caelen s'appuie sur les éléments suivants : l'usager, les univers de l'usager et son environnement (ensemble d'univers). Parmi les univers d'usager, il définit l'univers artificiel, l'univers réel proche et l'univers réel lointain. Cette modélisation oppose les qualificatifs artificiel et réel des univers utilisateurs. Artificiel qualifie ce qui est produit par une technique et non par la nature, et réel ce qui existe réellement. L'univers artificiel U_a est l'ensemble des objets partagés de l'espace de travail et représentés dans la machine. L'univers réel proche U_{r_p} est l'ensemble des objets du monde réel de l'utilisateur. L'univers lointain proche U_{l_p} est l'ensemble des objets du monde réel éloignés de l'utilisateur et rendus perceptibles ou artificiellement perceptibles par la machine. Sa définition de l'environnement utilisateur tient en cette égalité : $E_H = U_a + U_{r_l} + U_{r_p}$.

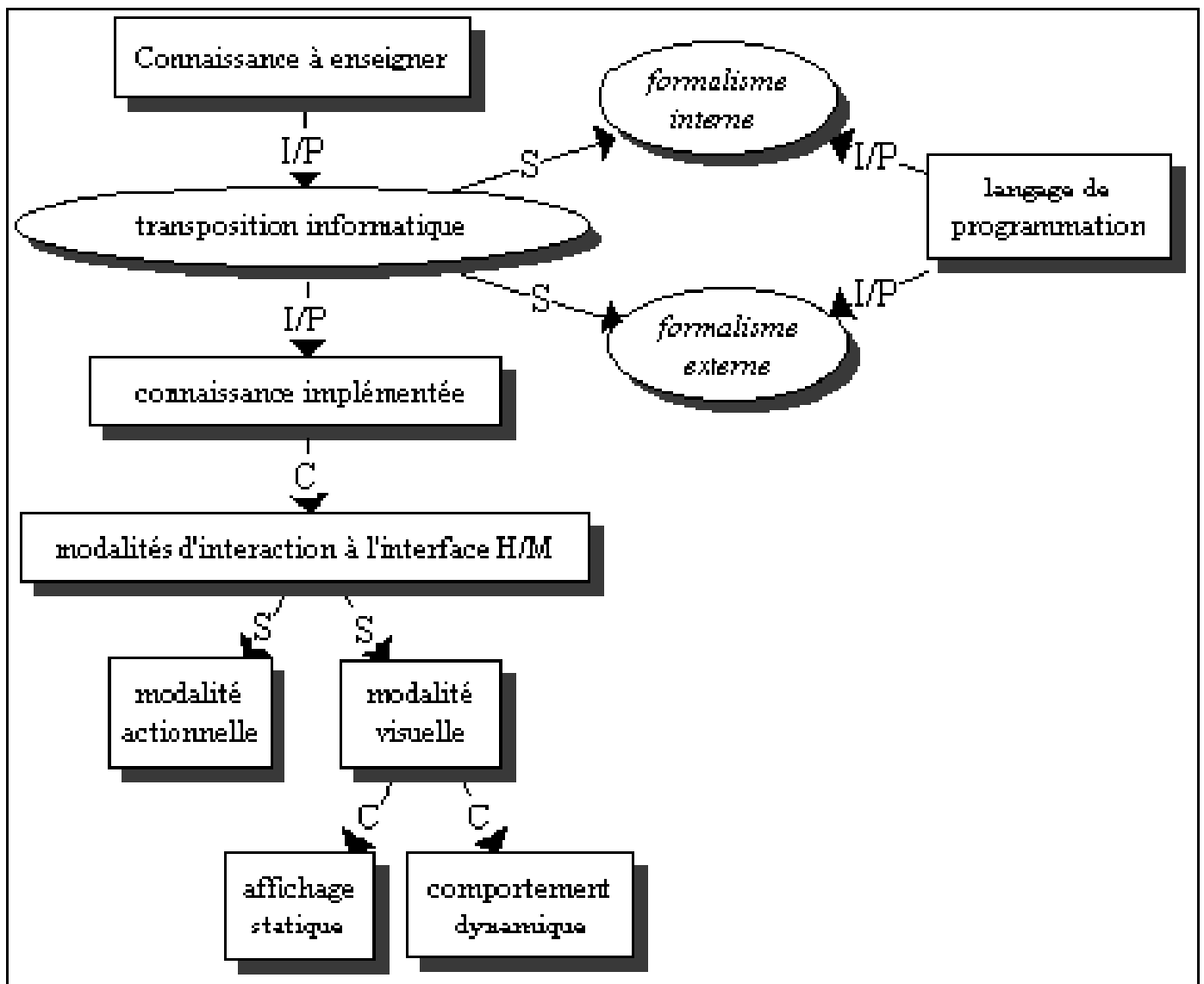


Figure 3 : Modélisation MOT de la transposition informatique

4. Modélisation des pratiques expérimentales d'ID2IS observées

Avant l'établissement d'une communication entre l'élève et l'enseignant, les deux acteurs travaillent de manière autonome sur leur machine. Quand un élève sollicite un enseignant à distance, l'ID²IS s'initialise avec l'activation de canaux d'audio et visiocommunication. Elle se stabilise en quelques secondes avec l'activation de la fonctionnalité de partage d'applications sur les exécutables de la machine élève. Dans cette configuration initiale de la communication H/M/H, l'élève montre son travail à l'enseignant tout en interagissant avec les applications installées sur sa machine via sa souris et son clavier. Du côté enseignant, les médias capteurs, souris et clavier, changent d'état. Le clavier est inhibé et un clique de souris de l'enseignant dans une des fenêtres d'applications partagées lui permet de prendre le contrôle de l'interaction sur le poste élève. Pour ces deux configurations de la communication H/M/H, les modes de communication bidirectionnels (simultanéité temporelle) sont l'audio et la visiocommunication.

4.1. Organisation séquentielle des pratiques de l'ID²IS

Le contexte institutionnel et social d'usage du dispositif d'ID²IS conditionne une organisation séquentielle de l'interaction didactique en trois phases.

– **Une phase autonome d'apprentissage** : elle est antérieure à la visio-interaction avec l'enseignant. L'apprenant utilise les applications, traitement de texte et *Cabri-géomètre*, disponibles sur son ordinateur pour résoudre un problème de géométrie. L'apprenant et l'enseignant peuvent dans cette phase communiquer de manière asynchrone (courriel, envoi de fichiers) pour organiser le temps pédagogique à longue échéance (gestion des objectifs d'apprentissage d'un trimestre, énoncé de problèmes accompagnés de consignes personnalisées de résolution).

– **Une phase de diagnostic coopératif** : quand l'apprenant rencontre une difficulté de résolution ou s'il désire avoir une évaluation de l'enseignant sur son travail en cours, il peut appeler l'enseignant via la visio-communication. Une phase de télépréceptorat s'engage alors. L'objet de cette phase est d'établir de manière coopérative un diagnostic des difficultés de l'apprenant. Pour permettre ce diagnostic, ils décident de partager les applications (*Cabri-géomètre* et site web de géométrie) en un espace de travail commun. Ils se voient, se parlent et ont les mêmes possibilités d'actions sur les applications qu'ils ont choisies de partager pour aboutir à un premier niveau de diagnostic. Le diagnostic est coopératif au sens où les deux acteurs de l'ID²IS assurent des tâches différentes participant à la finalité de diagnostic. L'enseignant questionne l'apprenant et manipule la construction géométrique de l'apprenant qui commente oralement sa construction à l'enseignant.

- **Une phase d'interaction H/M collaborative** : l'apprenant et l'enseignant s'engagent dans une manipulation des objets présents à l'interface des applications partagées. Cette phase d'interaction est supportée par une communication synchrone dont les faits partageables sont, soit des faits présents qui se produisent dans l'interaction temps réel apprenant/enseignant, soit des faits passés produits par l'apprenant dans une phase antérieure à l'interaction synchrone. L'apprenant attend de cette phase une aide effective de l'enseignant pour surmonter ses difficultés. Cette phase d'interaction H/M est collaborative au sens où les deux acteurs assurent des tâches identiques de manipulation de la construction géométrique (sélection, déplacement, effacement, création d'objets géométriques) à l'interface du dispositif.

4.2. Modélisation des pratiques de diagnostic coopératif de l'ID²IS

Pour illustrer les différents phases d'interaction en temps réel de l'ID²IS, nous présentons, ci-après, les transcriptions de deux protocoles d'interactions didactiques motivées par des intentions différentes de l'enseignant : d'une part, poser un diagnostic des difficultés de l'apprenant, et d'autre part, remédier à ses difficultés en coopérant avec lui dans l'interaction avec le milieu didactique informatisé.

4.2.1. Pratiques de diagnostic coopératif observées

L'extrait de protocole, étudié ici, est représentatif d'une pratique de diagnostic réitérée par plusieurs dyades enseignant/apprenant lors des expérimentations. Nous avons organisé la transcription des protocoles en trois colonnes. Dans la première et la deuxième colonne figurent respectivement, les modalités visuelles et actionnelles de l'univers artificiel partagé en temps réel par l'enseignant et l'apprenant, les modalités verbales du même univers. La troisième colonne montre les modalités visuelles et actionnelles de l'univers artificiel passé de l'apprenant pour faciliter l'interprétation de l'ID²IS par le lecteur. Ainsi, les copies d'écran de cette troisième colonne ne sont pas partagées en temps réel par les deux acteurs de l'ID²IS.

Dans cet extrait, l'apprenant vient d'appeler l'enseignant. Il lui permet de visualiser l'énoncé de l'exercice 9 en partageant l'application *web de géométrie* qui comporte une base d'exercices et dont cet exercice fait partie. Après avoir lu l'énoncé et visualisé la figure de géométrie construite par l'apprenant dans le micromonde pour résoudre l'exercice, l'enseignant interroge l'apprenant pour savoir comment celui-ci a abouti à cet état actuel de la construction.

Pour amorcer une interprétation de l'ID²IS en référence au modèle IHM d'univers utilisateur décrit au paragraphe 3.4., nous commentons dans le paragraphe suivant les quatre étapes du protocole A.



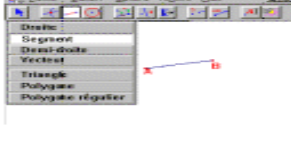
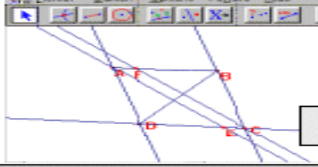
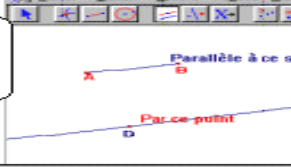
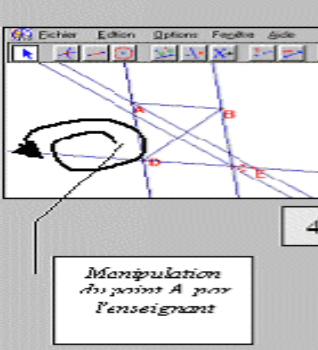
Modalités visuelles et actionnelles de l'univers artificiel partagé en temps réel	Modalités orales de l'univers artificiel partagé en temps réel	Modalités visuelles et actionnelles de l'univers artificiel antérieur de l'apprenant
Exercice 9 ABCD est un parallélogramme. La perpendiculaire à (BD) passant par A coupe (DC) en E et la perpendiculaire à (BD) passant par C coupe (AB) en F. Démontrer que le quadrilatère FCEA est un parallélogramme.		
	<p>1</p> <p>Prof: "tu l'as construit comment ce parallélogramme ?"</p> <p>Elève: "ben avec les côtés parallèles."</p> <p>Prof: "C'est à dire tu es partie de quoi ? Tu as commencé par A B C ?"</p>	
	<p>2</p> <p>Elève: "AB, AB. Heu j'ai fait AB puis j'ai fait, heu ... ses parallèles."</p>	
	<p>3</p> <p>Prof: "Oui mais le point D tu, c'est toi qui l'a construit ? Attends, je te peux toucher un petit peu la figure ?"</p> <p>Elève: "Duais..."</p>	
 <p data-bbox="359 1288 566 1366"><i>Manipulation du point A par l'enseignant</i></p>	<p>4</p> <p>Prof: " Je prends le point A, je le tire un petit peu pour voir hein ! ... Tu as vu dans le texte, il y a des parenthèses autour de DC."</p> <p>Elève: "Ouais mais c'est un détail ça !"</p> <p>Prof: " Hé crois tu !... Tu as le droit de dire que c'est un détail mais j'ai le droit de pas être d'accord hein ? ... Alors attends j'vais essayer d'arranger la figure ... Je cherche ce fameux point F je le trouve pas."</p> <p>Elève: "...vous l'avez effacé je pense"</p> <p>Prof: " Non je l'ai pas effacé,.... Voilà ! C'est que ta figure ... elle n'est pas correcte ... alors tu devrais construire la droite (AB) ... redéfinir le point F sur la droite (AB) au lieu du segment [AB] "</p>	

Figure 4 : Protocole A

4.2.2. Analyse des pratiques de diagnostic coopératif observées

Etape 1 : l'ID²IS s'amorce avec le partage de l'univers artificiel de l'apprenant qui a pour intention de permettre à l'enseignant de voir son travail. Cette intention s'interprète sous l'angle de notre modélisation, en une volonté de l'apprenant de rendre perceptibles à l'enseignant les modalités visuelles représentatives de son travail. Ces modalités participent du milieu didactique informatisé au même titre que celles représentant l'énoncé de l'exercice. Plus précisément, ces modalités visuelles correspondent, d'une part, à la représentation textuelle de l'énoncé de l'exercice, d'autre part, à la représentation graphique de la figure géométrique construite par l'apprenant lors de sa phase d'apprentissage autonome. L'enseignant interroge ensuite l'apprenant pour connaître les étapes antérieures de sa construction. Les modalités visuelles de l'univers artificiel qu'il partage en temps réel avec l'apprenant ne lui permettent que de faire des suppositions quant à la procédure complète de construction conduite par l'apprenant.

Etape 2 : l'apprenant communique verbalement à l'enseignant la procédure de construction qu'il a activée ultérieurement. A cette étape, celle-ci montre que l'apprenant avait antérieurement activé la troisième icône graphique pour visualiser le menu déroulant des objets géométriques constructibles sous Cabri-géomètre et

activé la commande de construction d'un segment [AB]. Pour répondre à la question de l'enseignant, il est donc amené à transposer verbalement les modalités visuelles et actionnelles de son interaction passée avec le milieu didactique informatisé en modalités orales adressées à l'enseignant.

Etape 3 : l'enseignant poursuit son investigation pour compléter ses premières hypothèses de construction de la figure géométrique par l'apprenant. Cette fois, il demande à l'apprenant l'autorisation d'interagir directement sur la figure qu'il a construite au lieu de continuer à questionner l'apprenant et d'attendre que celui-ci lui commente oralement le déroulement de sa construction passée. Compte tenu du grand nombre d'étapes de la construction, nous faisons l'hypothèse que ce changement de stratégie d'explicitation de l'univers artificiel passé de l'apprenant est initié par l'enseignant pour réduire sa charge cognitive. Comme pour l'étape 2, nous avons fait figurer les modalités visuelles et actionnelles passées de l'univers artificiel de l'apprenant dans la troisième colonne du tableau pour faciliter l'interprétation du lecteur. Elles montrent que l'apprenant avait antérieurement activé la cinquième icône graphique pour construire une droite parallèle au segment [AB] et passant par le point D.

Etape 4 : avec l'accord de l'apprenant, l'enseignant s'engage dans une interaction directe avec la figure représentative de la construction. Simultanément, il verbalise, à l'intention de l'apprenant, une modalité textuelle (parenthèse autour de DC) perçue à l'interface de l'énoncé de l'exercice. Il l'invite ainsi à confronter sa construction aux données de l'énoncé. La répartition de l'apprenant à cette invitation lui apprend que celui-ci a négligé cette modalité visuelle. L'enseignant souligne cette omission en exprimant vivement le droit légitime pour chacun d'interpréter différemment un même fait. Un fait est ici considéré comme une modalité générique pouvant se spécialiser (au sens de *MOT*) soit en modalité visuelle, soit en modalité verbale, soit en modalité actionnelle. La modalité visuelle en jeu ici est le couple de parenthèses qui formalise l'objet géométrique droite. Cette différence d'interprétation se traduit dans notre modélisation en considérant une asymétrie de perception/inférence d'une modalité visuelle par les deux acteurs de l'ID²IS. Elle traduit la distinction des profils cognitifs de l'apprenant et de l'enseignant. L'asymétrie de perception constatée dans le présent protocole consiste en une opposition de perception, un fait pouvant être perçu par l'enseignant et non perçu par l'apprenant. En tant que didacticien, nous supposons que cette distinction est consécutive à la mobilisation par l'enseignant d'une conception complète et stable de la connaissance "droite" alors que l'apprenant en a une conception non encore stabilisée. Ainsi, peut-il, tantôt inférer la modalité visuelle "(DC)" en construisant la représentation graphique d'une droite DC (conception valide), tantôt inférer la modalité visuelle "(AB)" en construisant la représentation graphique d'un segment AB (conception erronée). A cette étape 4, l'apprenant n'a pas eu l'intention d'inférer le formalisme textuel "*parenthèse*".

Dans la suite du déroulement de l'étape 4, l'enseignant communique verbalement à l'apprenant son intention de chercher ce fameux point F. Il qualifie ce point de fameux dans la mesure où son comportement dynamique n'est pas conforme à celui qu'il présageait. L'enseignant s'avère en quête de faits qui puissent confirmer l'hypothèse initiale qu'il s'est faite à propos de la construction engagée par l'apprenant. De son côté, l'apprenant communique verbalement son hypothèse à l'enseignant : "*...vous l'avez effacé, je pense*". Cela montre qu'il n'a pas perçu l'écart de comportement dynamique du point F diagnostiqué par l'enseignant. Ce dernier procède à un déplacement concentrique du point A qui lui permet d'interpréter cet écart. A cet instant, il a lié les multiples inférences de faits consécutives à son interaction directe avec le milieu didactique informatisé et peut exprimer un diagnostic : "*Voilà ! C'est que ta figure... elle n'est pas correcte...*". A ce stade de la modélisation de l'ID²IS, rappelons que les inférences de l'enseignant se sont construites dans une situation d'interaction directe avec le milieu didactique informatisé et à partir de son profil cognitif. Ce dernier est fixé par ses connaissances de la discipline (la géométrie) et du logiciel avec lequel il interagit (le micromonde de géométrie).

Par la suite, l'enseignant invite l'apprenant à interagir avec le milieu didactique selon des étapes qu'il propose. A ce stade de l'ID²IS, la phase de diagnostic est achevée, nous étudions dans le paragraphe suivant le type de régulation de l'ID²IS conduit par l'enseignant dans le but de remédier aux difficultés de l'apprenant.

4.3. Modélisation de l'environnement d'un acteur de l'ID²IS induite par les pratiques de diagnostic coopératif

A l'issue de l'analyse précédente, à savoir, celle d'une pratique représentative du diagnostic coopératif, nous synthétisons les premières propriétés de l'ID²IS.

Cette analyse met en évidence deux propriétés de l'ID²IS : l'activation de faits passés d'interaction de l'apprenant avec le milieu didactique et l'asymétrie de perception et d'inférence des deux acteurs de l'ID²IS.

4.3.1. Etape de modélisation induite par le processus d'activation de faits passés

La réactualisation, engagée coopérativement par les deux acteurs, nous conduit à considérer la succession d'actions et de rétroactions, effectuée par l'élève à l'interface du milieu didactique lors de la phase d'apprentissage autonome, comme constitutive du processus de construction du sens d'une connaissance.

L'asymétrie de perception/inférence, révélée par la non inférence par l'apprenant d'un fait perçu et inféré par l'enseignant, nous amène à modéliser des faits inclus dans l'univers artificiel de l'apprenant. Ces faits sont potentiellement perceptibles et inférables mais ne sont pas forcément perçus et inférables par l'apprenant.

Nous avons intégré le processus de réactualisation d'un fait dans la modélisation de l'ID²IS. Pour ce faire, nous avons utilisé les concepts de virtuel et d'actuel mobilisés dans des travaux [Bachimont96] axés sur la réactivité du support informatique. B.Bachimont distingue la **raison graphique** contextualisée au support papier, de la **raison computationnelle** supportée par l'outil informatique. Il propose ainsi de différencier un fait virtuel d'un fait actuel comme suit : « Un mode inactuel de la présence : le virtuel, c'est ce qui est là, avec nous ou devant nous, mais qui n'est pas actuel, qui ne possède pas d'effectivité dans la réalité. » Ainsi lorsque l'enseignant propose à l'élève d'interagir directement avec sa construction géométrique en sélectionnant et en déplaçant des objets géométriques pour distinguer les comportements dynamiques valides de ceux non valides de ces objets, il procède à une actualisation de modalité virtuelle. Cette actualisation le renseigne sur le sens des objets géométriques construits par l'apprenant. La pertinence épistémique de cette actualisation est d'autant plus probante que la spécificité de *Cabri-géomètre* est de contraindre le comportement de dynamique des objets géométriques en cohérence avec les propriétés euclidiennes des connaissances qu'ils représentent graphiquement.

L'icône graphique d'un objet géométrique est une modalité visuelle présente à l'interface H/M, mais son icône demeure virtuelle tant qu'un acteur de l'ID²IS ne l'actualise pas en la manipulant par une action (production de modalité actionnelle). Considérer la réactivité du support informatique revient à avancer que l'outil technique est porteur de sens. Nous partageons cette hypothèse : manipuler une connaissance via sa représentation graphique et dynamique à l'écran participe au processus de construction du sens de cette connaissance.

Ainsi, nous proposons la définition suivante de **l'univers artificiel de l'apprenant** en situation d'ID²IS :

Il se compose de deux univers : l'univers virtuel U_V et l'univers actuel U_A . Soit $U_a = U_V + U_A$.

L'univers virtuel U_V est l'ensemble des objets virtuels de connaissance représentés dans la machine. L'univers actuel U_A est l'ensemble des connaissances actualisées par une interaction d'un des acteurs de l'ID²IS sur des éléments de U_V . Réinvestissant la démarche de modélisation de J.Caelen [Caelen96], décrit au paragraphe 3.4., en la contextualisant à l'ID²IS et en l'enrichissant de faits saillants de l'analyse de la phase de diagnostic, nous proposons la modélisation suivante de **l'environnement apprenant** :

$$E_A = U_V + U_A + U_{r1} + U_{rp}$$

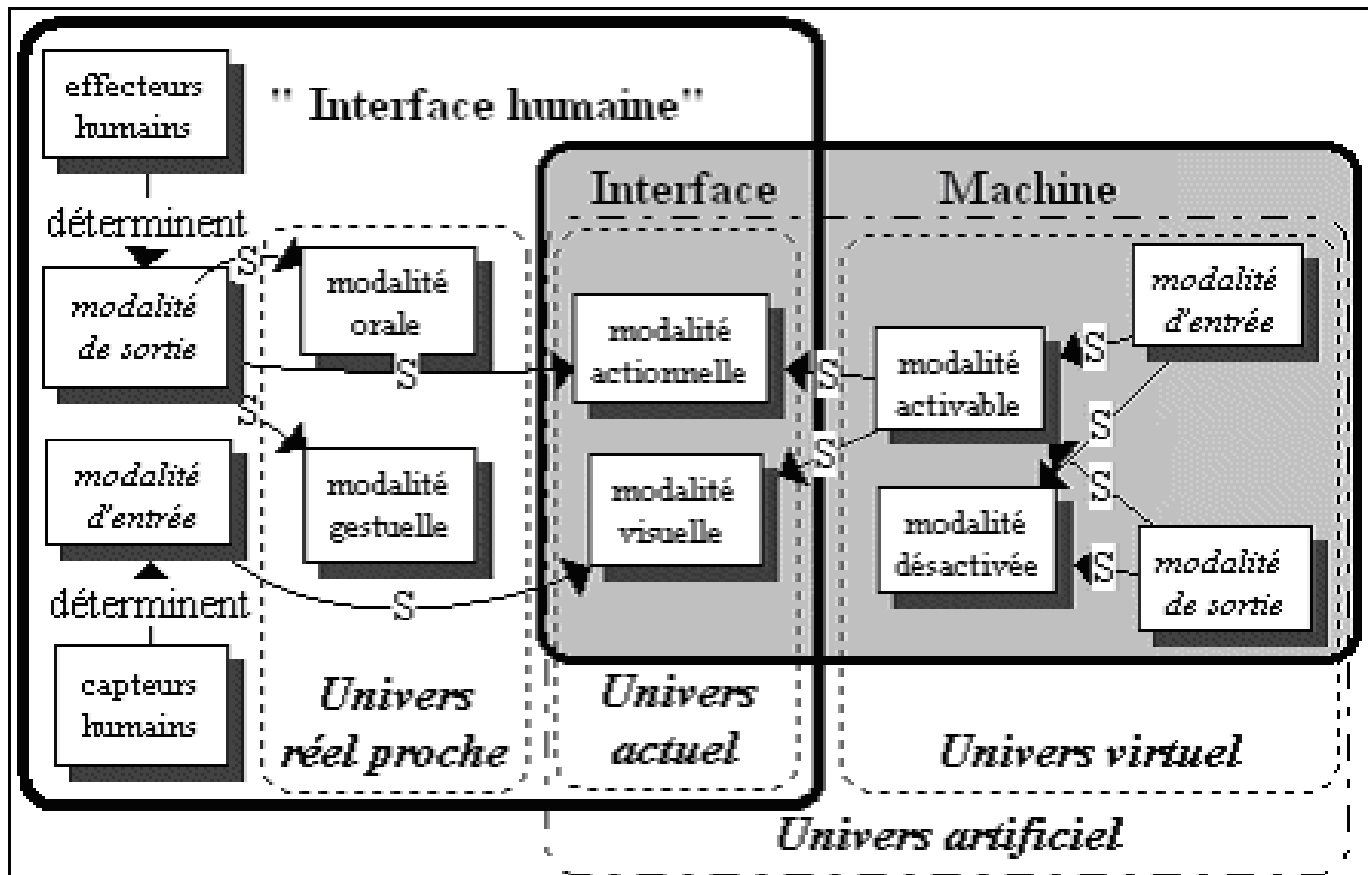


Figure 5 : Environnement apprenant dans le contexte de l'ID²IS

4.3.2. Etape de modélisation induite par l'asymétrie de perception/inférence des deux acteurs de l'ID²IS.

Pour modéliser cette asymétrie de capacité de perception et d'inférence des acteurs qui se révèle dans l'instantanéité de l'ID²IS, nous avons exploré les travaux issus du champ CSCW axés sur l'étude des conditions de prise de décision collaborative en temps réel. Comme nous l'avons évoqué dans le paragraphe 2 (Fondements théoriques et méthodologiques de notre modélisation de l'ID²IS), nous avons retrouvé dans l'ID²IS une dimension de pilotage en temps réel similaire à celle qui singularise la prise de décision en temps réel appliquée au domaine du contrôle aérien.

Dans le cas de l'ID²IS, ce pilotage consiste en une régulation multimodale en temps réel de l'interaction apprentissage/milieu didactique informatisé qui a fait l'objet d'un travail précédent Masseux00. Notre but est ici d'intégrer cette complexité du temps réel.

Dans le cadre du développement d'un modèle inférentiel de la communication, Sperber [Sperber89] considère qu'un fait est manifeste pour un individu quand celui-ci est capable d'en construire une représentation et d'accepter cette représentation comme vraie ou probablement vraie [SperberWilson89]. Un fait manifeste pour un individu est un fait qui a la caractéristique d'être perceptible et inférable par cet individu.

Ainsi, si nous revenons à la modalité visuelle "[DC]" de l'énoncé de l'exercice (modalité considérée comme un fait non perçu et non inféré par l'apprenant contrairement à l'enseignant), nous traduisons l'asymétrie de perception et d'inférence des deux acteurs de l'ID²IS comme suit :

A l'instant t_4 (correspondant à l'étape 4 du protocole A), la modalité visuelle "[DC]" est un fait non manifeste pour l'apprenant et un fait manifeste pour l'enseignant. Nous accompagnons cette proposition d'une hypothèse : cette modalité visuelle n'a pas été manifeste pour l'apprenant aux instants antérieurs à l'instant t_4 . Cet instant est

pour l'enseignant révélateur de la non *manifesteté* de ce fait pour l'apprenant. L'asymétrie étudiée peut être qualifiée d'asymétrie de *manifesteté* pour les deux acteurs de l'ID²IS. L'apprentissage est un processus dynamique que l'enseignant diagnostique, en validant ou invalidant, la propriété *manifeste* d'un fait pour l'apprenant à l'instant t_i de l'ID²IS. Ce type de validation est un des outils de diagnostic mis en œuvre par l'enseignant dans l'ID²IS, nous verrons dans le paragraphe suivant qu'il n'est pas exclusif.

Intégrer la notion de *manifesteté* dans notre modélisation de l'ID²IS, nous conduit à préciser notre modèle. Nous distinguons alors dans l'univers virtuel U_V (ensemble des objets virtuels de connaissance représentés dans la machine), les objets virtuels manifestes des objets virtuels non manifestes pour un individu à un instant "t" de l'ID²IS. Par suite, l'univers actuel U_A qui est l'ensemble des connaissances actualisées correspond à l'ensemble des faits devenus manifestes (l'actualisation d'un fait consistant en la transformation d'un fait non manifeste en un fait manifeste par un individu).

Ainsi, nous avons :

$$E_A(t) = U_V(t) + U_A(t) + U_{r1}(t) + U_{rp}(t),$$

tel que :

$$U_{\text{virtuel}}(t) = M_{\text{NM}}(t) \text{ avec } M_{\text{NM}}(t) : \text{modalité non manifeste à l'instant } t,$$

et

$$U_{\text{actuel}}(t) = M_M(t) \text{ avec } M_M(t) : \text{modalité manifeste à l'instant } t.$$

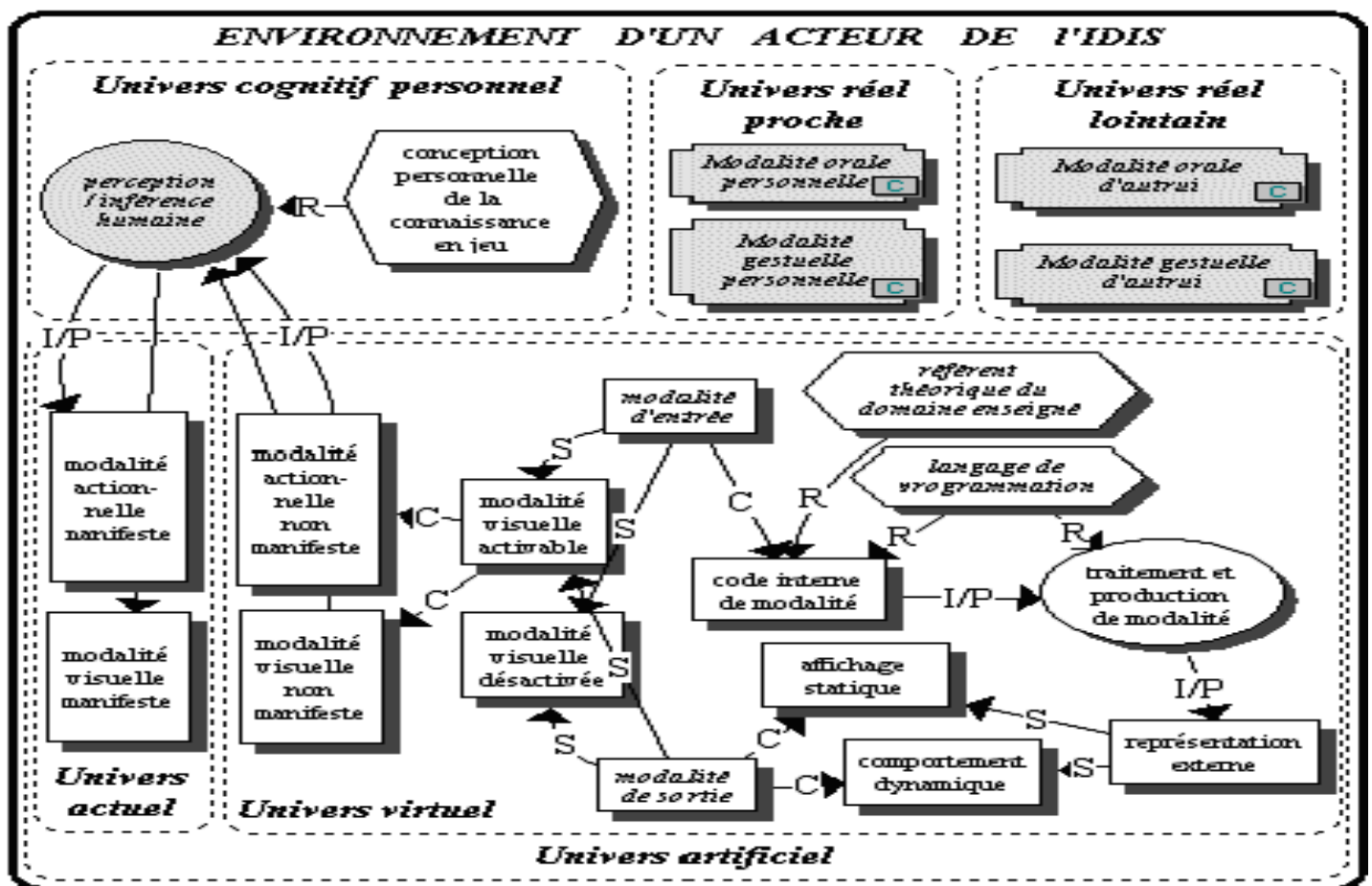


Figure 6 : Modèle de l'environnement d'un acteur de l'ID²IS

5. Modélisation de l'univers partagé dans l'ID²IS

Lors les étapes précédentes de modélisation, notre but était de modéliser l'environnement d'un acteur de l'ID²IS. À cette étape de la modélisation, notre objectif est de modéliser les environnements des deux acteurs et leur intersection en terme d'environnement partagé. Comme précédemment, les environnements des acteurs sont modélisés à partir de faits (modalité visuelle, actionnelle, orale, gestuelle) et de processus de traitement de faits (production, inférence). L'environnement partagé par l'enseignant et l'apprenant sera déduit de l'intersection de leurs univers actuels respectifs. Cet environnement partagé ne figure pas sur le modèle générique dans la mesure où il est instancié de manière dynamique à chaque étape du processus étudié. Nous le précisons dans le paragraphe suivant.

5.1. Modèle générique de l'ID²IS avec partage d'environnement

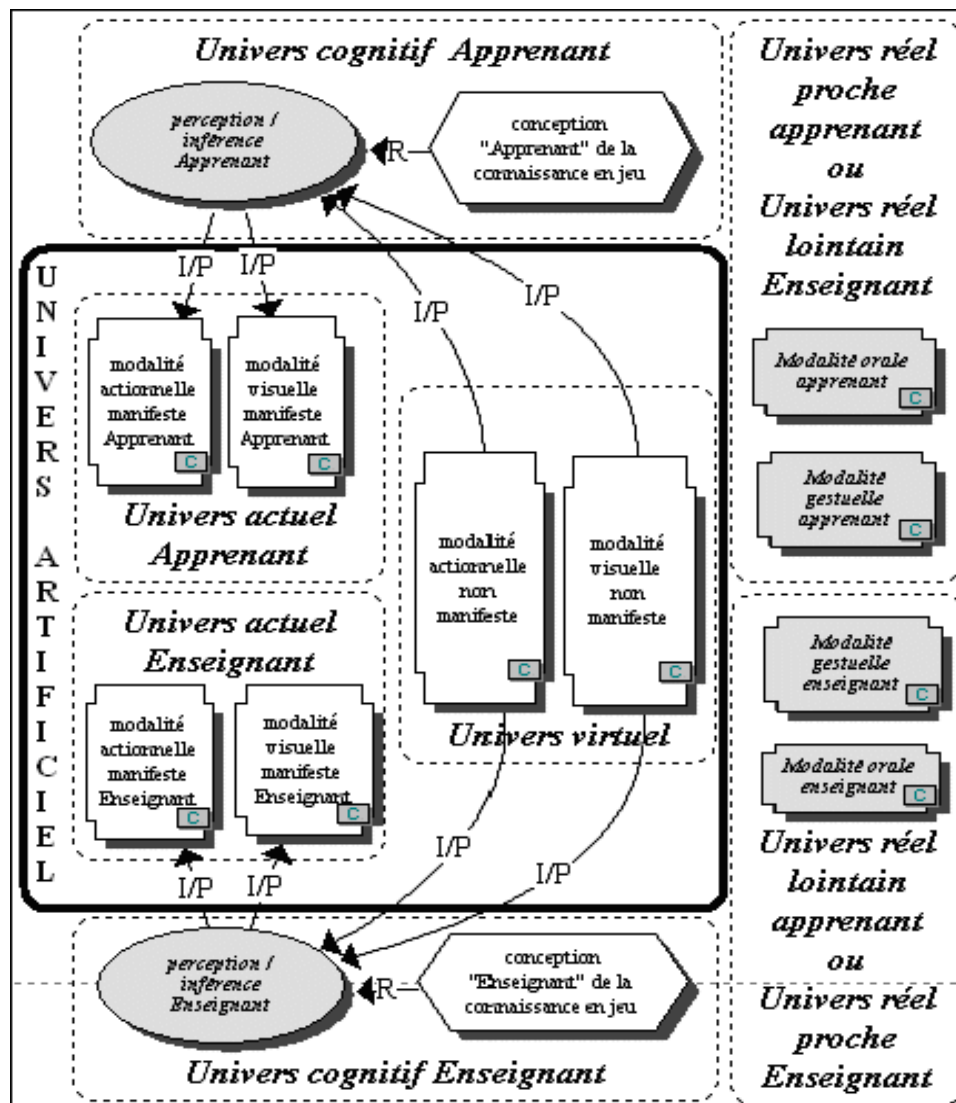


Figure 7 : Modèle générique de l'ID²IS avec partage d'environnements

Pour modéliser chacune des étapes de la phase de diagnostic, nous avons choisi de centrer la formalisation MOT de notre modèle sur les univers actuels et les univers réels. Ce choix s'est imposé en considérant que la complexité du temps réel de l'ID²IS, étudiée à ce stade de la modélisation, se joue dans le processus d'actualisation et dans celui de communication orale entre l'enseignant et l'apprenant distants. De plus, représenter la totalité du modèle à chaque étape de la modélisation aurait surchargé les schémas et rendu leur

interprétation moins aisée. Néanmoins, il va s'en dire que l'instanciation de cette partie de modèle pour chaque étape du processus de diagnostic s'intègre dans le modèle générique de l'ID²IS représenté [figure 7](#).

Nous définissons l'univers partagé de l'ID²IS comme l'intersection des univers actuels respectifs de l'enseignant et de l'apprenant. Cette intersection est constituée des recouvrements de sens portés par les représentations respectives de modalités virtuelles identiques. Modéliser ainsi l'univers partagé revient à considérer le caractère implicite du sens qui se construit au fil des interactions successives de l'apprenant avec le milieu didactique informatisé. Pour accéder à ce sens, l'enseignant tend à actualiser les interactions de l'apprenant avec la machine en les rejouant, c'est-à-dire en les mimant par interaction directe avec la machine. Le chercheur qui observe et analyse l'ID²IS est un peu mieux placé que l'enseignant pour accéder à l'explicitation de ce sens : il rejoue également des interactions utilisateurs/machine, mais autant de fois qu'il le juge nécessaire et sans contrainte d'inférence en temps réel.

5.2. Notations utilisées pour modéliser l'univers partagé de l'ID²IS

Nous résumons dans le tableau, ci-dessous, les notations utilisées dans notre modélisation de l'univers partagé.

MAMA	Modalité Actionnelle Manifeste pour l'Apprenant
MVMA	Modalité Visuelle Manifeste pour l'Apprenant
MAME	Modalité Actionnelle Manifeste pour l'Enseignant
MVME	Modalité Visuelle Manifeste pour l'Enseignant
URPA	Univers Réel Proche de l'Apprenant
URLE	Univers Réel Lointain de l'Enseignant
URLA	Univers Réel Lointain de l'Apprenant
URPE	Univers Réel Proche de l'Enseignant
MOE _i	Modalité Orale de l'enseignant à l'instant i
MOA _i	Modalité Orale de l'apprenant à l'instant i
RA(...)	Représentation de l'Apprenant à propos d'une modalité de l'univers
RE(...)	Représentation de l'Enseignant à propos d'une modalité de l'univers

Tableau 3 : Notations du modèle de l'ID²IS

Nous entendons ici par représentation d'un acteur à propos d'une modalité de l'univers virtuel, ce qu'il en a perçu et inféré relativement à son univers cognitif propre.

5.3. Instanciation du modèle générique de l'ID²IS pour la phase de diagnostic

5.3.1. Modélisation de l'étape 1 de la phase de diagnostic

Au début de cette étape, l'apprenant vient de partager l'énoncé de l'exercice qu'il résout ainsi que la figure géométrique ([figure 1](#)) à laquelle il a abouti après avoir activé successivement, l'ensemble des commandes lui permettant de créer les objets géométriques constitutifs de sa figure. Son univers actuel est constitué, d'une part, des modalités visuelles qui lui sont manifestes (MVMA) à savoir : sa représentation de l'énoncé (RA - énoncé exercice 9) et celle de sa figure géométrique (RA - [figure 1](#)) et d'autre part, des modalités actionnelles qui lui sont manifestes (MAMA) à savoir : les commandes activées lors de sa construction géométrique (RA - commandes [figure 1](#)).

A cette même étape, l'enseignant lit l'énoncé de l'exercice et perçoit la figure géométrique ([figure 1](#)) construite par l'apprenant. A cet instant, l'univers actuel de l'enseignant est constitué exclusivement d'une modalité visuelle qui lui est manifeste (MVME) : sa représentation de l'énoncé. N'ayant pas encore interagit via la

souris et le clavier avec cette figure, son univers actuel ne contient aucune modalité actionnelle manifeste (MAME = \emptyset).

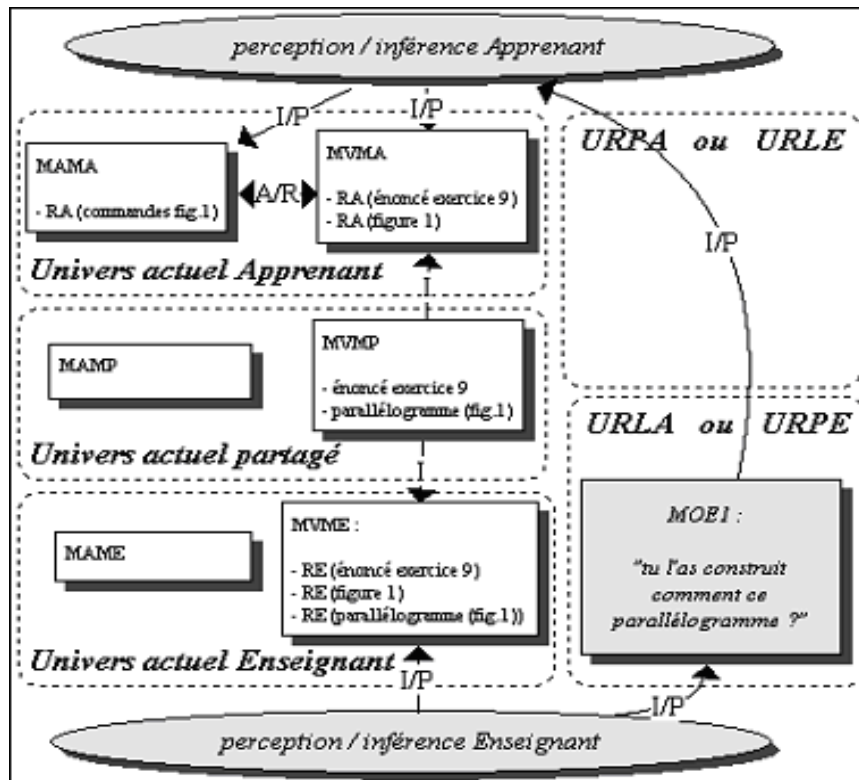


Figure 8 : Instanciation du modèle (étape 1 de la phase de diagnostic)

Presque immédiatement après, l'enseignant demande à l'apprenant comment celui-ci a construit le parallélogramme qu'il perçoit sur sa figure. Cette expression orale adressée à l'apprenant est modélisée en une première modalité orale de l'enseignant (MOE1) constitutive de l'univers réel proche de l'enseignant (URPE) correspondant à l'univers réel lointain de l'apprenant (URLA). L'existence de cette modalité orale montre que l'enseignant a perçu et inféré le parallélogramme visible sur la figure construite par l'apprenant. Le type interrogatif de son expression nous montre que l'enseignant ne sait pas comment l'apprenant a procédé pour construire ce parallélogramme. A cet instant, l'ensemble des modalités visuelles manifestes pour l'enseignant se précise : il comprend l'objet parallélogramme de la figure 1. L'ensemble de ses modalités actionnelles reste vide. Dans cette étape 1, l'univers actuel partagé est exclusivement constitué des recouvrements de sens portés par les représentations respectives des modalités virtuelles identiques, à savoir : l'énoncé de l'exercice 9 et le parallélogramme de la figure 1.

5.3.2. Modélisation de l'étape 2 de la phase de diagnostic

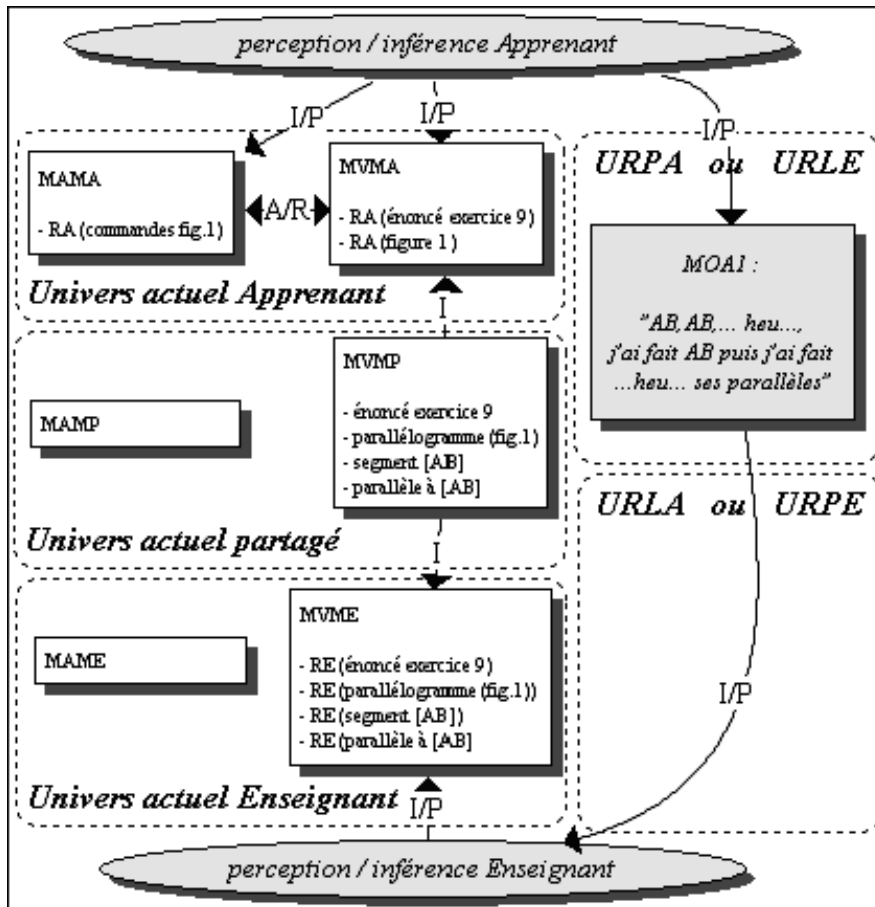


Figure 9 : Instanciation du modèle (étape 2 de la phase de diagnostic)

5.3.3. Modélisation de l'étape 3 de la phase de diagnostic

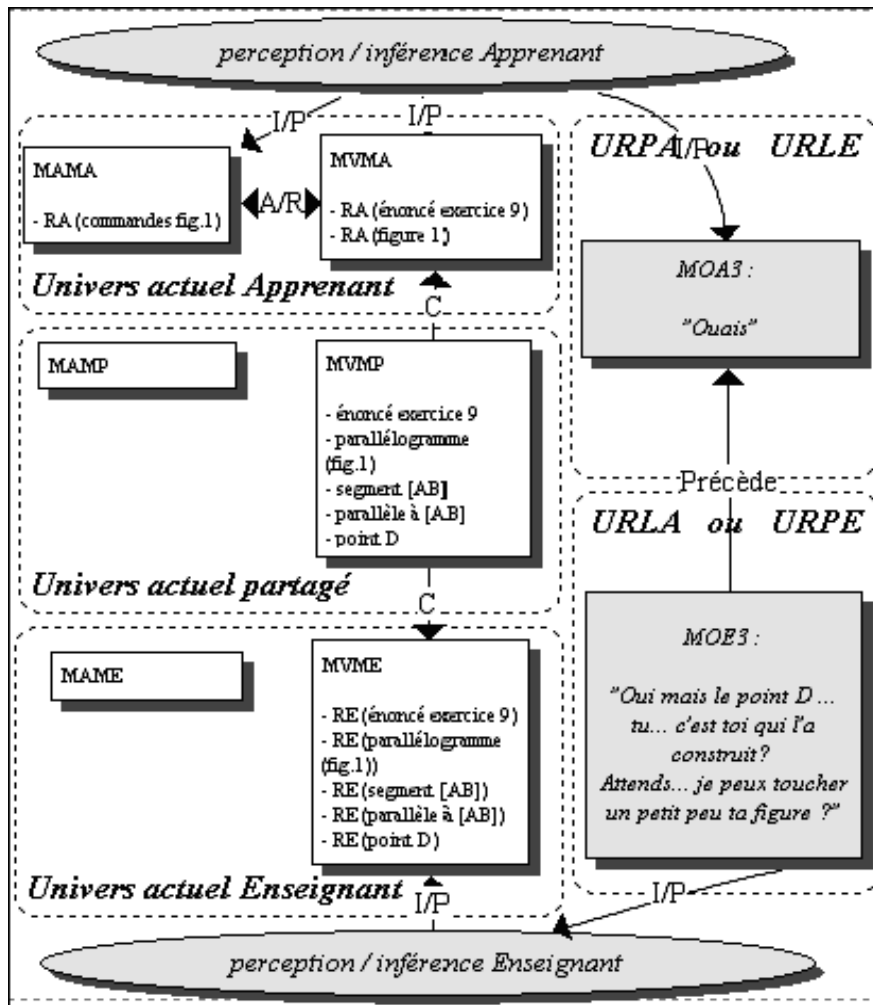


Figure 10 : Instanciation du modèle (étape 3 de la phase de diagnostic)

5.3.4. Modélisation de l'étape 4 de la phase de diagnostic

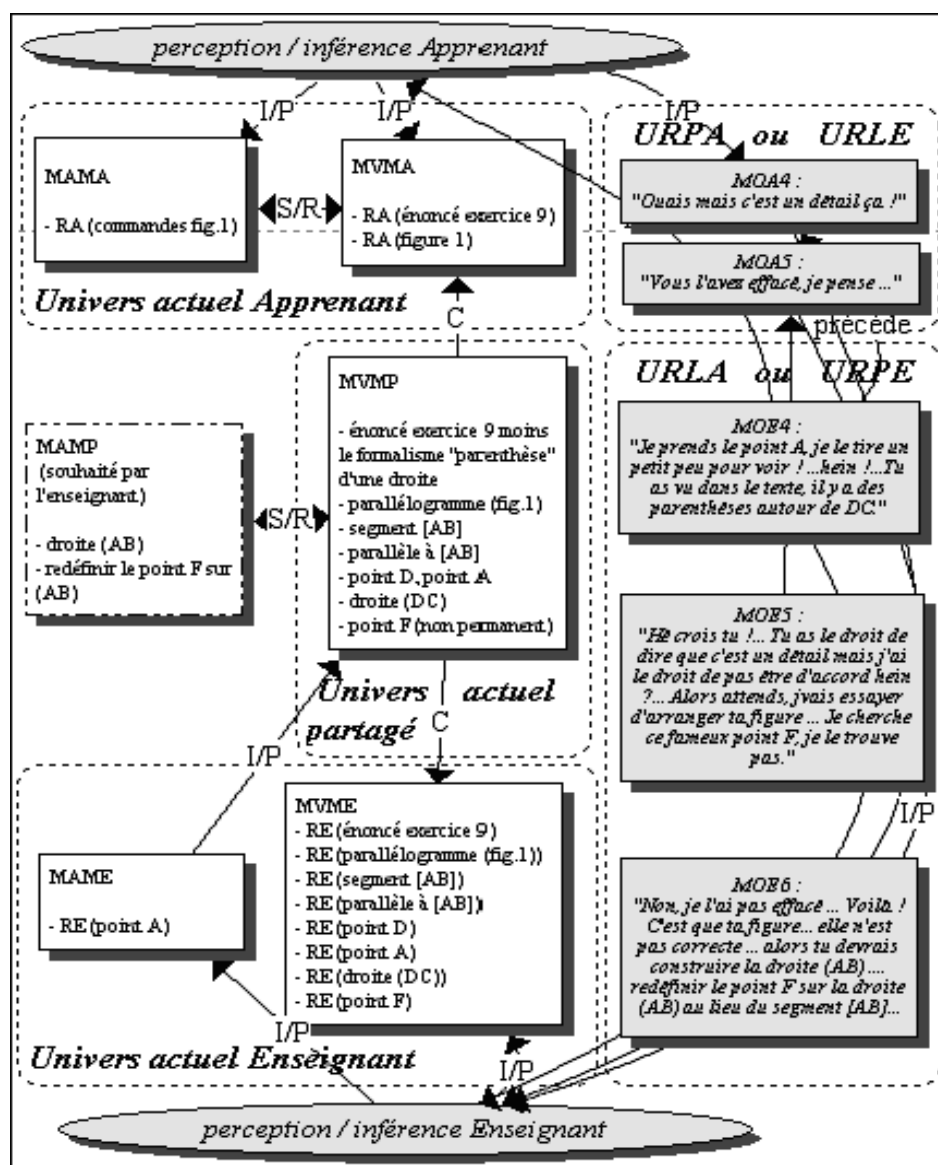


Figure 11 : Instanciation du modèle (étape 4 de la phase de diagnostic)

5.3.5. Propriétés des univers instanciés lors de la phase de diagnostic

La modélisation des phases de diagnostic observées, nous conduit à caractériser les différents univers constitutifs de l'environnement de l'ID²IS comme suit :

– **Propriétés de l'univers actuel de l'apprenant :**

Il est invariant : l'ensemble de ses modalités actionnelles et visuelles manifestes ne change pas (MAMA = Cste et MVMA = Cste).

– **Propriétés de l'univers actuel de l'enseignant :**

Initialement, l'ensemble de ses modalités actionnelles manifestes est vide (MAME initial = \emptyset). Puis le nombre de ses modalités visuelles manifestes s'accroît (MVME croît). Puis, l'enseignant active une première modalité actionnelle (MAME devient non vide). Enfin, le nombre de ses modalités actionnelles manifestes s'accroît (MAME croît) au fil de ses manipulations.

– **Propriétés de l'univers actuel partagé :**

Au début d'une phase de diagnostic, l'univers actuel partagé est vide ($MAMP\ initial = \emptyset$). Nous constatons une absence de modalités actionnelles manifestes partagées par les deux acteurs.

Ensuite, il y a incrémentation du nombre de modalités visuelles manifestes considérées par l'enseignant comme partagées (manifestes pour les deux acteurs) tant que l'enseignant n'a pas interagi via le clavier et la souris sur des modalités visuelles manifestes de son univers actuel (si $MAME = \emptyset$ alors $MVMP$ croît). La non permanence visuelle du point F qui est tantôt visible, tantôt invisible lors du déplacement du point A par l'enseignant en est un exemple : elle est inférée par l'enseignant et non par l'apprenant.

Enfin, il y a suppression des modalités visuelles considérées comme mutuellement manifestes par l'enseignant ($MVMP$ décroît) au début du diagnostic puis avérées non manifeste pour l'apprenant (exemple : le formalisme textuel de jeu de parenthèses signifiant le statut de droite est soustrait des modalités visuelles manifestes partagées à l'étape 3 du diagnostic).

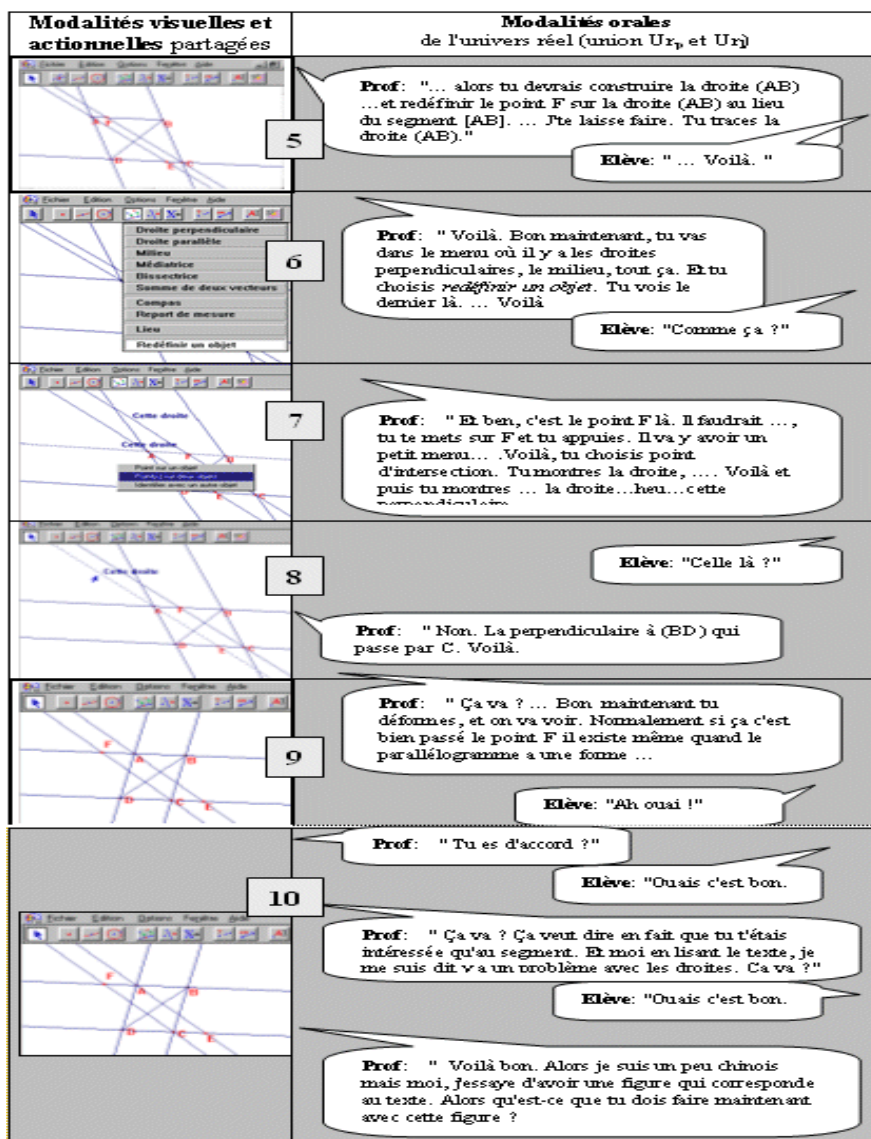


Figure 12 : Protocole B

5.4. Application du modèle générique pour la phase d'interaction collaborative

5.4.1. Pratiques observées dans la phase d'interaction collaborative

La phase de diagnostic coopératif est suivie d'une phase d'interaction collaborative. L'ensemble des expérimentations, nous montre qu'à l'issue d'un diagnostic d'inadéquation de la construction géométrique de l'élève, les deux acteurs coopèrent pour produire des modalités visuelles et actionnelles visant à corriger la construction. La suite du protocole précédent, fournit une illustration de cette production coopérative de modalités visuelles et actionnelles.

L'extrait de protocole, étudié ici, est représentatif d'une pratique collaborative d'ID²IS. Il synthétise les faits saillants de cette pratique concourants à plusieurs observations impliquant des dyades enseignant/apprenant.

5.4.2. Propriétés des univers instanciés lors de la phase d'interaction collaborative

Les propriétés de l'univers actuel de l'enseignant se distinguent selon les trois profils d'enseignant suivant :

- profil 1 : l'enseignant laisse, très souvent, l'apprenant interagir via le clavier et la souris. Il n'enrichit pas son univers actuel de nouvelles modalités actionnelles manifestes (MAME = Cste).
- profil 2 : l'enseignant modifie ponctuellement une variable du milieu didactique ainsi son univers actuel s'accroît de quelques modalités actionnelles manifestes (MAME croît).
- profil 3 : l'enseignant monopolise l'interaction via le clavier et la souris, il laisse rarement l'apprenant interagir via la souris et le clavier avec le milieu didactique. Son univers actuel s'accroît significativement (MAME croît significativement)

Propriété de l'univers actuel d'un enseignant constatée quel que soit son profil : le nombre de ses modalités visuelles manifestes s'accroît (MVME décroît significativement).

Propriétés de l'univers actuel de l'apprenant :

- L'ensemble de ses modalités actionnelles manifestes s'accroît significativement (MAMA croît significativement) si l'enseignant a le profil 1 ou le profil 2, l'enseignant incitant le plus souvent l'élève à interagir lui-même via le clavier et la souris.
- Son univers actuel stagne (MAMA = Cste) si l'enseignant a le profil 3. Le nombre de ses modalités actionnelles manifestes ne s'accroît pas puisque l'enseignant monopolise l'interaction via le clavier et la souris.
- Son univers de modalités visuelles manifestes croît (MVMA croît), quel que soit le profil de l'enseignant. L'apprenant peut voir à tout instant les modalités visuelles que l'enseignant active et entendre à tout instant le commentaire de l'enseignant à propos des modalités visuelles qui lui sont manifestes.

Propriétés de l'univers actuel partagé :

- Quelque soit le profil de l'enseignant, l'ensemble des modalités visuelles manifestes partagées s'accroît (MVMP croît significativement).
- Si l'enseignant a le profil 1 ou le profil 2, l'ensemble des modalités actionnelles manifestes croît significativement (MAMP croît significativement). Dans le contexte d'un nombre de modalités visuelles manifestes partagées croissant, cela permet à l'élève de relier sa représentation d'une modalité visuelle à celle de la modalité actionnelle via laquelle il a manipulé la modalité visuelle en jeu.
- Si l'enseignant a le profil 3 : l'ensemble des modalités actionnelles manifestes partagées est sensiblement constant (MAMP est sensiblement Cste) car l'enseignant monopolise l'interaction via le clavier et la souris. Dans le contexte d'un accroissement du nombre de modalités visuelles partagées, cela ne permet pas à l'élève de manipuler la représentation d'une modalité visuelle via une modalité actionnelle.

Dans ces conditions, l'apprenant ne peut pas inférer une représentation de la modalité actionnelle dotée de ce potentiel.

5.4.3. Nature de la complexité temps réel de ID²IS

L'analyse des instanciations successives des univers acteurs en terme de propriétés rejoint l'approche de la complexité temps réel intrinsèque à la perspective de l'apprentissage situé et du champ CSCW. Cette complexité a été exprimée par Paul Dourish dans son intervention au colloque EUROCSCL 2001. Pour lui, la signification de l'expérience pour l'utilisateur est créée en temps réel, elle n'est pas définie à l'avance ni structurée, c'est la conséquence de son engagement dans l'interaction. Elle est négociée entre les personnes qui interagissent.

6. Conclusion

L'explicitation de notre investigation croisée, Didactique et IHM, illustre la fertilité de cette confrontation et apportent des réponses à un questionnement orienté CSCL. Notre démarche d'investigation de l'ID²IS nous a permis en premier lieu d'identifier les questions singulières soulevées par cet objet d'étude puis d'explicitier la complexité de cet objet d'étude qui confirme sa consistance originale. L'analyse des protocoles expérimentaux illustre une complexité du temps réel de l'ID²IS formalisée dans notre modélisation. Il était nécessaire de confronter les approche didactique et IHM pour intégrer les caractéristiques des interactions expérimentales observées.

Si notre travail n'a pas été initié par le champ d'étude CSCL^[3] stricto sensu, il lui emprunte sa méthodologie et ses outils. La CSCL est un champ appliqué des sciences cognitives que nous investissons ici via la mise en œuvre de modèles et théories computationnelles articulant des concepts de didactique et d'IHM pour étudier les représentations externes de connaissances partagées par l'apprenant et l'enseignant lors d'une interaction en temps réel. Cette étude nourrit celle de l'évolution des conceptions des connaissances d'un apprenant, favorisées ou contraintes par ces représentations externes. Le dispositif informatique n'est plus réduit à sa technologie mais revêt une dimension conceptuelle porteuse de métaphores cognitives.

À ce stade de notre recherche, cette modélisation n'a pas pour intention de livrer un modèle clé en main pour le développement informatique d'un système d'aide à l'ID²IS. Cette intention relève d'une perspective de ce travail. Son ambition actuelle est de décrire et de formaliser la complexité inhérente à l'ID²IS. Celle-ci nous apparaît légitime à l'heure où les colloques EIAO, AIED, CSCL, IHM et WCCE font état de l'absence de modèles précis de l'apprentissage sous-jacents à de nombreux travaux. Pour exemple, le dernier colloque EUROCSCL a été l'occasion de constater que la focalisation sur la coopération oubliant l'apprentissage est gênante. Ce constat nous questionne : comment apprécier la validité de l'architecture d'un système informatique d'aide à l'apprentissage qui n'explicit pas le modèle d'apprentissage sur lequel il s'appuie ? La validité des travaux relatifs aux STIC doit-elle se réduire au critère d'applicabilité immédiate compte tenu de sa dimension technologique intrinsèque ? Est-ce à dire que le champ de recherche des STIC doit être perçu comme un domaine d'application de travaux fondamentaux sur l'apprentissage qui seraient conduits dans d'autres domaines de recherche ? Le travail visé par cet article revendique une finalité des STIC : être le champ de recherche qui confronte et articule les différents champs d'investigation concernés par l'influence réciproque entre les processus humains d'apprentissage et d'enseignement et le support informatique de sa réalisation.

7. Perspectives

Le prolongement de ce travail s'oriente vers la spécification et le développement d'outils informatiques distribués d'aide au diagnostic et à la régulation en temps réel de l'ID²IS. Nous travaillons plus particulièrement à l'élaboration de l'architecture conceptuelle d'un système informatisé d'aide à ce type d'interaction. Les principes et aboutissants de cette démarche ont été explicité récemment [NigayCoutaz96]. Ils démontrent qu'il

n'y a pas unicité d'architecture pour un système informatique donné mais plusieurs architectures correspondant à des perspectives différentes. Appliquer ce principe pour élaborer l'architecture d'un système d'aide à l'ID²IS revient à questionner la nature des critères actuellement utilisés pour évaluer l'interface Homme/Machine d'un dispositif informatique utilisé pour l'enseignement. Ces critères sont, à l'heure actuelle, validés pour les systèmes d'informations au sens large c'est-à-dire sans qu'on puisse distinguer les finalités d'un système de transmission des informations de celles d'un système d'apprentissage au sens constructiviste du terme.

Remerciements

L'auteur tient à remercier les différents acteurs, institutionnels ou individuels, impliqués dans la réalisation des expérimentations qui ont nourri ce travail. Les expérimentations exploitées ici ont été supportées par deux plateformes expérimentales. La DATAR Auvergne est remerciée pour son soutien financier à la réalisation de la plateforme d'enseignement et de formation à distance des IUFMs du Massif Central, plate-forme support des expérimentations actuelles de l'ID²IS. Les enseignants et les élèves des établissements primaires et secondaires de la région Auvergne impliqués dans le projet DATAR et du Lycée/collège du CHU de Grenoble sont également chaleureusement remerciés pour leur implication soutenue dans les programmes expérimentaux d'usage de ces deux plateformes.

Références

Bibliographie

[Bachimont00]

Bachimont, B. (2000). L'intelligence artificielle comme écriture dynamique : de la raison graphique à la raison computationnelle. *Au nom du sens, Acte du Colloque de Cerisy la Salle*, (29 juin-10 juillet), Paris, Grasset.

[Balacheff91]

Balacheff, N. (1991). Contribution de la didactique et de l'épistémologie aux recherches en EIAO. *Actes des XIII^e Journées Francophones sur l'informatique*, Grenoble, IMAG et Université de Genève, Grenoble, Edition Bellissant, 9-38

[Brousseau86]

Brousseau, G. (1986). La relation didactique : le milieu. *Actes de la 4^{ème} école d'été de didactique des mathématiques*. Paris, IREM de Paris VII, 54-58.

[Caelen96]

Caelen, J. (1996). Définition et caractérisation des Interfaces Homme-Machine (IHM), *Nouvelles Interfaces Homme-Machine*. Observatoire français des techniques avancées (OFTA), Série Arago 18, 31-43.

[DessusLemaire97]

Dessus, P., Lemaire, B. , Baillé, J. (1997). Etudes expérimentales sur l'enseignement à distance. *Sciences et Techniques Educatives*, 4 (2), 137-164.

[HeathLuff91]

Heath, C., Luff, P. (1991). Collaborative Activity and Technological Design : Task Coordination in London Underground Control Rooms. *Proceedings of the European Conference on Computer-Supported Cooperative Work, ESCW'91*, Amsterdam, 1991, L. Bannon, M. Robinson & K. Schmidt (Ed.), 65-80.

[HoylesNoss92]

Hoyles, C., Noss, R. (1992). A pedagogy for mathematical microworlds. *Educational studies in Mathematics*, 23(1), 31-57.

[LabordeCapponi94]

Laborde, C. et Capponi, B. (1994). Cabri-géomètre constituant d'un milieu pour l'apprentissage de la notion de figure géométrique. *Recherches en Didactique des Mathématiques 14*(1.2), La Pensée Sauvage, 165-209.

[Linard01]

Linard, M. (2001). Concevoir des environnements pour apprendre : l'interaction humaine, cadre de référence. *Sciences et Techniques Educatives*, 8(3-4), 5-34.

[NigayCoutaz96]

Nigay, L. et Coutaz, J. (1996). Espaces conceptuels pour l'interaction multimédia et multimodale. *Sciences et Techniques Educatives*, 15(9), 1195-1225.

[Masseux00a]

Masseux, N. (2000). Enseigner à distance en régulant l'interaction élève/environnement d'apprentissage multimodale. *Colloque sur les Interfaces Multimodales*, Grenoble, (9-10 mai), Grenoble, IMAG, 47-51.

[Masseux00b]

Masseux, N. (2000). To teach remotely by controlling the didactic interaction of a student with a multiapplication environment. *ED-MEDIA 2000. World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia et Telecommunications*, Montreal, Canada, (June 26-July 1), Cédérom AACE.

[Paquette96]

Paquette, G. (1996). La modélisation par objets typés - une méthode de représentation pour les systèmes d'apprentissage et d'aide à la tâche. *Sciences et Techniques Educatives*, 3(1), 9-42.

[PochonGrossen97]

Pochon, L-O. et Grossen, M. (1997). Les interactions homme-machine dans un contexte éducatif: un espace interactif hétérogène. *Sciences et Techniques Educatives*, 4, (1), 41-65.

[SperberWilson89]

Sperber, D. et Wilson, D. (1989). *La pertinence : communication et cognition*, Paris, Editions de Minit.

[Vergnaud92]

Vergnaud, G. (1992). Conceptual fields, Problem-solving and Intelligent Computer Tools, *Computer based learning environments and problem-solving. NATO ASI, series F,40*, De Corte E., Linn M.C., Mandl H., verschaffel L., Berlin, Springer-Verlag, 287- 308.

[ZouinarSalembier00]

Zouinar, M. et Salembier P., (2000). Modélisation du contexte partagé pour l'analyse et la conception des environnements de travail coopératif, *Ingénierie des connaissances. Evolutions récentes et nouveaux défis*, Paris, Eyrolles 529-542.

[1] PAEDI : Processus d'Action des Enseignants, Déterminants et Impacts

[2] Sciences et technologies de la communication et de l'information

[3] CSCL : Computer Supported Collaborative Learning

À propos de l'auteur

■ Nathalie MASSEUX est Maître de Conférences en Informatique à l'IUFM de Clermont-Ferrand. A l'issue d'un DEA de Didactique des disciplines scientifiques, elle conçoit et développe, pour les élèves ingénieurs de l'ENSIEG, un environnement d'apprentissage fondé sur un modèle des connaissances de l'automatique et axé sur la simulation (thèse de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, 1995). Lors d'un post-doctorat dans l'équipe EIAH du laboratoire Leibniz (IMAG, Grenoble), elle développe la plate-forme TéléCabri et en encadre les expérimentations. Elle pilote actuellement un projet de recherche et de développement de l'enseignement et la formation à distance, supporté par la plate-forme des IUFM du Massif Central. Elle contribue à la création de la jeune équipe de recherche PAEDI à l'IUFM d'Auvergne en axant ses travaux sur les déterminants et impacts des processus d'interaction didactique médiés par la machine. Son travail est motivé par la confrontation et l'articulation des champs d'investigation IHM, CSCW et didactique, concernés par l'influence réciproque entre le processus humain d'apprentissage et le support informatique de sa réalisation.

Adresse : 20, av. R. Bergougnan. 63039 Clermont-Ferrand Cedex 2

Courriel : nmasseux@auvergne.iufm.fr

Référence de l'article :

Nathalie MASSEUX, Modélisation d'une Interaction Didactique Distante Individuelle Synchronique (ID2IS), *Revue STICEF*, Volume 10, 2003, mis en ligne le 15/11/2003, <http://sticef.org>, ISSN : 1764-7223
