L'ÉVOLUTION DE L'ENSEIGNEMENT ASSISTÉ PAR ORDINATEUR ET LE PROJET EUROMET

Daniel Gondouin

Météo-France

École nationale de la météorologie

42, avenue Gaspard-Coriolis

31057 Toulouse Cedex

RÉSUMÉ

Cet article fait le point sur l'état d'avancement du projet Euromet, dont le but est de mettre en place un service multimédia en ligne destiné à la formation des météorologistes européens. Les principales avancées technologiques dans le domaine de la télématique ont été utilisées par Euromet pour mettre au point des modules d'Enseignement assisté par ordinateur (EAO) puissants, souples et interactifs.

ABSTRACT

The development of computer-aided-learning and the Euromet project

This article reports progress with the Euromet project which is intended to provide an on-line multimedia service aimed at training European meteorologists. Euromet takes advantage of advances in communications technology to develop powerful, flexible and interactive computer-aided-learning modules.

Lorsque l'on associe météorologie et ordinateurs, c'est souvent l'aspect « traitement de l'information » qui vient spontanément à l'esprit. En effet, la météorologie, science complexe et à évolution rapide, a toujours su rester en pointe dans l'utilisation de l'informatique, particulièrement dans le domaine de la concentration des données et du développement des modèles numériques de prévision du temps.

Or, deux révolutions se sont produites ces dernières années : l'explosion du multimédia et l'émergence des réseaux de type Internet. De plus, la baisse régulière du coût du matériel informatique a favorisé la banalisation de ces technologies. Les météorologistes se sont immédiatement approprié ces outils pour différentes applications, mais c'est surtout dans le domaine de l'Enseignement assisté par ordinateur (EAO) que les avantages sont les plus manifestes : le multimédia permet de combiner la visualisation sophistiquée de phénomènes complexes et l'interactivité offrant à l'étudiant la possibilité de s'impliquer dans le processus de découverte ; la mise en réseaux permet de partager au sein d'une communauté élargie ces nouvelles ressources lourdes à développer.

Ces dernières vont permettre de compléter la gamme existante d'aides pédagogiques (supports écrits, transparents, vidéo, etc.) et rendre l'enseignant plus polyvalent. Contrairement à ce que craignaient ou craignent encore certains, l'EAO ne viendra pas remplacer l'homme, mais devrait faire évoluer son rôle : poids moindre des cours magistraux classiques, enseignement centré sur l'apprenant qui maîtrise sa progression en suivant sa stratégie et son rythme propres. On pourrait dès lors affirmer que si l'EAO ne remplacera jamais l'enseignant, par contre, les enseignants qui l'utilisent remplaceront lentement ceux qui ne l'utilisent pas.

En effet, un enseignement réussi passe avant tout par la motivation des étudiants ; or, bien qu'il existe des enseignants avec un réel charisme qui réussiront toujours à créer cette motivation, ou des étudiants d'emblée motivés par nature, le cas le plus courant est la conjonction d'un enseignant « normal » et d'un étudiant « normal ». Dans ce cas, l'EAO est un atout supplémentaire pour impliquer l'étudiant dans son apprentissage et faire surgir cette motivation qui pourrait être la clé du succès.

Les lecteurs de *La Météorologie* se souviendront sans doute qu'en décembre 1993, Joël Hoffman, dans son dossier « EAO et météorologie font bon ménage », concluait (Hoffman, 1993) : « *Météo-France, par l'intermédiaire de l'École nationale de la météorologie, compte bien se maintenir dans le courant de l'EAO et faire bon usage de cette ressource pédagogique fantastique.* » Cet espoir s'est largement concrétisé, puisque la discipline à laquelle J. Hoffman avait donné de solides fondations à Météo-France a pris son envol, au point que l'École nationale de la météorologie (ENM) peut se vanter aujourd'hui d'être le leader européen de l'EAO en météorologie.

HISTORIQUE RÉCENT

Un retour sur l'évolution des trois dernières années est nécessaire pour mieux comprendre la situation actuelle.

Au niveau mondial

J. Hoffman montrait en 1993 comment la coordination internationale s'est mise en place, notamment au niveau d'un groupe de travail de l'OMM. Ce groupe a entre-temps organisé les conférences Calmet 95 à Toulouse et Calmet 97 à Melbourne (Australie), avec pour but de promouvoir et de démontrer l'efficacité de l'enseignement assisté par ordinateur en météorologie. Leur succès a été énorme et a permis de vérifier l'avancée de cette discipline en trois ans. Il existe donc à l'échelle mondiale une réelle volonté d'échanger les expériences et les productions, et tout lecteur intéressé pourra, s'il a accès à Internet, consulter le serveur (figure 1) qui centralise et distribue les ressources partagées (<http://www.met.ed.ac.uk/calmet>).

Au niveau européen

Les services météorologiques de l'Europe de l'Ouest réfléchissaient en 1993 à l'organisation d'une collaboration plus structurée pour la création de modules d'EAO. Un projet nommé Ecalpro (European Computer Aided Learning Programme) a vu le jour et devait se dérouler en trois phases.

La première a consisté en 1994 à faire une analyse de la situation et une étude des besoins en Europe. À cette époque, les expériences de production et même d'utilisation de l'EAO étaient encore très sporadiques dans les différents services. Environnements de travail et stratégies pour la formation étaient très disparates et il paraissait difficile de faire éclore sur ce terrain hétérogène une réelle politique commune dans la création d'outils partagés. La deuxième phase devait développer et tester un prototype pour étudier les solutions techniques de collaboration, tandis que la troisième devait assurer le passage au régime de croisière dans la production et l'utilisation.

Les structures européennes de collaboration n'étaient pas encore parfaitement opérationnelles en 1994 ; elles ne le sont devenues qu'ensuite dans le cadre d'Eumetnet, le réseau des services météorologiques nationaux (Pastre, 1996). C'est pourquoi un grand nombre de ces mêmes services météorologiques, alliés avec des universités déjà actives dans la création d'EAO, ont décidé d'accélérer les choses en recherchant des crédits au niveau de la Commission européenne pour réaliser rapidement la phase 2.

Une collaboration efficace entre l'ENM, qui avait réalisé la phase 1 d'Ecalpro, et l'université d'Édimbourg, dont les compétences ont permis la préparation d'un dossier technique solide, a mené le consortium au succès. En juillet 1995, la Commission a décidé de cofinancer la phase 2 d'Ecalpro sous le nom de projet Euromet. Il est à noter que le dossier s'est imposé sans « lobbying » quel qu'il soit, ce qui tendrait à prouver que les objectifs d'Euromet présentent un grand intérêt pour la Commission européenne dans le cadre de sa politique de mise en réseau de ressources transnationales.

Figure 1 - La page d'accueil du serveur de Calmet.

Les membres du consortium Euromet devant le Centre international de conférences de Météo-France, à Toulouse.

NOUVEAUTÉS TECHNIQUES ET ORIENTATIONS DU PROJET

La télématique

Afin d'assurer le maximum de souplesse aux utilisateurs et de bénéficier des évolutions techniques les plus récentes, plusieurs choix ont été faits à l'origine du projet : distribution télématique, modularité et facilité d'accès.

Entre-temps donc, l'explosion des réseaux télématiques a bouleversé les bases technologiques. Dans le domaine de l'EAO où de fréquentes mises à jour sont nécessaires pour suivre au plus près les évolutions de la science et des techniques météorologiques, la distribution télématique permet à tous les usagers l'accès en temps réel à une base de données pédagogiques qui ne vieillit pas. L'industrie, de son côté, a fourni des outils de consultation très performants (les fameux « browsers » ou « butineurs »), qui sont souvent gratuits dans le monde de l'éducation. Sous l'impulsion de la Commission européenne, Euromet s'est donc orienté vers le développement de modules d'enseignement télématique. Cette option, qui s'accompagne d'une indépendance totale des produits développés par rapport aux machines, a demandé au consortium un effort tout à fait particulier pour s'approprier les outils émergents, et l'a même parfois contraint à effectuer un retour en arrière pour adapter des ressources existantes. Il faut souligner qu'au début du projet, certains services météorologiques européens n'avaient pas accès au réseau Internet, et que l'une des premières réussites du projet Euromet a été d'établir un réseau de communication performant au sein du consortium.

La modularité

L'accent a été mis sur une approche modulaire des cours télématiques, de manière à laisser à toute institution une certaine liberté pour bâtir sa propre application pédagogique à partir des « briques » proposées par Euromet. Cela est fondamental pour assurer le succès d'une telle entreprise. De nombreuses réalisations ont été fraîchement accueillies dans le passé parce qu'elles ne correspondaient pas à la « culture de formation » de l'institution qui aurait pu les utiliser. L'approche d'Euromet, c'est-à-dire la mise à disposition d'un « jeu de construction », devrait permettre d'utiliser cet outil comme un complément pour la formation, en laissant toute latitude quant aux objectifs et aux stratégies.

Les accès

Il n'est plus nécessaire d'organiser des opérations coûteuses de distribution et de mises à jour successives des ressources. Celles-ci sont accessibles à chaque instant sur deux serveurs centraux « en miroir » ; chaque fois qu'un module est modifié, amélioré ou complété, toute l'Europe peut instantanément en tirer parti.

La communication

Les liens au sein de la communauté de la formation météorologique se resserrent puisque les commentaires, les expériences et les critiques sont partagés et exploités de Lisbonne à Norrköping et de Dublin à Vienne. Cela est profitable bien au-delà du seul EAO puisque des personnes ayant les mêmes préoccupations sont amenées à se rencontrer et à réfléchir ensemble sur leurs activités de formation.

LA CARTE D'IDENTITÉ D'EUROMET

Il est maintenant temps, avant d'aller plus loin et de découvrir les outils que nous propose la technologie moderne, de résumer concrètement ce que propose Euromet en reprenant point par point la carte d'identité du projet.

Euromet a été créé pour établir un service multimédia en ligne, destiné à la formation au sein de la communauté météorologique européenne.

Le projet répond aux besoins de formation des météorologistes professionnels employés par les services météorologiques nationaux, ainsi qu'à ceux des étudiants de troisième cycle ; il fournit une formation ouverte et à distance qui pourra être adaptée très facilement aux exigences locales.

Le cours est diffusé en utilisant les techniques du *World Wide Web* (WWW), la fameuse **Toile** qui permet un accès universel et s'appuie sur une grande variété de médias, comprenant textes et équations, images, vidéo, son et animations. Les serveurs WWW, dotés d'une forte puissance de calcul, fournissent des outils de traitement d'image et de simulation numérique bien supérieurs à ceux rencontrés sur une station de travail standard, tandis que les « postes clients » sont renforcés pour permettre une forte interactivité.

Des outils de communication entre les étudiants viennent compléter cet environnement de formation, permettant d'échanger des éléments multimédia aussi bien en liaison directe qu'en temps différé.

Deux cours interactifs seront disponibles dès le début de 1998 :

- Le cours de météorologie satellitale comprend toutes les bases sur les satellites météorologiques, leurs orbites, leurs missions, ainsi que sur l'interprétation et l'utilisation des images satellitales et des produits dérivés dans la météorologie moderne.
- Le cours de prévision numérique propose les notions nécessaires à la compréhension des techniques actuelles de prévision numérique ; il inclut des outils pour s'exercer sur des simulations de prévision.

Les modules seront disponibles au printemps 1998 en quatre langues : français, anglais, allemand et espagnol. Durant la phase de développement, pour faciliter la collaboration entre les équipes, les modules sont rédigés en anglais (c'est pourquoi les exemples d'écran présentés dans cet article le sont dans cette langue) ; cette version anglaise sera complète en novembre 1997.

LES MERVEILLES DE LA TECHNIQUE

La Toile et le standard HTML

Certes, la technique doit n'être qu'un moyen et s'effacer devant les fins pédagogiques. Il est cependant nécessaire d'évoquer ici les notions technologiques de base sur lesquelles s'appuie Euromet.

Le standard HTML (Hyper Text Markup Language) permet de délivrer sur la Toile des documents dont certains mots, éléments, images ou portions d'images vont, par un simple clic, permettre l'accès à d'autres documents (hyperliens). Ces autres documents peuvent se trouver, soit sur la même machine, soit sur une machine différente, éventuellement à l'autre bout de la Terre, sans que l'utilisateur ait besoin de s'en soucier.

Cette fonctionnalité, qui permet de relier des notes de cours à d'autres notes, d'étendre à l'infini le champ des connaissances accessibles, a provoqué une véritable révolution dans un grand nombre d'universités (météorologiques ou autres) à travers le monde. La possibilité de consulter des cours à distance a séduit certains professeurs et, il faut le dire, certains étudiants qui rencontrent là une réelle flexibilité : souplesse des horaires, réduction des déplacements, etc.

Certains services météorologiques comme Environnement Canada ont même, pour des raisons politiques et budgétaires, décidé d'utiliser exclusivement ce média pour leurs besoins de formation initiale et permanente. Ce n'est pas le rôle de cet article que de développer tous les arguments qui peuvent s'opposer à une telle évolution, le lecteur ayant sûrement quelque opinion dans ce domaine. Nous ne soulignerons que trois défauts majeurs du système : d'une part, il est extrêmement facile de se perdre en « surfant sur la Toile », ou encore de rester superficiel en sautant à l'infini de sujet en sujet ; d'autre part, les documents ne sont souvent que la copie électronique de pages pouvant exister sur papier et ne tirent que très peu avantage des fabuleuses potentialités de l'ordinateur ; enfin, les temps de transfert constatés dans certains cas peuvent être pénalisants pour l'utilisateur.

La navigation

C'est pourquoi la première préoccupation d'Euromet a été de développer un outil de navigation particulier, permettant à l'utilisateur de garder le contrôle sur sa progression à l'intérieur du cours, de module en module (figure 2). Des accès permanents à un sommaire, un index et un glossaire aident à la maîtrise de la position dans le cours. Une fois dans un module, il est aisé de savoir à quel niveau on se situe et d'accéder à un point précis du cours, ou encore de revenir au module que l'on vient de quitter. L'utilisateur va rapidement se familiariser avec l'interface et la charte graphique, quel que soit le sujet qu'il explore.

La visualisation

La deuxième préoccupation d'Euromet a été, dans la mesure du possible, de tirer parti des éléments multimédia qui ne peuvent être reproduits sur papier, tout en étant pédagogiquement très précieux pour l'apprentissage de la météorologie. Cela est naturellement très lourd en temps de conception et de développement, mais cet investissement est fondamental pour ne pas aboutir à un simple livre électronique. Le code VRML (Virtual Reality Modelling Language) est utilisé ici pour transmettre sur le réseau les coordonnées des objets en trois dimensions (ce qui représente une faible quantité d'informations) qui seront recréés localement sur la machine de l'utilisateur par le « viewer » (on pardonnera cet anglicisme ; il est parfois difficile d'utiliser une traduction efficace de certaines notions techniques). L'utilisateur pourra alors manipuler l'objet, le regarder sous tous les angles, s'en rapprocher, etc. Tout cela est très efficace du point de vue pédagogique pour appréhender des phénomènes à trois dimensions, très courants en météorologie. La figure 3 présente des orbites particulières, dites géosynchrones, que l'utilisateur peut examiner comme il l'entend.

L'interactivité

Il est possible de rendre une application interactive de deux manières :

- Soit le programme interactif tourne sur la machine de l'utilisateur et, pour cela, doit être transféré via le réseau depuis le serveur de l'application. Si l'on désire que ce programme puisse tourner sur tout type de machine, on utilisera le langage **Java**, qui permet de télécharger ce que l'on appelle des **applets**, qui vont s'exécuter chez le client. Les applets sont très utilisés dans le projet Euromet pour des petites applications, comme les questions-réponses, les petites simulations, etc. L'exemple de

Figure 2 - Les outils de navigation.

Figure 3 - La visualisation sous VRML.

Figure 4 - Découverte interactive des séries de Fourier.

la figure 4 permet à l'étudiant de comprendre comment un nuage de points peut être représenté par des séries de Fourier ; il fait partie du cours de prévision numérique.

• Lorsque, à l'inverse, les programmes de simulation sont très gros, ou lorsque l'on ne veut pas réécrire en Java des programmes existants, ceux-ci vont tourner sur la machine serveur et seuls les résultats seront envoyés à l'utilisateur. Pour cela, on utilise une interface appelée CGI (Common Gateway Interface), qui va permettre à l'utilisateur d'envoyer une requête au serveur par le réseau. En météorologie, cet outil s'avère très intéressant lorsque l'étudiant veut utiliser des modèles numériques pour simuler des situations. Euromet tire parti de cet avantage dans de nombreux modules (figure 5).

Ce sont donc ces possibilités techniques que nous allons essayer d'employer pour nos objectifs pédagogiques.

L'IMPORTANCE DES EXPERTS

L'une des grosses difficultés du projet a été d'identifier des experts volontaires pour écrire le scénario de chaque module sur un point bien précis. Tous les météorologistes ont une connaissance profonde de leur sujet, mais beaucoup n'ont pas l'expérience nécessaire pour traduire cette connaissance en utilisant les outils multimédia. Heureusement, certains membres du consortium maîtrisent parfaitement cette technique, et c'est le travail en binôme de deux experts, l'un pour le contenu, l'autre pour la forme, qui va donner les résultats les plus convaincants.

On peut citer des exemples parfaitement réussis de collaboration entre un expert finlandais et un développeur multimédia à Toulouse, ou encore entre un expert de Météo-France et un développeur d'Édimbourg (par voie entièrement électronique) ; cela prouve les potentialités de la collaboration à l'échelle européenne en utilisant au mieux la télématique.

Figure 5 - Simulation interactive avec un modèle « en eau peu profonde ».

LES UTILISATEURS

Euromet n'est pas un organisme centralisé qui décide ce que sera la formation météorologique dans chaque pays d'Europe. Chaque institution prélève ce qui l'intéresse et gagne du temps dans la production des ressources qui forment le cœur de sa formation ; cela lui permet de se concentrer sur ses spécificités. Il ne s'agit donc pas d'une tentative d'uniformisation qui ferait perdre à chacun sa « couleur locale », mais bien d'un partage de ce que chacun a de meilleur à offrir pour éviter la redondance stérile des efforts.

Bien que la politique exacte ne soit pas encore déterminée pour l'accès aux produits dans l'avenir, tous les utilisateurs potentiels partout dans le monde sont invités à évaluer les cours en contactant un des membres du consortium. Cela

demande bien sûr un effort pour explorer les modules et enrichir un curriculum local. Les enseignants devront se pencher de manière précise sur leurs activités, car l'utilisation de tels modules ou la création de modules complémentaires demande une décomposition rigoureuse de la démarche d'enseignement. Cependant, l'ouverture sur d'autres points de vue, d'autres approches, tout en conservant une culture et des objectifs spécifiques, devrait fertiliser la formation météorologique dans les institutions intéressées.

De façon pratique, <http://euromet.meteo.fr> est l'adresse Internet du serveur d'Euromet. La page d'accueil (figures 6 et 7) permet d'obtenir plus d'informations sur le projet et d'accéder au cours (après fourniture d'un mot de passe qui peut être obtenu en remplissant un formulaire en ligne).

Figure 6 - La page d'accueil du serveur d'Euromet.

Figure 7 - Le sommaire du serveur d'Euromet.

CONCLUSION

Nous sommes conscients des nombreuses imperfections encore présentes dans les cours mis au point. Il est parfois difficile, même au sein des équipes de développement, de faire comprendre la philosophie exacte d'un tel projet. Cependant, il s'agit d'une vaste entreprise pionnière dans les nouvelles potentialités d'enseignement, qui devrait se révéler une pépinière d'idées pour l'avenir. C'est la première collaboration de grande ampleur pour l'enseignement de la météorologie en Europe, et c'est une communauté très soudée qui s'est attelée à cette tâche.

Nous entrons bientôt, en 1998, dans une phase de démonstration qui devrait prouver l'intérêt de ces nouvelles ressources, quel que soit l'environnement. Cette année 1998 sera d'ailleurs passionnante à tous égards un peu partout dans le monde, en tant qu'année charnière où nous quitterons la phase de développement et d'expérimentation pour entrer dans celle de l'évaluation, de la démonstration et de l'essai en situation réelle d'enseignement, sur site ou à distance.

Nous espérons que les résultats enrichiront considérablement la formation météorologique, la rendront plus intéressante et plus efficace, et surtout qu'ils ne favoriseront pas une politique de désengagement dans l'éducation en démontrant que la composante humaine reste fondamentale, même si le rôle des enseignants évolue.

ANNEXE TECHNIQUE

Les partenaires d'Euromet

Sur la figure 8, les partenaires sont répartis suivant leur rôle dans le consortium. L'École nationale de la météorologie joue un rôle clé dans ce projet puisqu'il s'agit de coordonner le travail, les compétences et les aspirations de vingt-trois partenaires dans quinze pays européens et au Canada. L'ENM représente ce consortium devant la Commission européenne et doit justifier de l'avancement du travail pour obtenir les financements correspondants. De plus, l'ENM dirige le groupe de développement du cours de météorologie satellitale et assure la gestion des machines serveurs du réseau. Quatre personnes sont impliquées à plein temps ou à temps partiel dans le projet.

Figure 8 - L'organigramme du consortium Euromet.

Déroulement du projet

Le démarrage : premier atelier à Toulouse (juin 1996)

La phase d'expérimentation libre (juin - novembre 1996)

Les tests des réseaux (décembre 1996)

L'atelier d'Édimbourg (décembre 1996)

Jusqu'ici, Euromet peut se targuer d'être parfaitement en phase avec ses objectifs.

Le travail a été véritablement lancé lorsque tous les partenaires se sont réunis à Toulouse pour concrétiser leurs idées et mettre sur le papier toutes les spécifications aussi bien techniques que pédagogiques du projet.

Pendant cette période, tous les développeurs ont essayé de trouver des idées originales pour présenter des modules télématiques d'enseignement, en expérimentant au niveau de l'interface.

Tous les partenaires ont testé les premiers modules pour vérifier que les réseaux étaient opérationnels et que les temps de chargement correspondaient aux spécifications.

Les développeurs ont figé l'interface utilisateur et mis au point un système original de navigation télématique.

Figure 9 - Module sur les courants-jets.

La phase 1 du développement (janvier - mars 1997)

Les premiers modules intégrés dans l'interface utilisateur ont été produits pour être soumis au jugement des évaluateurs. La figure 9 montre un écran issu de cette première vague de produits.

L'évaluation (avril 1997)

Les deux équipes d'évaluation ont produit une critique très fouillée sur le fond et sur la forme des modules.

Le début des relations publiques (avril - juin 1997)

La disponibilité des premiers modules a permis de commencer à démontrer l'intérêt du projet, aussi bien au sein de Météo-France que pour des usagers extérieurs (essentiellement l'Éducation nationale).

La phase 2 (avril - juillet 1997)

En tenant compte des observations (en général une demande pour augmenter l'interactivité des cours), les développeurs ont mis au point une nouvelle série de modules dont la figure 10 montre un extrait.

Figure 10 - Extrait du module sur les précipitations en région montagneuse.

L'agenda futur

Le projet doit se dérouler jusqu'à la fin 1998. Voici l'agenda prévisionnel :

- Septembre 1997 : fin d'évaluation de la deuxième phase.
- Novembre 1997 : fin de développement des deux cours et évaluation totale.
- Janvier 1998 : traduction en quatre langues.
- Janvier - novembre 1998 : utilisation des cours dans toutes les institutions et dans des environnements variés de formation (phase de démonstration). Météo-France va conduire un programme d'expérimentation de ces modules aussi bien en formation initiale qu'en formation permanente.
- Fin 1998 : l'avenir du programme aura été déterminé au cours de l'année. L'option la plus basse serait de conserver et de réactualiser les cours existants tout en assurant l'entretien des machines serveurs. La solution la plus intéressante serait d'élargir la gamme des cours disponibles en tirant parti de toute l'expérience acquise ; nous espérons qu'Eumetnet favorisera et financera cette seconde option.

BIBLIOGRAPHIE

- Hoffman J., 1993 : EAO et météorologie font bon ménage. *La Météorologie* 8^e série, 4, 90-98.
- Pastre C., 1996 : La construction de l'Europe météorologique. *La Météorologie* 8^e série, 15, 53-59.