

"Astrophysique sur Mesure", enseignement en ligne à l'Observatoire de Paris

Benoît Mosser¹, Audrey Delsanti¹, Damien Guillaume², Christian Balança³, Chantal Balkowski⁴

¹LESIA, Observatoire de Paris,
CNRS, Université Pierre et Marie Curie, Université Denis Diderot, Observatoire de Paris,
92195 Meudon cedex, France

email: benoit.mosser@obspm.fr, email: audrey.delsanti@obspm.fr

²UFE, Observatoire de Paris, 92195 Meudon cedex, France

email: damien.guillaume@obspm.fr

³LERMA, Observatoire de Paris, 92195 Meudon cedex, France

email: christian.balanca@obspm.fr

⁴GEPI, Observatoire de Paris, 92195 Meudon cedex, France

email: chantal.balkowski@obspm.fr

Résumé

L'Observatoire de Paris s'est doté depuis 2001 d'un Campus Numérique "Astrophysique Sur Mesure", aujourd'hui développée dans de multiples directions : laboratoire numérique au niveau Master, et Diplômes d'Université aux niveaux Licence et Master. Ces enseignements à distance sous forme de Diplômes d'Université s'adressent principalement à 3 publics : des étudiants en Licence ou Master à la recherche de modules d'astronomie qu'ils ne peuvent pas trouver dans leur établissement ; des scientifiques désireux d'approfondir leur connaissance en astronomie ; des formateurs souhaitant bénéficier d'une remise à niveau de leur formation. Performants grâce à un tutorat serré et réactif, ces Diplômes d'Université permettent à chacun un apprentissage personnalisé.

Les supports de formation ont été réalisés dans des laboratoires de recherche avec le souci de mettre à disposition des connaissances rigoureuses de manière accessible sous des formes diverses, cours, exercices, QCM, travaux pratiques, appliquettes interactives, outils de simulation et de visualisation de phénomènes physiques ou astrophysiques, outils multimédia. Les modules apportent un éclairage diversifié, où l'apprentissage de l'astronomie et de l'astrophysique fait un lien avec d'autres champs scientifiques, physique et mathématique. Ils s'appuient sur la riche iconographie de la discipline (clichés NASA, HST, ESO), et développent des apprentissages connexes : décodage, lecture critique et analyse d'un document, d'une image, d'un graphe. La cellule TICE (en appui de ces projets) a favorisé l'utilisation de logiciels libres pour la réalisation des contenus et des plateformes de formation. Ces projets font l'objet d'accord de traduction, pour une mutualisation des contenus et un rayonnement de l'établissement porteur du projet de Campus Numérique au-delà du monde de la Francophonie.

Mots-clefs : enseignement en ligne, tutorat, éditeur XML, appliquette Java

1. Introduction

En 2001, l'Observatoire de Paris s'est lancé dans un programme d'enseignement à distance. Dans cet article, nous présentons nos motivations et nos réalisations, en tenant compte du cadre spécifique qui est le nôtre. L'Observatoire de Paris a le statut de Grand Établissement, avec l'équivalent de 40 temps pleins d'enseignants-chercheurs. Nous y proposons des enseignements à tous les niveaux, depuis l'encadrement de projets à l'école jusqu'à une École Doctorale. Aux niveaux primaire et secondaire, nous intervenons essentiellement dans les classes, comme experts ; nous présentons un Master en partenariat avec les Universités scientifiques parisiennes ; et nous animons, toujours en partenariat, l'École Doctorale Astronomie & Astrophysique en Île-de-France.

Avec un tiers des chercheurs et enseignants-chercheurs en astronomie, l'Observatoire de Paris joue un rôle fédérateur dans le paysage de la recherche astronomique en France. Son audience déborde le cadre de l'Île-de-France, car l'astronomie est absente de plusieurs campus. Devant l'impossibilité pratique de répondre à tous les besoins en tous lieux, nous avons décidé de développer en 2001 des enseignements à distance.

Nous présentons en Section 2 les bases pédagogiques de nos programmes, ainsi que les choix multimédia effectués. Les ressources sont exposées en Section 3, avec deux formations : "Astronomie et Mécanique Céleste" et "Fenêtres sur l'Univers". La Section 4 reprend leur mise en œuvre, avec la mise en place d'un tutorat actif. Quelques projets sont décrits ensuite. En conclusion, Section 6, nous récapitulons quelques-unes de nos expériences.

2. Un enseignement en ligne en astronomie

Comme cela a été développé au Symposium 260 de l'UAI sur « The Role of Astronomy in Society and Culture » (Mosser et al 2009), de nombreuses raisons contribuent à une large audience de l'astronomie. Par son caractère multidisciplinaire, l'astronomie est en effet étroitement reliée à d'autres disciplines : physique, chimie, mathématiques, sciences de l'ingénieur... Elle accompagne l'histoire des sciences et de l'épistémologie, et elle côtoie également souvent la philosophie ou les arts.

Construisant notre programme en ligne, nous avons tenu à vivifier ces multiples liaisons. Bénéficiant de riches ressources historiques et iconographiques, ainsi que la proximité de complexes développements instrumentaux (Fig. 1), nous les avons inclus, sans exclusive, dans nos ressources en ligne, pour favoriser la perception de cet aspect multi- et trans-disciplinaire.

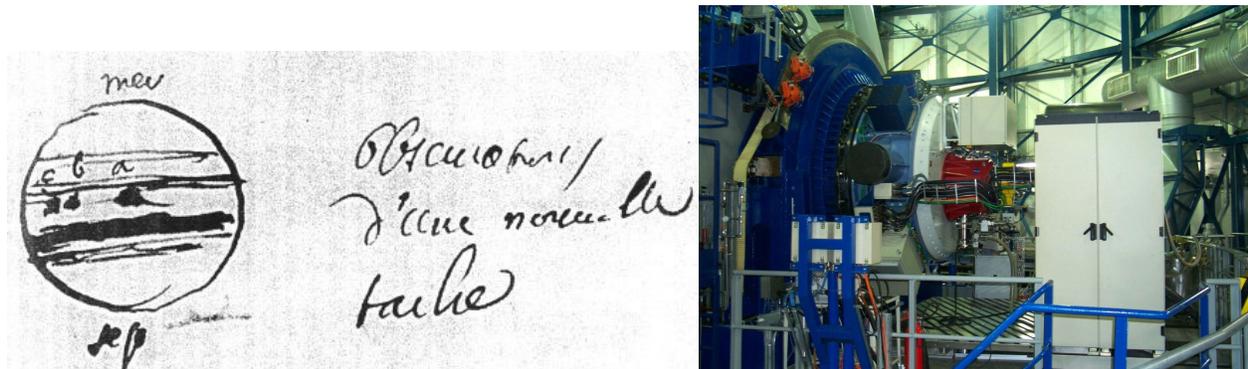


Figure 1 échantillons de la palette du matériel iconographique mis en ligne dans les formations d'Astrophysique sur Mesure. À gauche : tache nouvellement observée par l'astronome Cassini sur Jupiter en mars 1684 (crédits : Bibliothèque de l'Observatoire de Paris) ; à droite : l'instrument d'optique adaptative NAOS, au foyer Nasmyth d'un des télescopes du VLT (crédits : ESO).

3. Ressources

Le projet Astrophysique sur Mesure a débuté en 2001 suite à une réponse positive à l'appel à projets Campus Numérique lancé par initiative ministérielle. Le budget acquis nous a permis de mettre en place une cellule TICE, pour le développement de ressources multimédia. Nous avons choisi de développer nos projets en ligne à l'image des grands projets instrumentaux que nous menons dans la discipline. Cette approche projet nous a permis d'éviter des écueils, tels le choix d'outils inappropriés.

3.1. Spécifications techniques

Notre choix technique pour le développement des sites s'est porté sur l'utilisation de XML, avec une claire séparation entre la présentation et le contenu. De précédents projets ont montré le coût d'un développement de cours en HTML : le mélange de la description du contenu et de la présentation des pages complique toute modification ou évolution. L'utilisation de CSS permet de limiter ces problèmes, mais XML va bien au-delà. Il permet une complète indépendance entre le contenu sémantique et sa présentation sur la toile. Utiliser XSLT pour passer de XML à HTML ouvre des possibilités, telle la présentation sur chaque page d'une table des matières, sans passer ni par des frames HTML ni par Javascript.

Un autre avantage est de sortir du modèle où dans un premier temps le créateur de contenu édite sa production sur un traitement de texte, et où ensuite l'ingénieur transforme la production pour sa mise en ligne, modèle qui ne permet pas de mises à jour aisées. Dans le contexte fortement évolutif de l'astronomie, piloté par des avancées observationnelles permanentes, nous n'avons pas les moyens de faire des mises à jour « à la main » chaque année.

Selon ces choix, il est apparu pertinent de bénéficier d'un éditeur XML de type WYSIWYM (What You See Is What You Mean) incluant des capacités graphiques. Il n'en existait pas au lancement du projet, et encore aujourd'hui, le choix reste limité, avec juste de bonnes solutions commerciales orientées vers l'informatique et non l'enseignement. Tirant parti de nos compétences, nous avons décidé de créer notre propre éditeur XML, en parallèle au développement d'un langage XML adapté à l'enseignement en ligne et d'une feuille de style XSL ad hoc. L'éditeur Jaxe (JAXe XML Editor, <http://jaxe.sourceforge.net/>), gratuit, est disponible sous licence libre, pour d'autres établissements souhaitant créer du contenu en ligne.

Durant les 8 dernières années, nos contenus et nos présentations ont rapidement évolué de façon indépendante, ce qu'aucun autre outil n'aurait permis. L'éditeur Jaxe, bien que requérant un développement conséquent, est utilisé par d'autres établissements, et aussi en dehors du cadre universitaire. Jaxe a facilité notre interopérabilité avec d'autres établissements. Ainsi, il nous a été possible de transformer radicalement l'un de nos cours pour le proposer à une Université avec une charte graphique et une navigation complètement différentes de l'original ; il a suffi de créer une feuille de style réutilisant les documents XML originaux.

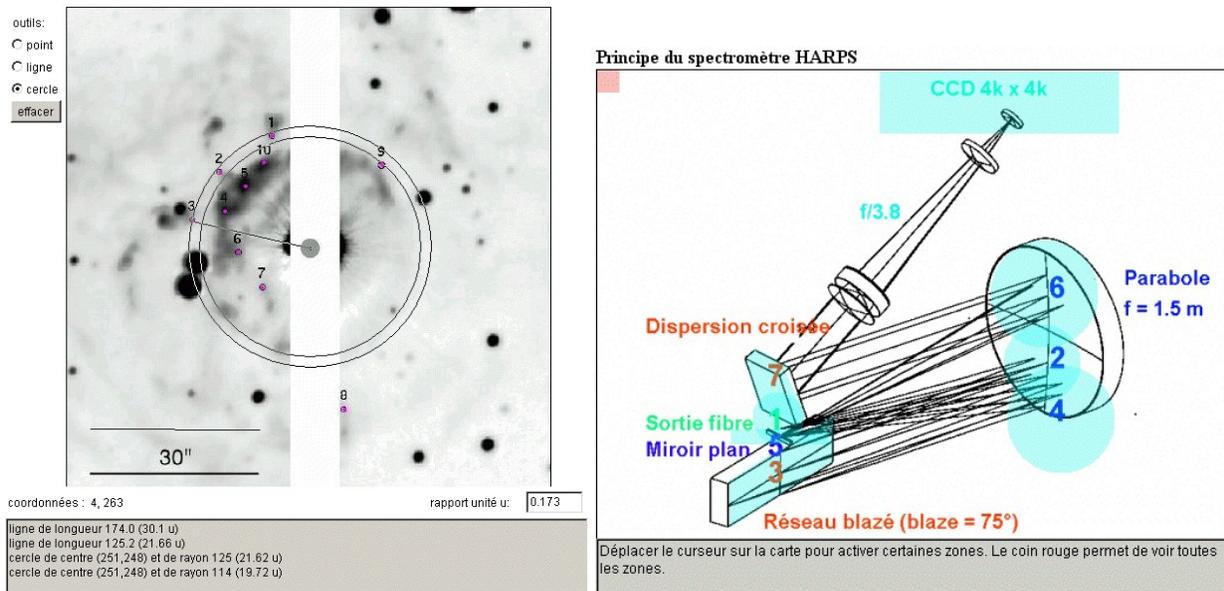


Figure 2 : Exemple d'applettes Java créées à l'Observatoire. À gauche : analyse d'une image de l'environnement circumstellaires de la Céphéide RS Pup observée par Kervella et al. 2008 ; à droite : analyse d'un schéma optique du spectromètre HARPS dédié aux mesures ultra-précises de vitesse radiale (Pepe et al. 2003).

Comme un nombre croissant d'Universités s'appuie sur XML pour de nouveaux développements, mais pas toujours avec le même langage XML, nous avons également créé des feuilles de style pour traduire les contenus selon ces différents langages XML. Là encore, ce n'est possible qu'en raison d'une claire séparation du contenu des documents et de leur forme.

Table 1 : exemples d'applettes Java développées dans le cadre d'Astrophysique Sur Mesure	
Présentation d'une image	La souris active des explications sur différentes portions d'une image ou d'un schéma
Fonction tableur	Même basique, ce tableur permet de réaliser une fonction essentielle en physique : travailler sur des données, obtenir un graphe, y vérifier une loi, en extraire des paramètres.
Lecture d'un cliché céleste	Avec accès direct aux coordonnées équatoriales
Lecture d'un graphe	Avec accès direct aux coordonnées d'un graphe
Diaporama	Pour présenter et comparer différents clichés, schémas ou graphes
Applettes Java spécifiques	Rayonnement du corps noir, spectromètre par transformée de Fourier...

3.2. Choix pédagogiques

D'après les recommandations générales pour les cours en ligne, nous avons choisi de développer nos contenus en pages courtes, réduites la plupart du temps à 2 écrans. Pour "Fenêtres sur l'Univers" (FsU), nous avons suivi la présentation en 5 rubriques dérivées de celles de "Université en Ligne" (UEL, <http://www.uel.education.fr/> ; Jacquinet & Fichez 2008). Ces rubriques sont respectivement : Observer, Apprendre, Simuler, S'exercer, S'évaluer. C'est spécifiquement pour FsU que nous avons mis en avant les observations, selon la volonté d'introduire une question scientifique par des faits observationnels.

Cette rubrique "Observer" nous permet aussi d'introduire la documentation riche et plaisante de l'astronomie, et, ne nous en cachons pas, de nous en servir comme produit d'appel. A l'heure où les sciences n'attirent plus guère, pourquoi se priver de nos atouts ?

La rubrique "Apprendre" apporte les réponses aux questions posées, sous le format classique d'un cours, mais selon un découpage thématique très fin. Pour la rubrique "Simuler", nous avons développé de multiples outils, tant génériques que spécifiques (Figure 2, Table 1). Nous avons rapidement saisi que de tels développements nécessitent non seulement de gros efforts, mais aussi une interaction étroite entre enseignants et ingénieurs. Pour leur conception, nous avons privilégié une approche de type projet, s'appuyant en tout premier lieu sur un cahier des charges précis pour chaque simulation développée.

Comme l'interaction avec les élèves en ligne passe essentiellement par les exercices, la rubrique "S'exercer" en présente en grand nombre. Les solutions en ligne ne sont pas présentées abruptement, mais introduites par un ensemble d'aides. Des QCM sont bien sûr disponibles, si possible avec une correction en ligne argumentée.

Finalement, la rubrique "S'évaluer" comporte des exercices et des problèmes, sans solution. À ce niveau, les étudiants testent la réussite de leur auto-apprentissage, par l'envoi des réponses aux tuteurs.

Le parcours "Astronomie et Mécanique Céleste" utilise les mêmes outils, mais de manière plus informelle. Pour tous les parcours, nous veillons à rester le plus proche possible de l'astrophysique actuelle, en introduisant régulièrement des développements récents ; un exercice s'appuyant sur une observation quasi inédite est perçu comme un élément très motivant (Fig. 2).

Formation	Astronomie et Mécanique Céleste	Fenêtres sur l'Univers
Acronyme	AMC	FsU
Prérequis	Bac scientifique	L1 à L3
Niveau	L1	L2 à M1
Contenu	Astronomie	Physique pour l'astronomie et l'astrophysique
Parcours	1 parcours	5 parcours
Durée	1 an	1 à 2 semestres
Diplôme	Diplôme d'Université	Diplôme d'Université, ou validation en ECTS
Site d'information	http://foad.obspm.fr/rubrique102.html	http://foad.obspm.fr/rubrique89.html
Site public	http://media4.obspm.fr/public/AMC/	http://media4.obspm.fr/public/FSU/

3.3. Les contenus

Après un effort de collecte des ressources existantes, et une phase de production en lien avec de nombreux partenaires (Universités Paris 6, 7, 11, d'Orléans, IUFM Midi-Pyrénées), les 2 parcours "Astronomie et Mécanique Céleste" (AMC) et "Fenêtres sur l'Univers" (FsU) ont ouvert en 2006.

Leurs principales caractéristiques sont présentées en Table 2. Avant leur ouverture en ligne, les formations avaient été testées en présentiel avec des étudiants de l'Observatoire de Paris ; elles sont par ailleurs toujours utilisées comme support des cours en présentiel.

"Astronomie et Mécanique Céleste" présente un vaste panorama de l'astronomie au niveau d'une première année universitaire. La formation est organisée en 6 chapitres : Du big bang aux planètes ; Mécanique céleste, temps et calendriers ; Soleil, Terre, Lune ; le Soleil, Histoire, Travaux pratiques. La figure 3 reprend la page d'accueil de AMC.

"Fenêtres sur l'Univers" donne accès à l'astrophysique par 3 chapitres s'appuyant sur des mesures physiques : Temps & distance ; Masse ; Température. Ces chapitres introduisent ainsi les mesures de

l'astronomie, avec ses échelles de temps caractéristiques, ses unités particulières, ses référentiels ; puis la gravitation entre en jeu, pour expliquer et comprendre les lois dynamiques à diverses échelles de l'Univers ; enfin, l'introduction de notions de thermodynamique permet de s'intéresser à l'évolution stellaire. Un 4ème chapitre traite de l'instrumentation en astrophysique. Une caractéristique particulière de FsU est de délivrer des crédits d'enseignement (ECTS) au niveau Licence ou Master. Ceci nous permet de proposer des cours d'astronomie à des étudiants scientifiques inscrits dans un établissement n'en offrant pas.



Figure 3 : page d'accueil du site de formation d'Astronomie et Mécanique Céleste (crédits : astrophysique sur mesure).

3.4. Site public et site de formation

Les formations apparaissent via 2 plateformes différentes. La première est ouverte à tout internaute ; les sites correspondants reçoivent plus de 50 000 visites par mois. Cette affluence importante peut s'expliquer tant par la qualité du site que par son contenu original en libre accès. L'accès à la seconde plateforme est réservé aux élèves inscrits en formation. Le contenu présenté est identique au site public, mais inclut plus d'outils et de services : forum de discussion, moteur de recherche, aide en ligne. Il permet aussi un lien direct entre chaque élève et son tuteur. La relation élève-tuteur se vit essentiellement par mail, par l'intermédiaire des exercices.

Les informations sur les formations et les conditions d'inscription sont données en ligne (cf. Table 2).

4. Les élèves et le tutorat

4.1. Identité et motivation des élèves

En plus des étudiants dûment inscrits dans un établissement universitaire, la plupart des étudiants de nos formations sont médecins, ingénieurs, informaticiens, pilotes, enseignants de matières scientifiques,

animateurs scientifiques, journalistiques scientifiques ou astronomes amateurs. En cette mesure, "Astrophysique sur Mesure" joue un rôle important en formation continue. Bon nombre d'entre eux, et même parmi les élèves retraités, sont impliqués dans l'animation scientifique ou astronomique ; ils souhaitent souvent via nos formations rafraîchir leurs connaissances. ASM participe donc fortement à l'une des missions de l'Observatoire de Paris : la diffusion des connaissances. Notons enfin qu'une fraction non négligeable des élèves étudie depuis l'outremer ou l'étranger : Guyane française, Algérie, Belgique, Cameroun, Italie, Maroc, Portugal, Suède, Suisse, Tunisie, USA...

4.2. Le tutorat

L'expérience montre qu'un tutorat actif en ligne s'avère indispensable pour maintenir la motivation des étudiants (Sulčić & Sulčić 2007). Par conséquent, nous avons fourni un effort significatif dans cette direction : plutôt que d'attribuer de nombreux enseignants pour l'enseignement en présentiel à un nombre restreint de happy fews, nous avons mis en place du tutorat pour un plus grand nombre. Ces tuteurs sont recrutés parmi les astronomes de l'Observatoire ou les étudiants en thèse .

Afin de bien commencer l'année et de vivifier la motivation des étudiants, nous proposons une journée de rentrée, pour une prise de contact tant avec la plateforme et ses outils qu'avec l'équipe des tuteurs. Ce contact est de prime importance, et introduit d'emblée une personnalisation du tutorat, en permettant de mieux comprendre les motivations propres de chaque élève ; mieux les connaître permet ensuite de mieux les accompagner dans leur formation.

Nous rencontrons les étudiants pour la validation de la formation, en 1 ou 2 étapes selon la longueur du parcours. La motivation pour l'examen joue un rôle important dans la motivation pour la formation. À cette deuxième rencontre, nous faisons un bilan de la formation, afin de pouvoir bénéficier de leurs expériences et orienter au mieux nos efforts. Leurs retours s'expriment le plus souvent de façon très similaire : si leur première expérience en enseignement à distance (il s'agit le plus souvent d'une première !) est d'abord déroutante, l'efficacité de la formation découle rapidement de l'appui des outils multimédia en ligne et du tutorat.

Malgré tout, un quart environ des étudiants abandonne rapidement la formation. Ces abandons surviennent le plus souvent très tôt dans la formation : après l'inscription et le paiement afférent des frais d'inscription, les élèves ne se mettent pas au travail et n'envoient pas d'exercices à leur tuteur. Afin d'éviter ces échecs, nous conseillons aux candidats de butiner sur le site en accès public avant de prendre une décision ferme d'inscription.

5. Développements

5.1. Projets

L'Observatoire de Paris est membre de 2 UNT : UVED (Université virtuelle environnement et développement durable, <http://www.uved.fr/>) et UNISCIEL (Université des sciences en ligne, <http://www.unisciel.fr/00-perso/index.asp>) et contribue, à son échelle, à leur développement. D'avoir partagé nos ressources avec elles nous permet de faire connaître un ensemble de cours en astronomie-astrophysique cohérent et de qualité. Le succès rencontré avec AMC et FsU ouvre la voie à de nouveaux développements. Actuellement, un chapitre intitulé "L'Astronomie dans l'apprentissage des Mathématiques" est en préparation. D'autres contenus vont voir le jour prochainement, en lien avec des partenaires universitaires et des observatoires, afin d'ouvrir ASM vers d'autres sujets de l'astronomie et de l'astrophysique.

Les nombreux bénéfices apportés par un enseignement bien organisé en ligne sont suffisants pour motiver de tels développements. L'un de ces bénéfices est clairement d'apporter à nos étudiants de Master et d'École Doctorale des ressources en ligne, accessibles à tout instant, en complément de leur formation.

Enfin, nous comptons prochainement proposer une traduction en espagnol du site "Fenêtres sur l'Univers" (Ventanas Al Universo), pour des collaborations avec différents pays en Amérique du Sud.

5.2. Formation continue

L'enseignement en ligne ne répond pas à tous nos besoins de formations, et nous avons développé 2 cours en présentiel (<http://duop.obspm.fr/>, Balkowski et al. 2009): "Explorer et Comprendre l'Univers" et "Structuration de l'Univers". Ces formations proposent des cours, de la mécanique céleste à la cosmologie, chaque semaine à l'Observatoire de Paris. Elles apportent plus particulièrement ce que l'enseignement en ligne ne propose pas directement : une semaine de stage pratique, à l'Observatoire de Paris, pour l'analyse et le traitement de données, et une semaine de stage d'observation à l'Observatoire de Haute-Provence. Les cours de la formation "Structuration de l'Univers", deuxième année de "Explorer et Comprendre l'Univers", sont animés par les élèves eux-mêmes, qui préparent un mémoire sous la direction d'un astronome.

6. Discussion

De notre expérience découlent quelques enseignements, dont particulièrement :

- L'enseignement en ligne nécessite d'importants investissements à chaque étape : la création d'une plateforme et de contenus représente pour l'établissement un effort considérable en enseignants et ingénieurs, avec une cellule multimédia performante ; ensuite, lorsque le site existe, l'effort en tutorat est important ; enfin, même quand tout roule, les maintenances technique et pédagogique réclament encore un investissement conséquent.
- L'enseignement en ligne est complémentaire au présentiel : dans les conditions de l'Observatoire de Paris, il nous ouvre très clairement de nouveaux horizons, et nous permet d'atteindre des élèves qui seraient sinon restés sans possibilité d'accès à l'astronomie.
- L'enseignement en ligne nous permet de valoriser des ressources existantes, tant numériques que non numériques. Il apparaît aussi comme un support efficace pour les cours en présentiel.
- L'enseignement en ligne motive le partage de ressources, et leur distribution gratuite.
- L'enseignement en ligne apporte une formation efficace sans condition de temps, distance ou numerus clausus. Et la plupart de nos élèves sont motivés, apprécient les cours, travaillent passionnément, et réussissent.

Remerciements

Nous tenons à remercier tout particulièrement Françoise Roques, Directeur de l'Unité Formation Enseignement de l'Observatoire de Paris, pour sa clairvoyance et son énergie qui ont initié le projet en 2001, puis l'ont porté. Les diverses réalisations auraient été impossibles sans le travail efficace des collègues impliqués dans la cellule TICE de l'Observatoire de Paris : Gilles Bessou et Marie-France Landréa. BM souhaite remercier notre chef de projet(s) performant, Damien Guillaume. Il remercie aussi pour leurs contributions à "Fenêtres sur l'Univers" Michèle Gerbaldi et Gilles Theureau. Des échanges motivants et constructifs avec Monique Vindevoghel et ses collègues lillois nous ont mis sur la bonne piste.

Références

Balkowski C. et al (2009). IAU 260 : The Role of Astronomy in Society and Culture, IAU proceedings, in press
Jacquinot, G. & Fichez, E. 2008. L'université et les TIC, coll. perspectives en éducation et formation. Édition de Boeck
Kervella, P., Mérand, A., Szabados, L., Fouqué, P., Bersier, D., Pompei, E., & Perrin, G. 2008, A&A 480, 167
Mosser B. et al (2009). IAU 260: The Role of Astronomy in Society and Culture, IAU proceedings, in press
Pepe, F., Bouchy, F., Queloz, D., & Mayor, M. 2003, Scientific Frontiers in Research on Extrasolar Planets, 294, 39
Sulčić, V. & Sulčić, I., 2007. Issues in Informing Science and Information Technology, vol. 4, 201