



JMMC-MIN-0000-0002

Date : 28/01/2001

JMMC

MINUTES DU CONSEIL SCIENTIFIQUE

Nice, 25-26 janvier 2001

Présents : Philippe Berio (OCA), Alain Chelli (LAOG, responsable scientifique du JMMC), Pierre Cruzalèbes (OCA, chef de projet JMMC-OCA, secrétaire de séance), Gilles Duvert (LAOG), Robert Lucas (IRAM), Guy Perrin (DESPA) et Eric Thiébaud (CRAL)

Invités : Bruno Lopez (OCA), Romain Petrov (UNSA, P.I. d'AMBER) et François-Xavier Schmider (UNSA)

Excusés : Denis Mourard (OCA)

Absent : André Lannes (CERFACS)

1 Contexte et objectifs du CS

1.1 Buts du CS

Alain Chelli rappelle les buts du CS à savoir :

- Préparer les négociations avec l'ESO. Les premières prises de contact sont à établir rapidement (avec Andreas Glindemann, Francesco Paresce). Auparavant, il faut avoir quelque chose à proposer, en particulier un logiciel de préparation des observations relatif à AMBER. Il faut insister sur l'intérêt de ce travail pour le VLT et apporter des propositions concrètes et réalistes : il y a ce qu'on veut faire et ce qu'on peut faire.
- Etablir le calendrier des moyens nécessaires en fonction des priorités des besoins. Les moyens humains seront demandés au prochain bureau qui devrait se réunir vers mars ou avril 2001. Auparavant, l'évaluation des moyens devra être effectuée par les groupes de travail, avant la soumission au bureau. Alain Chelli rappelle que le calendrier est imposé par des contraintes extérieures (ESO en particulier).

1.2 Situations des pôles

Alain Chelli fait le point sur le pôle JMMC-LAOG. Le départ de Michel Sacchetini pour un autre laboratoire a pour conséquence qu'il n'y a plus de chef projet au JMMC-LAOG pour l'instant. Un poste externe d'ingénieur d'études (IE) informaticien est ouvert, pour AMBER à court terme, pour le JMMC à plus long terme. Le JMMC a besoin d'un poste d'ingénieur de recherche (IR). Un AFIP est prévu pour l'été 2001 mais des difficultés sont à prévoir pour pourvoir le poste. Il est rappelé que le JMMC a été créé par l'ASHRA pour l'accomplissement d'un certain nombre de tâches et que, par conséquent, le soutien de l'INSU est nécessaire pour la réalisation de son mandat.

Alain Chelli rend compte également de la discussion récente avec le directeur de l'IRAM pour accueillir le JMMC-LAOG au sein de locaux communs avec le Centre ALMA, en cours de création et qui aura la responsabilité de la réduction des données d'ALMA pour l'Europe.

Dans cet ordre d'idée, un groupe commun ALMA-JMMC est en cours de création sur les aspects d'environnement de programmation qui intéresse également ALMA.

Pierre Cruzalèbes fait le point sur l'état d'avancement du pôle JMMC-OCA, en particulier en ce qui concerne l'étude en cours pour la construction d'un bâtiment qui accueillera des salles pour le JMMC et regroupera une grande partie des interférométristes de l'OCA. Le financement de ce projet est en cours d'obtention, et le bâtiment est inscrit d'ores et déjà au Contrat de Plan Etat-Région (PACA). Une surface de 400 m² environ est prévue, pour un budget de 2 à 3 MF. La question du désenclavement des réseaux informatiques de Grasse et de Calern est également à l'étude (via des faisceaux hertziens haut débit vers Sophia-Antipolis).

Pour les pôles, un calendrier et une liste des moyens humains reste à établir précisément.

2 Groupe préparation des observations

2.1 Présentation du Cahier des charges

Philippe Berio présente le Cahier des charges rédigé par le groupe placé sous sa responsabilité. Il commence par dresser rapidement un état des lieux concernant les logiciels de préparation existants pour les interféromètres IOTA, GI2T, PTI, AMBER et MIDI. Puis il expose les fonctionnalités générales du futur logiciel sous la forme d'un organigramme (voir page 7 du Cahier des charges) dont il détaille les différents modules.

Concernant le module Modélisation analytique, qui fournit essentiellement des cartes de brillance, la discussion s'engage sur la question de la sensibilité des paramètres de l'objet aux configurations instrumentale, qui impose de tester plusieurs configurations. La liaison directe entre les paramètres de l'objet et les observables (visibilités) est ensuite commentée : il faut connaître les observables en fonction des paramètres, mais également les dérivées de ces mêmes observables en fonction des paramètres.

Avec le module Recherche de calibrateurs, le travail de Xavier Delfosse est présenté, il consistait à établir une proposition de calibrateurs primaires et secondaires. Les calibrateurs primaires ne présentent pas de variation temporelle, ni d'étoile compagnon dans l'hémisphère Nord, on peut en trouver une quarantaine, ce qui conduit à un total de 100 objets environ pour tout le ciel. Les calibrateurs secondaires (plus nombreux) sont extraits des catalogues tels que Denis, Tycho... et sont choisis en fonction de critères de distance (angulaire) aux étoiles de science, de magnitude, de diamètre...

Philippe Berio présente ensuite le module Configuration géométrique qui décrit en 15 paramètres le fonctionnement de l'interféromètre utilisé. Le module Configuration instrumentale décrit quant à lui les fonctionnalités de l'instrument focal (longueur d'onde, polarisation...).

Le module Calcul des tables (u,v) est au coeur du logiciel. Il intervient directement sur le module Ajustement de modèles en donnant des barres d'erreurs (à minimiser) sur les paramètres du modèle. Si la modélisation analytique permet d'ajuster directement les modèles, la modélisation numérique nécessitera de passer par un modèle semi-analytique, qui pourra, lui, être ajusté via des paramètres adéquats. A ce stade de la discussion, Gilles Duvert insiste sur la nécessité de développer des outils de visualisation "intelligents" pour l'interface Homme-Machine. A la question du nombre de configurations disponibles au VLTI, Romain Petrov répond que 200 sont possibles (au stade actuel). Gilles Duvert affirme l'idée générale consistant à obtenir la réponse impulsionnelle la plus propre possible (sans trous). Toutefois, dans le cas de modèles simples, il ne sera pas nécessaire de couvrir tout le plan (u,v) de la façon la plus uniforme possible. Il est enfin rappelé que le calcul des erreurs de mesure nécessitera la connaissance des barres d'erreurs fournies par les groupes instrumentaux.

Le module Observabilité consistera au moins en une aide graphique pour le choix des séquences d'observation au cours des nuits, et devra à terme devenir un outil automatique de minimisation des temps morts.

2.2 Discussion stratégique

L'exposé du Cahier des charges par Philippe Berio conduit à une discussion plus stratégique sur la création d'un outil complètement nouveau ou sur l'optimisation d'un logiciel existant (tel OIPT). Dans tous les cas, une ou plusieurs itérations avec un certain nombre de partenaires (ESO) seront nécessaires. Il faut maintenir la modularité du logiciel et réfléchir à son évolution ultérieure.

Eric Thiébaud intervient pour affirmer qu'une base commune doit être définie, au moins pour ce qui concerne les notations utilisées, les équations et le formalisme mathématique. Une certaine homogénéité dans les noms de variables, des unités, etc., doit être recherchée. Idem pour les formats d'échanges entre les différents modules.

Alain Chelli rappelle que les échéances sont les suivantes :

- L'école nationale en octobre 2001 à Nice, avec travaux pratiques pour la formation à l'interférométrie des demandeurs de temps d'observation au VLTI
- L'instrument MIDI pour lequel la date limite des premières demandes de temps d'observation est fixé au 1er avril 2002
- L'école internationale en février 2002 aux Houches (mêmes buts que pour l'école nationale)

L'utilisation d'OIPT ou la création d'un autre logiciel nécessitent d'identifier au préalable des phases, pour faire évoluer un noyau de programmation. A propos du logiciel P2PP (*Phase 2 Preparation Program*) de l'ESO, Gilles Duvert précise que son utilisation nécessite au préalable de savoir très bien ce que l'on veut. Dans le cadre d'ALMA, Robert Lucas indique qu'il est prévu de développer un simulateur, à la différence (notable) que les observateurs n'auront pas le choix des configurations de l'interféromètre. La question se pose également de l'utilisation à ce stade du format de données interférométriques déjà défini et utilisé par l'ESO.

Le Conseil propose que, à l'échéance de l'école nationale d'octobre 2001, l'un des logiciels existant (OIPT ou SimVLTI) soit amélioré, et que le travail préliminaire sur

le futur logiciel de préparation des observations soit mené en parallèle. Les contraintes pour ce nouveau logiciel sont :

- Etre suffisamment complet pour les échéances de 2002 (MIDI pour avril puis AMBER pour octobre)
- Etre suffisamment souple pour permettre l'implémentation de nouvelles fonctionnalités

Le format d'échanges de données interférométriques de l'ESO n'est actuellement pas encore figé et est en train d'évoluer.

Romain Petrov fait remarquer qu'il manque une réelle phase de montage de projet. Le document intitulé "Cahier des charges" par le groupe de travail du logiciel de préparation des observations s'apparente plus à une description des besoins des utilisateurs (*user requirement* dans la terminologie de conduite de projet ESO). L'analyse précise prenant en compte les contraintes et contenant le phasage du logiciel reste à faire (*specification description*) avant la phase de réalisation proprement dite.

Alain Chelli soulève la question de la faisabilité de la conception d'un nouveau logiciel pour décembre 2001. Gilles Duvert et Romain Petrov estiment qu'il serait faisable, pour cette échéance, d'injecter au moins une partie des concepts nouveaux dans un logiciel existant. Le groupe de travail actuel pourrait travailler en parallèle pour établir un véritable user requirement. Romain Petrov propose :

1. La réalisation d'un noyau dur sans optimisation sur la base d'OIPT ou de SimVLTI (avec quand même une phase d'établissement d'un *user requirement*)
2. L'étude d'un programme plus ambitieux optimisé.

La question posée est : pourra-t-on réutiliser le noyau réalisé pendant cette première phase ? En tout état de cause, l'expertise acquise sera réutilisable, ainsi que les retours des utilisateurs. Le travail spécifique de modification du logiciel OIPT semble relativement léger, mais non réutilisable tel quel. Il manque actuellement dans le logiciel l'intégration du module ETC (*Exposure Time Calculator*) ainsi que le lien avec les sources de calibration. Gilles Duvert estime à 15 jours ce travail, mais ne souhaite pas le prendre en charge tout seul.

Philippe Berio se propose de travailler avec Gilles Duvert pour modifier OIPT et le rendre opérationnel pour l'école nationale d'octobre 2001, sans oublier la rédaction du manuel d'utilisation comprenant la notice technique et la notice scientifique. En parallèle, le groupe travaille sur la rédaction du *user requirement* du nouveau programme, travail qui devra prendre 6 mois au maximum.

Au prochain CS devront donc être abordés les points suivants :

- L'avancement de l'actualisation d'OIPT (et de son manuel d'utilisation)
- La description (la plus détaillée possible) du produit final, c'est-à-dire la présentation du cahier des charges détaillé comprenant ce que veut voir l'utilisateur et décrivant comment ça marche. Il est bien clair que ce cahier des charges ne sera pas le *user requirement* directement utilisable par les codeurs pour réaliser ce logiciel.

Afin de préparer le prochain rendez-vous avec l'ESO de février, un document synthétique est à rédiger tout de suite, présentant un plan d'action et décrivant le phasage en deux étapes :

1. OIPT amélioré

2. Logiciel incluant le feedback avec les modèles

Les besoins du groupe de préparation des observations sont estimés à 1 ingénieur de recherche informaticien à partir du second semestre 2001 pour travailler sur la rédaction du *user requirement* (une fois que le *user specification* sera établi par les astronomes). Un ingénieur d'études sera nécessaire pour produire le code proprement dit.

3 Groupe environnement de programmation

Gilles Duvert présente, à la place de Pierre Valiron, l'état d'avancement des travaux du groupe. A l'heure de la réunion, aucune action n'a été entreprise par le groupe. Les contacts sont à prendre avec les autres communautés, à partir de février prochain. Une présentation des actions menées par le groupe pourra être faite lors du prochain CS (dans 3 ou 4 mois). Il est rappelé que, même si les missions confiées à ce groupe relèvent du long terme, elles n'en sont pas moins fondamentales.

Une discussion s'engage sur la nécessité d'utiliser des programmes compilés. Le point clé reste la portabilité des programmes. Romain Petrov précise que ces questions ne sont pas un problème d'actualité.

Lors du prochain CS, des éléments de réponse seront apportés à la question du standard de programmation. Un document prospectif de définition des concepts et des besoins (*technical spec*) sera produit. Le CS demande que ce projet soit décrit en terme d'objectifs, de phases, etc.

4 Groupe GI2T

Philippe Berio présente le document produit par le groupe, sous la responsabilité de Denis Mourard. Un ingénieur à temps plein (Monique Pierron) s'occupe de la réalisation du logiciel de réduction des données. Aucune aide n'est demandée au JMMC pour ce point.

Les perspectives de recherche/développement proposées au JMMC sont les suivantes :

1. Traitement des données en correction partielle sans filtrage spatial.(GI2T/AMBER avec Optique Adaptative ou AMBER avec champ)
2. Optimisation des performances à partir de la caractérisation des paramètres atmosphérique (L_0 , r_0 , t_0) en liaison avec l'expérience GSM. La connaissance fine des paramètres atmosphérique est nécessaire si on vient "chatouiller" une précision de 10^{-3} (pas vrai en analyse de type *multi-speckles*). Romain Petrov précise que le groupe Optique Atmosphérique de l'UNSA pourra donner des objectifs intermédiaires. Alain Chelli fait remarquer à ce propos (voir chapitre 6) qu'il manque dans la proposition d'Aziz Ziad des objectifs intermédiaires conduisant à des réalisations utilisables. La comparaison des paramètres issus de l'expérience GSM et de ceux issus des interféromètres reste au cœur de la problématique. En ce qui concerne AMBER, Romain Petrov liste quelques questions concrètes dans ce domaine :
 - Quelles informations atmosphériques faut-il garder et avec quelle précision?

- Doit-on utiliser les infos de seeing (fournies par le senseur de front d'onde, le suiveur de franges...)?
 - Quelles infos supplémentaires (apportées par d'autres expériences telles que GSM) sont-elles nécessaires?
 - Peut-on prévoir le *seeing* à l'avance?
3. Format commun de sauvegarde des mesures interférométriques.

A la lecture du document produit par le groupe, il n'apparaît pas de plan de développement clair de l'instrument GI2T (en terme de software). Tandis que le mode franges dispersées semble terminé (il reste quand même à tester et à valider les programmes sur des données réelles), le mode Courtès reste à implémenter ; idem pour le mode polarimétrique. Un séquençement des tâches est souhaité. Dans le but de coordonner les travaux de développement entre les différents logiciels de dépouillement, il faudrait savoir ce qui est fait, ce qui est en cours et ce qui est en projet. Le point IX du document (Développement du programme) est à remettre en forme afin d'en sortir un document synthétique. Les besoins, en particulier en terme de moyens humains nécessaires, doivent être exprimés (par exemple qu'il manque un ingénieur informaticien pour le contrôle instrumental). Enfin, il faudrait rapidement être en mesure de fixer les frontières entre les compétences (en terme de missions) qui incombent au JMMC et celles qui restent du ressort du GI2T.

5 Groupe AMBER

Romain Petrov présente les tableaux intitulés *Task needed to support and/or optimize AMBER* (voir annexe, les chiffres sont donnés en unité de semaine).

Les tâches listées sont les suivantes :

- VLTi operation
- Detector window optimization
- Piston info to correct measures in real-time
- 2T Fourier Space estimator
- 3T Fourier Space estimator
- Crossed estimators
- 2nd iteration differential proc
- Phase-closure accuracy- Differential phase-closure
- Extended objects with single mode AMBER
- VLTi + 1T AO
- Optimize exposure cycles
- Multimode 2T
- Correlated measurement problem
 - Instrumental specs (BeamCommuter Device)
 - Define tests
 - Multimode 3T
 - Use in Exposure Time Calculator
 - Use in post-processing and model fitting
- Piston info to correct measures in postprocessing
- Use of VLTi seeing info (specify format and rate of data)
- Additional seeing info
- Seeing forecast
- Differential OPD analysis

- Differential OPD fits

Les besoins exprimés par groupe AMBER sont (sans compter les phases de définitions ni de R&D) :

- 48 semaines d'IR (pour 1 an d'ici à la fin 2002)
- 90 semaines d'IE (soit 2 postes)

Une discussion s'engage sur le soutien du JMMC à l'embauche éventuelle sur des thèmes scientifiques précis. Gilles Duvert tient à rappeler que le JMMC est avant tout un pôle de production. Le consortium AMBER s'est engagé à fournir à la communauté ESO des algorithmes plan image (Phase to Visibility Matrix). Le JMMC pourrait s'occuper des algorithmes spécifiques au plan de Fourier.

Compte tenu du nombre important de tâches listées par Romain Petrov relatives à AMBER, le JMMC pourra inciter certaines actions telles que :

- Les travaux sur les estimateurs
- Le post-processing (corrélation temporelle et ses effets)
- Les paramètres atmosphériques
- Le multi-mode

Romain Petrov et Alain Chelli se chargent de réaliser une synthèse qui sera envoyée à tous les membres du CS. Pour l'ESO, un document de présentation générale, insistant sur l'intérêt de couvrir par le JMMC les besoins du traitement des données AMBER, sera également rédigé.

6 Optique atmosphérique

Alain Chelli présente la lettre d'Aziz Ziad. Le JMMC encourage vivement la demande, mais demande des objectifs intermédiaires plus précis.

7 Groupe ajustement des modèles

François-Xavier Schmider présente les travaux du groupe ainsi que le document produit. Le mandat donné au groupe était de commencer à réfléchir sur l'interprétation des mesures.

Les questions préalables sont :

- L'ajustement des modèles est-il de la compétence du JMMC ?
- Le JMMC doit-il fournir des observables calibrées ou plus ?
- Les spécialistes du traitement du signal peuvent-ils apporter leur expérience au JMMC ? Dans le cadre des groupes de travail mis en place, des appels d'offre peuvent toujours être lancés vers d'autres équipes (issus d'autres communautés).

Le programme de préparation des observations inclut l'ajustement des modèles et la reconstruction d'images. Le calcul des tables (u,v) , qui est au coeur du programme, doit donner des indications sur la pertinence de la configuration choisie.

François-Xavier Schmider expose le formalisme utilisé. Soit $O A(x,y,l,<t>)$ un modèle de l'objet. Le modèle des mesures $M A(l,t)$ est à comparer aux mesures $y(l,t)$ affectées de leur bruit $b(l,t)$ (incluant les bases et les incertitudes associées). Cette comparaison se fait par une minimisation de la distance entre le modèle et les mesures, connaissant

la statistique (du bruit en particulier). Le méthode optimale reste celle du maximum de vraisemblance, qui converge asymptotiquement vers une solution et utilise une distance dérivée de la statistique du bruit (écart quadratique moyen dans le cas d'une statistique gaussienne).

Parmi les critères à respecter pour le choix de la méthode on peut citer :

- La convergence rapide
- Le respect des contraintes (de positivité en particulier)
- La robustesse (convergence vers les mêmes valeurs des paramètres)

Si l'estimation des incertitudes est primordiale, il ne faudra pas oublier les covariances sur les paramètres, nécessaires pour établir la validation statistique du modèle.

Le groupe de travail actuel comprend l'équipe ISA (Image et Signal en Astronomie) de l'UNSA associée à des spécialistes interférométristes (Guy Perrin, Philippe Berio, Philippe Stee). A ce groupe pourraient se joindre des astrophysiciens.

Au bilan il apparaît que les problèmes réels vont apparaître quand le nombre de paramètres sera très grand . A petit nombre d'ouvertures, l'approche actuellement utilisée suffit.

L'équipe ISA exprime un fort besoin de formation aux problèmes spécifiques de l'interférométrie, de façon très précise et en terme compréhensible pour des "matheux". Il faudra passer par une phase d'écriture des équations, depuis l'objet jusqu'aux mesures. Il faut en outre une excellente modélisation des bruits. D'un autre côté une formation des astrophysiciens à l'interférométrie sera certainement nécessaire, car les modèles numériques qu'ils utilisent ne sont généralement pas directement exploitables en interférométrie.

Alain Chelli indique que la grande majorité des problèmes astrophysiques sont correctement décrits par une statistique gaussienne ou poissonnienne, compte tenu de la précision des modèles astrophysiques. Les modèles géométriques utilisés sont simples et les modèles astrophysiques sont des modèles analytiques paramétrés.

Guy Perrin pense que la question à poser est : que gagne-t-on ou que perd-on à bien connaître ou à méconnaître la statistique correctement ?

Eric Thiébaud appuie la prise en compte des covariances. Elles peuvent par exemple influencer sur le poids des points aberrants, qui peuvent compter pour beaucoup sur une statistique gaussienne.

Romain Petrov propose de limiter le sujet aux modèles analytiques ou pseudo-analytiques (ajustés "localement" aux modèles physiques). Il propose les actions à court terme suivantes

1. Demande de formalisation mathématique correcte par les groupes instrumentaux avec mise au propre des équations dans un formalisme commun
2. Etude de la corrélation temporelle des bruits

François-Xavier Schmider répond que le premier point est en cours avec le GI2T en correction partielle, mais qu'il devrait intégrer à terme les instruments AMBER et MIDI. Bruno Lopez rappelle que les échéances probables de MIDI sont :

- 1res demandes de temps d'observation : 1er avril 2002
- 1res mesures : septembre 2002

Le calendrier proposé par le groupe pour le trimestre à venir est de 2 séances de formation par mois, avec à la clé une liste des pistes de travail à soumettre au CS pour un choix. Il faudra identifier les actions ponctuelles et urgentes.

François-Xavier Schmider rappelle que les motivations du groupe de Traitement du Signal sont :

- Des publications originales dans les revues spécialisées de leur domaine
- Des contrats avec soutien financier

Gilles Duvert rappelle que les propositions concrètes devront conduire à des appels d'offre pour une réalisation. Alain Chelli demande que le programme documenté soit réalisé pour septembre 2002. François-Xavier Schmider répond que le groupe actuel peut s'engager sur la fourniture de pistes et d'axes d'actions possibles. Romain Petrov affirme que l'organisation d'une école sur le Traitement du Signal en Interférométrie serait déjà une réussite à 150%. Ce thème pourrait être intégré dans les écoles programmées, des séminaires pourraient également être organisés. Bruno Lopez rappelle qu'une école nationale soutenue par la Formation Permanente du CNRS est programmée dans le but d'aider les astronomes à rédiger les programmes d'observation, et qu'une autre école orientée traitement du signal pourrait être envisagée dans 2 ou 3 ans.

François-Xavier Schmider insiste sur le fait que le groupe Traitement du Signal s'engagera sera la définition des axes d'actions, voire la rédaction des appels d'offre, avec définition précise du travail et des algorithmes. Bruno Lopez affirme que le transfert des savoir-faire est déjà un point très concret. Eric Thiébaud insiste quant à lui sur la nécessité de formaliser et de mettre en équation les modèles, ce qui n'empêche pas de chercher à utiliser les algorithmes d'ajustement des modèles disponibles sur le "marché".

Alain Chelli clôt le point en demandant une synthèse des travaux du groupe ajustement des modèles pour le prochain CS de mai/juin 2001. Il demande des propositions d'actions concrètes : qu'est-ce qui est utile, faisable pour l'utilisateur ? Un travail de prospective est demandé.

8 Groupe restauration d'images

Eric Thiébaud fait le point sur ce groupe qui ne s'est pas encore réuni. Sa composition n'est pas encore définitivement fixée : Le Besnerais, Conan, Cruzalèbes, Mugnier, Reynaud, Thiébaud, Lannes ?, Bijaoui ou Starck ?, Lanteri, Aime ?, plus un radioastronome.

Les objectifs de ce groupe sont :

- Développer et adapter les algorithmes de reconstruction d'images. Une formation des utilisateurs à ces algorithmes pourra se faire, en particulier pour répondre aux questions suivantes :
 - Quels sont les critères de choix des algorithmes ?
 - Quels sont les critères de sélection des images en fonction des contraintes ?
- Développer des simulations numériques pour tester les algorithmes.
- Ces simulations pourront également servir à optimiser les configurations.

- Etudier le problème de la reconstruction du champ.
- Utiliser la super-résolution spatiale.
- Fournir une ou plusieurs images reconstruites avec leurs erreurs.
- Reconstruire des images à deux télescopes.

Le point clé est vraiment la partie formation/explication, car il faut comprendre un minimum comment les algorithmes fonctionnent.

Les données utilisées sont :

- Les visibilitées et les clôtures de phase.
- Les bruits qui les caractérisent.
- La couverture pauvre du plan (u,v), trouée et limitée en fréquence, qui nécessite d'utiliser les techniques d'interpolation pour boucher les trous.

Les contraintes doivent être rajoutées. La contrainte de positivité seule est insuffisante car les incertitudes de mesures peuvent amener à des images radicalement différentes. Il faut donc régulariser le problème en rajoutant des contraintes plus subjectives.

L'algorithme de reconstruction d'image doit contenir un critère de sélection de la meilleure image (fonction de coût, "pénalisante"). Ceci est à distinguer de l'optimisation de la solution qui ressort des méthodes numériques. Il faut noter que les critères de sélection peuvent conduire à biaiser les images reconstruites.

Sa performance est fonction de :

- La sensibilité à la qualité des mesures (couverture (u,v))
- La sensibilité à l'objet (magnitude...)
- La résolution spatiale (super-résolution).
- Le champ reconstruit (échantillonnage de Fourier)
- La stabilité (problème numérique, résolu si régularisé)
- Temps de calcul (pas forcément négligeable dans le cas d'un grand nombre de paramètres)

Eric Thiébaud expose ensuite le formalisme mathématique qu'il utilise

$$x_{sol} = \arg \min [Q(x)] \text{ où } x \geq 0$$

$$Q(x) = \text{fonction pénalisante} = \mu L(m(x),d) + R(x)$$

où μ = poids, contrainte subjective sur l'objet, paramètre de Lagrange

L = accord modèle-données (vraisemblance)

R = accord avec contraintes a priori (régularisation)

L'analyse du système de mesure conduit à :

$$L(m(x),d) \propto -\text{Log} [\text{Pr}(d|m(x))] + \text{cste}$$

Par exemple $L(m(x),d) = (d-m)^t \cdot C_d^{-1} \cdot (d-m) = \|d-m\|_{C_d}^{-1}$ pour un bruit gaussien

Eric Thiébaud fait remarquer que les données sont hétérogènes (visibilitées et clôtures de phase). Enfin il rappelle qu'il faut bien distinguer le type d'a priori, ou de biais de régularisation, de la métrique elle-même, qui mesure les écarts aux contraintes objectives (les données) et subjectives (a priori).

Les ingrédients de l'algorithme sont :

- Les données.
- Le type de régularisation (introduisant un biais).
- L'optimisation (du domaine du traitement numérique).
- Les paramètres libres (pas trop libres quand même car il faut les fixer !).

Romain Petrov insiste sur le fait que la reconstruction d'image à 3 télescopes est à prendre en compte dans le travail, car ce sera la seule possibilité jusqu'en 2003/2004. Eric Thiébaud précise que la reconstruction d'image doit au moins permettre d'identifier l'objet observé, avant d'en faire des mesures photométriques. Le travail de test des algorithmes se fera à partir des simulations numériques, qui pourront faire partie intégrante du logiciel de préparation des observations.

Alain Chelli conclut la discussion en rappelant ce qu'il reste à faire, à savoir Définir les membres du groupe. Il manque en particulier un radio-interférométriste, ainsi qu'une personne connaissant bien les travaux d'André Lannes (Eric Anterrieu ?). Il demande qu'Eric Thiébaud rédige une synthèse écrite de ses transparents et précisant, pour la date du prochain CS, ce qui aura été fait (en quelques pages). En particulier, cette synthèse devra comprendre des propositions d'axes de développement et d'orientations des travaux du groupe. Alain Chelli fait toutefois remarquer que ce groupe travaille à moyen et long terme, et que, pour l'instant, il n'en est qu'au stade de Recherche/Développement.

9 Questions diverses

9.1 Bourses Marie-Curie

Alain Chelli propose que le JMMC soit labellisé centre d'accueil de bourses européennes Marie-Curie, au même titre que le DESPA, l'ONERA et l'IAS. La date limite pour faire cette demande est mai 2001. Les laboratoires membres du réseau doivent être impliqués. Ce programme de bourses favorise la mobilité des doctorants au sein de l'Union Européenne.

Bruno Lopez demande la différence entre ce programme et les programmes TNR qui imposent la participation de labos étrangers. François-Xavier Schmider fait remarquer que la préparation du 6e PCRD (Programmes Cadres Recherche Développement) a commencé, et qu'au stade actuel, on peut toujours y inclure des inputs (contacter Slimane Bensammar). Bruno Lopez se propose, quant à lui, de récolter plus d'infos sur les TNR auprès de Nicolas Epchtein qui est bien informé.

Gilles Duvert insiste sur l'intérêt d'accueillir des boursiers Marie-Curie au sein du JMMC.

Alain Chelli et Pierre Cruzalèbes se chargent de regarder plus en détail ces affaires (site WebCordis et infos CNRS-DR20).

9.2 Page Web

Les documents internes au JMMC doivent être mis sous un format uniforme. Eric Thiébaud et Gilles Duvert se chargent de créer des macros spécifiques, avec une numérotation des rapports. Philippe Berio est le Webmaster sur une machine du LAOG. Une adresse Webpropre au JMMC est à trouver. Philippe Berio demandera l'aide de Daniel Kamm de l'OCA (qui a créé et maintient le site Web d'AMBER). Le CS encourage la création de pages JMMClocales dans les différents labos du réseau (avec liens vers les pages du JMMC national, et réciproquement).

10 Ecoles

10.1 Ecole nationale

Bruno Lopez présente au CS le projet d'école nationale du 22 au 24 octobre 2001 à l'Observatoire de Nice, à partir des pages Web en préparation.

L'objectif de cette école est la communication du savoir-faire des groupes AMBER et MIDI pour la préparation des observations au VLTI, dans le but d'aider à la rédaction de demandes de temps d'observation au VLTI

Le soutien du CNRS est acquis. 120 kF ont été alloués grâce à l'aide de Jean-Pierre Rozelot et de Michèle Postel (formation permanente DR20). Le comité d'organisation est constitué par Bruno Lopez (OCA), Fabien Malbet (LAOG) et Monique Fulconis (OCA). Le comité scientifique est constitué par Bruno Lopez (OCA), Fabien Malbet (LAOG), Guy Perrin (DESPA), Vincent Coudé du Foresto (DESPA), Patrick de Laverny (OCA) et Romain Petrov (UNSA).

Les intervenants sollicités pour les cours (1 à 2h le matin) sont : Pierre Léna (DESPA), Christoph Leinert (MPI Heidelberg), Romain Petrov (UNSA), Andrea Richichi (ESO), Yves Rabbia (OCA), Alain Chelli (LAOG), Guy Perrin (DESPA), Markus Schöller (ESO). Les intervenants pressentis pour les travaux dirigés (l'après-midi) sont : Gilles Chagnon (DESPA), Gilles Duvert (LAOG), Markus Feldt (MPI Heidelberg), Stéphane Lagarde (OCA), David Mouillet (LAOG), Denis Mourard (OCA), Sylvie Robbe-Dubois (UNSA), Philippe Stee (OCA) et Farrokh Vakili (OCA)

Des séminaires annonceurs de cette école sont envisagés sous la coordination de Patrick de Laverny. L'aide du JMMC est sollicitée pour couvrir les missions dans 5 observatoires de l'Hexagone. Les candidatures pour participer à cette école seront officiellement ouvertes dans un mois environ (mars 2001 au plus tard). Cette école pourra se prolonger par une autre école nationale en 2002-2003, plus axée sur le traitement des données VLTI.

10.2 Ecole de Cargèse

Alain Chelli informe le CS qu'Anne-Marie Lagrange a émis l'idée de soumettre, au prochain CS de l'Ecole de Cargèse de début mars, une demande d'école interférométrique pour 2002- 2003, du type de celle qui s'est tenue en 1988 (Alloin et Mariotti).

Romain Petrov prévient que l'organisation d'une telle école internationale, regroupant entre 50 et 100 participants du monde entier sur 1 à 2 semaines, lui paraît trop lourde pour les seules épaules du JMMC, et qu'il faut de toute façon contacter d'autres partenaires tels l'ESO.

10.3 Ecole internationale VLTI

Guy Perrin présente l'Ecole internationale européenne, qui, à la base, a les mêmes objectifs que l'école nationale, mais pour des astronomes européens.

Les objectifs sont

- Apprendre à préparer les observations.
- Comprendre les performances du VLTI.
- Sensibiliser à l'interprétation des données.

L'école fera appel aux experts européens d'Allemagne (groupes VLTI, Heidelberg et

Bonn), de Grande-Bretagne (COAST), de France (labos et JMMC), ainsi que des Pays-Bas, de Suisse et d'Italie.

Elle comprendra :

1. Des cours généraux (1h30 à 2h) sur l'interférométrie optique, le VLTI et ses sous-systèmes, les instruments AMBER et MIDI ainsi que sur la réduction des données.
2. Des cours et des ateliers pratiques.
3. Des séminaires présentant des expériences pratiques en interférométrie pour l'astrophysique (diamètres, binaires, disques, enveloppes, interférométrie différentielle, clôture de phase, surfaces stellaires).
4. Des sessions posters.

Une cinquantaine de participants sont attendus provenant des pays partenaires de l'Union Européenne participant au VLTI (au minimum 1 participant par pays). L'école sera gratuite. Elle se tiendra aux Houches en février 2002. Le comité d'organisation local sera essentiellement issu du LAOG, le comité d'organisation scientifique (SOC) comprendra des experts internationaux. Denis Mourard sera sollicité pour rejoindre la SOC. La revue des cours se fera fin 2001. L'annonce publique de l'école aura lieu avant l'été 2001 (mai ou juin).

10.4 Discussion

Une discussion s'engage sur le programme à venir pour l'organisation des différentes écoles. Le programme des écoles est le suivant :

- Automne 2001 : école nationale, programmée (préparation des observations)
- 1er semestre 2002 : école internationale, programmée (même sujet que l'école nationale)
- 2003 : proposition d'école internationale (traitement du signal)
- 2004 : projet d'école internationale de Cargèse, pour 50 à 100 participants pendant 1 à 2 semaines (avec partie traitement du signal "gonflée")

D'une manière générale, il faudra, dans le futur, acquérir un rythme de croisière de une école par an en moyenne

Le calendrier pour les instruments VLTI est à mettre en parallèle :

- Avril 2002 : commissioning de MIDI
- 1er octobre 2002 : ouverture officielle de MIDI à la communauté (plus vraisemblablement 6 mois plus tard)
- 1er avril 2003 : ouverture d'AMBER à la communauté.

La question de l'école nationale de fin 2002 est débattue. En fin 2002, il sera encore trop tôt pour traiter les données. La diffusion de l'expertise des consortia VLTI (et du GI2T), actuellement essentiellement concentrée dans les groupes scientifiques, pourra toujours se faire sous la forme de workshops et d'ateliers, à destination des personnes "motivées" (celles qui auront soumis des demandes d'observation au VLTI). La décision définitive de l'opportunité d'organiser une école fin 2002 ou des ateliers sera prise lors du prochain CS avant l'été. Romain Petrov insiste sur le fait que l'école ou les ateliers devront être à audience internationale afin que les consortia puissent participer. Si une école (européenne donc) est choisie, il se demande si son organisation n'est pas du ressort de l'ESO. En ce qui concerne l'école de Cargèse, Romain Petrov pense que le JMMC doit y avoir un rôle moteur mais ne doit pas en être le seul organisateur.

Alain Chelli demande alors un tour de table sur la question des écoles fin 2002 et 2003.

- Philippe Berio se prononce pour l'organisation de l'école de Cargèse et considère l'école européenne de traitement des données comme très importante. Alain Chelli précise que si le JMMC s'implique dans l'organisation de l'école de Cargèse, cela signifie de rédiger rapidement une proposition justifiée, de mettre en place un comité scientifique et de définir son contenu.
- Pierre Cruzalèbes fait remarquer que, alors que l'école européenne est une demande issue de la "base" du JMMC, la proposition d'organiser une école à Cargèse vient plutôt du "haut". Il se pose la question du rôle du JMMC qu'il voit plutôt au service de la communauté.
- François-Xavier Schmider est favorable à une école sur le traitement des données. Il fait remarquer que si elle est franco-française, elle pourra bénéficier du soutien de la formation permanente du CNRS. En ce qui concerne l'école de Cargèse, il propose que le JMMC tire la sonnette d'alarme pour qu'elle se fasse, y soit associée mais ne fasse pas partie du consortium organisateur.
- Romain Petrov soutient l'idée d'une formation européenne sur le traitement du signal en 2002 pédagogique et interactive. Il se prononce contre une formation franco-française et précise que la solution parfaite serait que l'ESO délègue au JMMC l'organisation d'une telle école. Rien n'empêche que l'organisation locale soit française. Le JMMC doit en conserver le leadership, pour des questions de visibilité, mais doit identifier rapidement des partenaires sérieux. Il précise que ce leadership ne doit pas être une condition *sine qua non*.
- Guy Perrin, bien que se déclarant très favorable à une école nationale sur la préparation des observations, est plus sceptique sur une école sur le traitement des données. Sur une telle école, le leadership ESO lui paraît nécessaire, ou tout du moins que l'ESO y appose son cachet officiel. Il se déclare favorable à l'école de Cargèse à condition de ne pas limiter son sujet à l'interférométrie : les débats sur les télescopes de 100 m de diamètre et sur les réseaux interférométriques à base kilométriques lui paraissent fondamentaux. Il fait également remarquer que François Rigaut et Ragazzoni prévoient également de proposer une école de Cargèse sur les très grands télescopes, et qu'il faudrait peut-être les contacter.
- Gilles Duvert rappelle que le JMMC existe par son expertise et ses réalisations. S'il lui paraît tout à fait justifié que le JMMC organise des écoles européennes, il soutient la participation du JMMC à une école de Cargèse mais pas son organisation.
- Robert Lucas se prononce pour l'école de Cargèse si cela ne rejaillit pas sur l'organisation du JMMC, donc plutôt pour la promotion de cette école par le JMMC mais pas pour son organisation par le JMMC. Cela étant dit, il trouve important qu'il y ait quelque chose d'organisé pour fin 2002.
- Eric Thiébaud demande que soit bien pesé le rapport temps passé à organiser cette école sur les retombées espérées pour le JMMC.

En conclusion de ce débat, il ressort que le traitement des données pourrait être une composante majeure de l'école de Cargèse. Le CS du JMMC recommande que l'école (ou les ateliers) de fin 2002 soit européenne. Alain Chelli, Fabien Malbet, Bruno Lopez et Pierre Cruzalèbes se chargent de déposer une proposition de programme

scientifique à l'école de Cargèse, proposition qui devra itérer au moins une fois entre les membres du CS.

11 Questions diverses

11.1 Ouverture du CS aux partenaires étrangers

Alain Chelli rappelle la question posée : faut-il inviter nos partenaires allemands (Bonn), italiens (ARCETRI) et éventuellement anglais, à participer dorénavant aux CS du JMMC ? L'intérêt est d'afficher une dimension européenne au JMMC, pouvant s'avérer importante dans le cadre de négociations avec l'ESO. Alain Chelli précise que cela ne se limite pas aux seules réunions du CS : l'accès aux travaux du JMMC sera ouvert à nos partenaires étrangers.

Romain Petrov rappelle que les relations internationales dans AMBER ne peuvent être dissociées du JMMC. Il prend l'exemple de Gerd Weigelt (Max Planck Bonn) qui montre un vif intérêt pour participer à la dynamique scientifique autour d'AMBER et qui apporte son expertise scientifique et ses moyens dans le projet. Romain Petrov prévoit un certain "stress" interne au consortium si l'équipe de Weigelt n'est pas associée aux travaux de recherche et développement du JMMC. Alain Chelli et Romain Petrov se proposent de se rendre rapidement à Bonn pour présenter le JMMC et discuter des relations JMMC et AMBER avec nos collègues allemands. La problématique n'est pas la même à ARCETRI où l'expertise en interférométrie est à peine naissante.

La question de la place réservée à Gerd Weigelt est ensuite discutée : invité permanent au CS avec voix consultative ou voix délibérative ?

Pour Guy Perrin la question de la frontière entre JMMC et AMBER doit être précisée. L'intérêt de l'intégration de Weigelt au JMMC est sa participation aux choix stratégiques.

Eric Thiébaud propose que Weigelt soit consultant pour certaines questions.

Gilles Duvert ne prête pas de velléité stratégique au JMMC mais plutôt en terme de développement technique.

Alain Chelli conclut ce point en proposant un accord de partenariat/collaboration à distinguer d'une intégration au JMMC, donc plutôt via les groupes de travail. Un accord stratégique entre le JMMC et Weigelt doit être recherché. L'accord de partenariat entre le JMMC et le Max-Planck de Bonn doit comporter les volets suivants :

- Participation aux groupes de travail
- Réunions régulières (alliances stratégiques)
- Echanges d'étudiants, bourses européennes voire montage d'un TNR

Un accord semblable doit être proposé à ARCETRI, bien que la réponse soit probablement négative : il faut tout du moins laisser les portes ouvertes également à nos collègues italiens.

11.2 Point sur MIDI

Guy Perrin précise que les Français ont en charge le traitement des données et les Hollandais une partie du module franges dispersées. Le prototype de logiciel de traitement des données est développé sous IDL, et non dans un mode "pipeline" comme demandé par l'ESO, plus quelques modules de bas niveau en C++ (FFT, pré-traitement : correction du flat...).

L'étude du mode interférométrique différentiel pourrait être confiée au JMMC.

11.3 Problème inverse coronographique

Pierre Cruzalèbes fait état de la lettre d'intention de Jean Gay pour que le problème inverse coronographique, rencontré avec son Coronographe Interférentiel Achromatique, soit étudié par le JMMC. Alain Chelli rappelle que le JMMC ne doit pas se limiter à la seule interférométrie longue base. Le Conseil enregistre la demande de Jean Gay et lui demande de préciser sa lettre d'intention en rédigeant, pour le prochain CS, un *technical spec* plus détaillé.

11.4 Négociations avec l'ESO

Alain Chelli souhaite préciser la stratégie à adopter avec l'ESO, suite à des discussions qu'il a eue avec Denis Mourard et Anne-Marie Lagrange. L'objectif n'est pas de chercher un accord de collaboration global avec l'ESO, mais plutôt de négocier la fourniture de "produits" point par point :

- Préparation des observations
- Calibrateurs
- Traitement AMBER
- Modélisation (à plus long terme)
- Imagerie et inversion (idem)
- Formations

Une rencontre avec Andreas Glindemann et Francesco Paresce est prévue le mois prochain. Une réunion rapide du groupe de préparation des observations est également à organiser (pas nécessairement avant la rencontre avec l'ESO). Il faut que l'expression des besoins des utilisateurs soit synthétisée dans un *user requirement* présenté au prochain CS. Les échéances sont : OIPT (ou SimVLTI) actualisé pour octobre 2001 et une version préliminaire du logiciel final "montrable" à l'ESO pour décembre 2001, avec un plan d'action pour sa réalisation comprenant dates et moyens (3 mois d'IR à partir du printemps et 9 mois d'IE à partir de l'automne). Les moyens concernant le traitement AMBER (voir chapitre 5) sont estimés par Romain Pretov à 1 an-homme d'IR et à 2 ans-hommes d'IE entre le second semestre 2001 et le 1er semestre 2002. Romain Petrov et Alain Chelli se retrouveront le lundi 5 février pour établir ce que va faire le groupe JMMC AMBER et définir un calendrier et des moyens. Il faut qu'au prochain CS se dégage une vision claire des besoins et des postes.

La date du prochain CS est proposée vers la fin mai, profitant des journées de la SF2A qui se tiendront à Lyon du 28 mai au 1er juin et qui regrouperont la plupart des membres du CS.

Rédaction : Pierre Cruzalèbes