

01/03/2010

Énergie Noire et Matière Noire – Fédération de Physique André Marie Ampère – Projet Blanc

Collaboration CRAL – IPNL

Coordinateur: Thomas Buchert

Introduction

Depuis une dizaine d'années, la découverte de l'accélération de l'expansion universelle par l'observation des supernovae de type Ia lointaines, a radicalement changé notre vision des propriétés de l'Univers. De nouvelles voies de recherche se sont alors ouvertes en cosmologie observationnelle et théorique. Le CRAL et l'IPNL se sont associés dès 2001 pour participer à la mise en place d'un grand relevé de spectres de SN Ia proches afin de permettre de mieux comprendre ces objets qui restent les sondes fondamentales permettant de mesurer les paramètres cosmologiques. Ces deux laboratoires mènent aussi des développements théoriques originaux en vue d'élucider l'origine de l'accélération observée. La collaboration entre les deux instituts prend progressivement de l'ampleur, 14 chercheurs et étudiants du CRAL et de l'IPNL étant maintenant impliqués dans la présente demande. Chacune de ces recherches étant menées au sein de consortiums impliquant des instituts nationaux et internationaux, le but de cette demande est de permettre aux équipes concernées dans les deux laboratoires de financer leurs déplacements et leurs besoins de matériel. En ce qui concerne la composante observationnelle, les missions de personnels techniques sera aussi nécessaire.

Support estimé :

Pour les déplacements des chercheurs, leurs besoins de matériel, déplacements et participations aux écoles et conférences des étudiants, trois missions de techniciens à Hawaii, et invitations des chercheurs internationaux, nous estimons un support d'environ

18 000 Euros/an.

Repartition préliminaire:

- Contribution au soutien technique et maintenance SNIFS à Hawaii : 5000 Euros
- Mission des chercheurs IPNL et CRAL : 4000 Euros
- Invitation de chercheurs internationaux : 3000 Euros
- Participation d'étudiants a des écoles et conférences : 2000 Euros
- Matériel électronique et informatique : 4000 Euros

Énergie Noire et Matière Noire – champs scalaires fondamentaux et effectifs

Partie Théorie

Les Problèmes de l'Énergie et de la Matière Noires dans le Modèle Cosmologique Standard

Le modèle cosmologique standard présuppose l'existence de deux constituants de manière à satisfaire les contraintes observationnelles, qui ont tous deux une origine inconnue :

D'une part, on pense qu'une composante majoritairement répulsive existe, et elle peut être modélisée à l'aide d'une constante cosmologique positive ou d'un champ scalaire, tel que les champs de quintessence. La nature physique de cette composante, appelée *Énergie Noire*, reste à ce jour inconnue. Il existe d'autre part une composante massive non-baryonique qui devrait excéder considérablement les contributions des baryons lumineux et sombres et des neutrinos massifs. Cette composante, appelée *Matière Noire*, pourrait être constituée d'une forme exotique de matière, qui n'aurait pas encore été découverte dans les expériences (non-gravitationnelles).

D'après le modèle de concordance du modèle cosmologique standard, la contribution de *l'Énergie Noire* représente environ 3/4 de l'énergie totale dans les équations cosmologiques standard (Équations de Friedmann), tandis que la *Matière Noire* représente 1/4 de cette énergie. Seuls quelques pour-cents de l'énergie totale sont attribués à la matière baryonique, à la radiation et aux neutrinos. Cependant, d'autres interprétations sont possibles [3].

Les questions de la nature de la *Matière Noire* et de *l'Énergie Noire* sont deux problèmes fondamentaux de la cosmologie actuelle. Aucune réponse unique n'a encore été trouvée, et de nombreux modèles tentent d'élucider ces questions.

État de l'Art de la Recherche Internationale

Les recherches récentes en vue de résoudre les énigmes de la *Matière Noire* et de *l'Énergie Noire* du modèle cosmologique standard suivent principalement deux directions : l'une se concentre sur des généralisations de la géométrie de l'espace-temps en se restreignant surtout à des modifications de la théorie de la gravitation sous-jacente, tandis que l'autre invoque de nouvelles sources dans le tenseur énergie-impulsion et constitue ainsi un défi pour la physique des particules. Dans la première voie, la composante *Énergie Noire* peut provenir par exemple de Lagrangiens de courbure de Ricci d'ordres supérieurs [6]. Dans la seconde voie, un champ scalaire fondamental décrivant un fluide exotique est considéré, et étudié sur une base phénoménologique. Le mot "exotique" provient du fait qu'un tel fluide doit violer les propriétés standards des fluides (conditions d'énergie) de manière à satisfaire les données observationnelles. On peut insister sur le fait que ces deux directions de recherche sont suivies par une majorité de chercheurs dans la communauté internationale.

Le présent projet est basé sur une nouvelle piste de recherche, récemment mise en valeur par un nombre croissant de chercheurs internationaux. Son but est de comprendre et résoudre les problèmes de la *Matière Noire* et de *l'Énergie Noire* sur la base d'une description plus réaliste, reposant sur la relativité générale, sans invoquer de nouvelles sources dans le tenseur énergie-impulsion. Cette voie remet en cause les hypothèses du modèle cosmologique standard, en particulier la conjecture que les propriétés moyennes de l'Univers peuvent être décrites par une solution homogène des lois de la gravitation d'Einstein.

Cette nouvelle voie de recherche a été, jusqu'à présent, principalement concentrée sur le problème de l'Énergie Noire, qui – en dehors des observations de supernovae – n'est pas confirmée directement par des indications observationnelles indépendantes, mais indirectement par la convergence des mesures SN, BAO, Amas de Galaxies, et CMB.

Au contraire, de nombreuses indications indépendantes existent pour la *Matière Noire* [11]. Nous pensons donc qu'il sera important d'explorer deux points de vue différents sur la *Matière Noire*, que l'on peut voir comme (a) un champ fondamental et/ou (b) comme un champ effectif modélisé (au moins en partie) par des effets de « contre-réaction » (effets des inhomogénéités).

Nous nous intéresserons aussi à la première des voies de recherches indiquées ci-dessus pour comprendre les différences entre les termes qui proviennent d'une théorie plus générale de la gravitation et ceux qui pourraient simplement résulter de l'effet d'inhomogénéités en relativité générale classique.

Énergie Noire et Matière Noire en tant que Champs Scalaires Fondamentaux

Énergie Noire: L'un des modèles les plus courants pour expliquer la nature de l'Énergie Noire est le modèle de « Quintessence », qui considère que l'Énergie Noire est la manifestation d'un champ scalaire excessivement léger, qui réagit comme une forme d'énergie du vide de pression négative. Cependant, le potentiel de ce champ est relativement mal défini, car ce champ scalaire n'est actuellement pas prédit clairement par une théorie des hautes énergies [7].

Matière Noire: L'une des possibilités est que la *Matière Noire* soit composée de particules massives interagissant faiblement, qui ne serait pas prédites par le Modèle Standard de la physique des particules. Si ces particules existent, le grand collisionneur LHC du CERN pourrait être capable de les mettre en évidence dans les prochaines années.

Ce type de champ scalaire cosmologique a été étudié dans la littérature, et A. Arbey a montré qu'il peut être responsable en même temps des problèmes de la *Matière Noire* et de l'Énergie Noire [1]. Néanmoins, Il reste très difficile de contraindre les potentiels des champs scalaires cosmologiques. Les données cosmologiques récentes provenant en particulier de WMAP [14] et des études sur les Supernovae de Type Ia [2] ne contraignent pratiquement pas le comportement de l'Énergie Noire dans un passé lointain [13].

Dans le cas où la *Matière Noire* est composée d'une nouvelle particule et que l'on est capable de mettre en évidence cette particule au LHC, si l'on est capable de reconstruire les propriétés du modèle de physique des particules sous-jacent, A. Arbey et F. Mahmoudi ont montré que les données du LHC vont permettre de contraindre certaines propriétés de l'Univers très primordial, telles que le contenu en énergie ou en entropie, et ainsi d'en déduire des contraintes sur les propriétés de l'Énergie Noire aux époques les plus anciennes [16,17,18]. Ce type d'étude permettra de mieux contraindre les modèles de champs scalaires, et en même temps d'étudier des modèles de physique des particules. Un travail en collaboration avec A. Deandrea de l'IPNL est d'ailleurs en cours sur ce sujet.

Énergie Noire et Matière Noire en tant que Champs Scalaires Effectifs

L'Énergie Noire est si énigmatique que d'autres types de modélisations sont tout aussi plausibles. En particulier, le modèle de « contre-réaction » suggère que *l'Énergie Noire* n'existerait pas en tant que champs fondamental, mais serait la manifestation d'effet d'inhomogénéités dans l'Univers récent. Dans le modèle cosmologique standard, l'Univers est considéré comme homogène et isotrope, et les inhomogénéités existantes ne sont pas prises en compte. En prenant en compte les inhomogénéités dues à l'effondrement gravitationnel primordial, on peut montrer qu'un effet répulsif peut être transmis à l'Univers et accélérer son expansion. Ainsi, cet effet de « contre-réaction » peut remplacer le concept *d'Énergie Noire* [4].

Cependant, le même effet peut aussi jouer le rôle, selon son signe, de la *Matière Noire*: sur les échelles intermédiaire (typiquement 50 Mpc), et sur les échelles petites (5 Mpc) [12,15].

Ce champ n'est pas phénoménologique, mais ses paramètres sont complètement déterminés par les conditions initiales des inhomogénéités dans la théorie d'Einstein. Ceci permet d'assimiler *l'Énergie Noire* au vide classique. Nous pensons qu'un raisonnement similaire pourra être appliqué au cas de la *Matière Noire*.

Objectif du Projet :

Des champs scalaires comme langage commun pour deux interprétations de différentes natures, et ses conséquences

Le formalisme de la « contre-réaction » sous-entend une réécriture des équations d'Einstein-Friedmann dans un Univers inhomogène, ce qui est un travail difficile. T. Buchert est un spécialiste international de ce sujet.

Une collaboration avec LUTH Meudon a montré que cette réécriture peut se faire à l'aide de champs scalaires: la « contre-réaction » peut être modélisée par un champ scalaire effectif, le « morphon », dont le potentiel est déterminé par la géométrie de l'Univers [5]. Contrairement aux modèles de quintessence, dans lesquels le champ scalaire est un champ physique, dans le cas de la « contre-réaction » le champ est purement effectif. Aucune violation des conditions d'énergie est ainsi impliquée.

Les mêmes méthodes peuvent donc s'appliquer pour l'étude des deux types de champs scalaires. A. Arbey, T. Buchert et N. Obadia s'intéressent actuellement aux méthodes de modélisation du « morphon », et des travaux sont en cours.

Pour *l'Énergie Noire* une différence importante est fournie par l'interprétation des données SN1a: le champ scalaire effectif change la métrique de l'espace est donc il changera les distances mesurées. Il peut aussi modifier la calibration des supernovae à courte distance en raison d'une variance élevée des paramètres dans l'Univers proche.

Pour la *Matière Noire*, ce projet envisage de « traduire » l'interprétation du champ scalaire comme « particule avec une certaine masse » en « propriétés de fluctuations ».

Les deux directions de cette interprétation donnent des informations complémentaires.

L'un des buts du projet sera d'étudier ces interprétations complémentaires et de les confronter avec des contraintes (a) cosmologiques et (b) de physique de particules.

Perspectives du Projet :

Le projet présenté est conduit en préparation d'une proposition d'ANR sur *l'Énergie Noire* et la *Matière Noire*, en collaboration entre le CRAL et l'IPNL, avec le LUTH Meudon, IAP Paris, LAM et CPT Marseille, ainsi que plusieurs institutions internationales (Université de Genève, Université de Pavie, Université de Cape Town, Université de Munich, Université de Bielefeld, Université et TITECH Tokio, Université de Princeton).

En dehors des aspects fondamentaux sur les cosmologies inhomogènes, de la construction des « modèles de métrique » pour permettre de comparer les nouveaux modèles aux observations (CMB, BAO, Supernovae), et d'autres sujets de recherche reliés, le projet actuel sera incorporé comme un axe principal couvrant les interactions avec la physique des particules. Ainsi les deux interprétations d'un champ scalaire en tant que "particule" ou "effet des structures" sont nouveau est peuvent apporter des résultats significatifs pour les contraintes sur la masse des particules et sur les stratégies de leurs détection dans les expériences *Matière Sombre* (comme EDELWEISS).

Participants au Projet:

Arbey, Alexandre (MCF, CRAL, Observatoire)
Buchert, Thomas (PR, CRAL, Observatoire)
Davidson, Sacha (DR, IPNL)
Deandrea, Aldo (PR, IPNL)

Obadia, Nathaniel (AGPR, CRAL, ENS)
Roy, Xavier (Thésitif, CRAL, Observatoire)
Tarhini, Ahmad (Thésitif, IPNL)
Wiegand, Alexander (Thésitif, co-tutelle, Univ. Bielefeld)

collaborateurs externes:

Alimi, Jean-Michel (DR, LUTH, Observatoire de Meudon)
Corasaniti, Pier-Stefano (CR, LUTH, Observatoire de Meudon)
Kunz, Martin (chercheur permanent, Université de Genève)

Références :

- [1] Arbey, A. : *Dark fluid : A complex scalar field to unify Dark Energy and Dark Matter*. Phys. Rev. D. **74**, 043516 (2006)
- [2] Astier, P. et al. : *The Supernova Legacy Survey : measurement of Ω_m , Ω_Λ and w from the first year data set*. Astron. Astrophys. **447**, 31 (2006)
- [3] Blanchard, A., Douspis, M., Rowan–Robinson, M., Sarkar, S. : *An alternative to the cosmological 'concordance model'*. Astron. Astrophys. **412**, 35 (2003)
- [4] Buchert, T. : *Dark Energy from structure : a status report. (Invited review for a special issue on Dark Energy)*, Gen. Rel. Grav. **40**, 467–527 (2008)
- [5] Buchert, T., Larena, J., Alimi, J.–M. : *Correspondence between kinematical backreaction and scalar field cosmologies – the 'morphon field'*. Class. Quant.Grav. **23**, 6379 (2006)
- [6] Capozziello, S., Cardone, V.F., Troisi, A. : *Reconciling Dark Energy models with $f(R)$ theories*. Phys. Rev. D. **71**, 043503 (2005)
- [7] Copeland, E.J., Sami, M., Tsujikawa, S. : *Dynamics of Dark Energy*. Int. J. Mod. Phys. D. **15**, 1753 (2006)
- [8] Matos, T., Urena-Lopez, L.A.: *Quintessence and scalar dark matter in the Universe*. Class. Quant. Grav. **17**, L75 (2001)

- [9] Matos, T. et al.: *Dynamics of Scalar Field Dark Matter With a Cosh-like Potential*. arXiv:0906.0396 (2009)
- [10] Pérez-Lorenzana, P., Montesinos, M., Matos, T.: *Unification of cosmological scalar fields*. Phys. Rev. D. **77**, 063507 (2008)
- [11] Roos, M.: *Dark Matter: The evidence from astronomy, astrophysics and cosmology*. arXiv:1001.0316 (2010)
- [12] Roy, X., Buchert, T.: *Chaplygin gas and effective description of inhomogeneous universe models*. arXiv:0909.4155 (2009)
- [13] Ruiz-Lapuente, P. : *Dark Energy, gravitation and supernovae*. Class. Quant. Grav. **24**, R91 (2007)
- [14] Spergel, D.N., et al. : *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) three year results: implications for cosmology*. Astrophys. J. Suppl. **170**, 377 (2007)
- [15] Wiegand, A., Buchert, T.: *Multi-scale cosmology and structure-emerging Dark Energy: a plausibility analysis*. arXiv:1002.3912 (2010)
- [16] Arbey, A., Mahmoudi, F.: *SUSY constraints from relic density: High sensitivity to pre-BBN expansion rate*. Phys. Lett. B. **669**, 46 (2008)
- [17] Arbey, A., Mahmoudi, F.: *SUSY Constraints, Relic Density, and Very Early Universe*. arXiv:0906.0368 (2009)
- [18] Arbey, A., Mahmoudi, F.: *SuperIso Relic: A Program for calculating relic density and flavor physics observables in Supersymmetry*. arXiv:0906.0369 (2009)

Énergie Noire et Matière Noire – Sondes Cosmologiques, SN Factory

Partie Expérimentale

Contexte scientifique: sondes cosmologiques

L'observation des supernovae de type Ia (SN Ia) a conduit en 1998 à la découverte remarquable de l'accélération de l'expansion de l'Univers. Depuis lors, l'utilisation des SN Ia comme sondes pour mesurer les paramètres cosmologiques s'est largement répandue. Bien que d'autres techniques observationnelles soient maintenant disponibles (oscillations acoustiques baryoniques, lentilles gravitationnelles, amas de galaxies), la mesure de la luminosité des SN Ia en fonction de leur décalage vers le rouge reste la méthode la plus robuste. De plus, aussi prometteuses que soient les nouvelles techniques, la convergence de méthodes indépendantes restera essentielle pour établir solidement la valeur des paramètres associés à l'équation d'état de l'énergie noire, qui détermine le destin de l'Univers. Cependant, nous savons que toutes ces méthodes ont leur part de biais qui doivent être étudiés. L'un des objectifs de la collaboration franco-américaine SNfactory était l'étude des biais liés à l'utilisation des SN Ia pour mesurer l'accélération cosmique. Nous avons acquis, au cours de ce programme, un large échantillon de séries temporelles de spectres de SN Ia proches. Les observations ont commencé en avril 2004 au télescope de 2.2m de l'Université d'Hawaï. Cette première phase observationnelle a été achevée en Novembre 2009.

Premiers résultats de SNfactory

Environ 600 SNe ont été découvertes par SNfactory, et un sous-échantillon de 185 SN Ia proches, dans le flux de Hubble, a été intensivement étudié avec le spectrographe intégral de champ SNIFS (SuperNova Integral field Spectrograph) construit par le consortium SNfactory. Pour chacune d'elle, une série temporelle a été obtenue, dont la qualité photométrique spectrale est d'une précision photométrique du même ordre que celle atteinte par les techniques classiques d'imagerie multi-couleurs. Il s'agissait d'un objectif ambitieux, car la spectroscopie usuelle à longue fente ne peut atteindre une précision photométrique absolue que de 5 à 10%. L'utilisation d'un spectrographe intégral de champ ainsi que le développement d'un schéma de calibration rigoureux, a conduit à une précision photométrique absolue de 2% par observation pour notre échantillon spectro-photométriques. L'analyse de cet échantillon est en cours, mais nous avons déjà publié un résultat important à partir d'un sous-ensemble d'environ un tiers des objets observés. On sait que le diagramme de Hubble (luminosité apparente en fonction du décalage vers le rouge) des SN Ia a une dispersion assez grande d'environ un facteur deux. La normalisation des SN Ia obtenue en utilisant les relations empiriques entre la luminosité au pic, la largeur de la courbe de lumière et la couleur, permet de réduire cette dispersion à 16%. A partir des données SNfactory, nous avons mesuré la corrélation de tous les indices spectraux avec les résidus du diagramme de Hubble, et montré qu'un de ces indices, mesuré au pic de luminosité, présente une très forte corrélation (figure 1). En corrigeant les luminosités apparentes grâce à la corrélation trouvée sur nos données, on obtient une dispersion encore plus faible de 12% (*Bailey et al. 2009, Astronomy & Astrophysics, 500, L17*). Cette découverte démontre la puissance de la spectro-photométrie pour la standardisation des SN Ia et confirme l'utilité de cette méthode pour mesurer les paramètres cosmologiques. Nous sommes encore loin d'avoir épuisé le potentiel scientifique de cet ensemble de données unique, et le travail d'analyse reste notre priorité en 2010.

Toutefois, dans cette période charnière qui va voir l'élaboration de la prochaine génération de projets, il est important pour nous d'explorer les possibilités pour les futurs programmes utilisant les SN Ia en cosmologie. Bien que les projets soient déjà très avancés pour les futurs sondages photométriques, la réflexion sur les programmes d'observations spectroscopiques à venir en est encore à ses débuts.

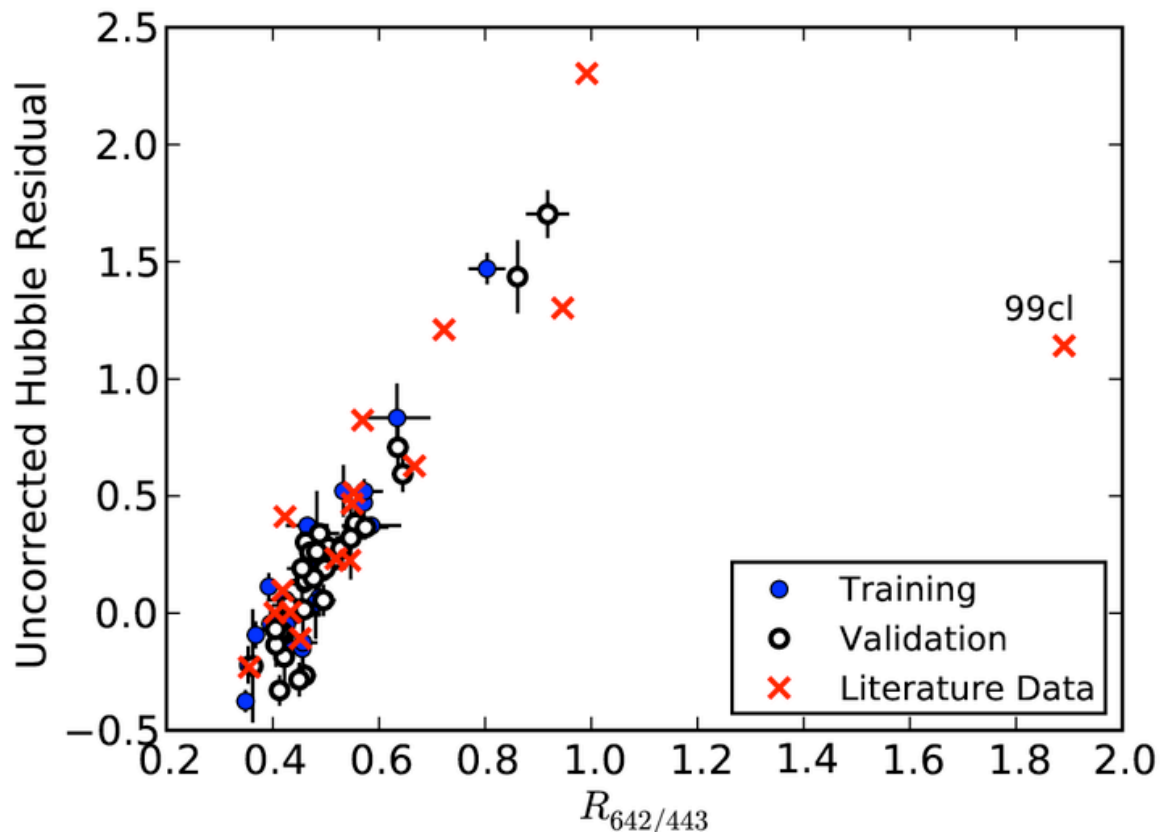


Figure 1: Corrélation entre les résidus du diagramme de Hubble et l'indice spectral $R_{642/443}$. Les cercles sont les points fournis par SNIFS qui ont permis de trouver cette corrélation. Les croix sont des données de la littérature. Le point le plus à droite correspond à une supernova atypique très absorbée par une composante de poussière circumstellaire.

Vers une deuxième génération de sondages de SN Ia

La détection des supernovae à faible décalage spectral nécessite un sondage à très grand champ et fort taux de retour sur les champs pointés. Lors de la mise en place du programme SNFactory, il n'existait aucun sondage de ce genre, et il a fallu en monter un de toutes pièces. La situation est très différente aujourd'hui. On dispose ou disposera dans un proche avenir de plusieurs sources de SN Ia proches. Sans être exhaustifs, citons les programmes suivants:

- PTF (Palomar Transient Survey). Ce programme est déjà en cours et utilise l'ancienne caméra CFHT 12k montée sur le télescope Oschin du Palomar. C'est actuellement une des sources les plus efficaces de SN Ia proches.
- La Silla Supernova Search. Ce programme utilise la caméra qui était montée au télescope Oschin et utilisée par SNFactory jusqu'en 2008. Elle a été déplacée sur le télescope de Schmidt de 1 mètre de l'ESO. Elle commence à fournir ses premières détections.
- Pan-Starrs. Projet de l'IaA (Hawaii). Le prototype PS1 est en marche sur le site du Haleakala à Hawaii.

- SkyMapper. Projet australien dont la caméra grand champ devrait être installée en 2010.
- Dark Energy Survey. Une caméra grand champ qui sera montée au CTIO pour aborder le problème de l'Énergie Sombre en utilisant plusieurs sondes dont les SN Ia.
- Gaïa. Au-delà de son programme clé qui est la mesure des positions et mouvements propres d'un milliard d'étoiles de notre galaxie, le satellite européen Gaïa va aussi fournir un nombre important de supernovae proches (environ 6000 pendant les 5 ans de sa mission). Le lancement est prévu pour 2012, et le suivi spectroscopique de ces objets est à étudier dans un très proche avenir.
- LSST. On est là dans une perspective plus lointaine, la mise sur le ciel de cet instrument arrivant au mieux en 2016-2017. Toutefois, vu les délais habituels de mise en place de programmes sur des télescopes dédiés, ainsi que des réalisations instrumentales, il faut commencer à mener les réflexions sur le suivi spectroscopique de l'immense flot d'objets qui seront alors détectés.
- JDEM. Il s'agit d'une mission spatiale à venir qui observera des supernovae lointaines. Ce programme nécessitera le suivi spectroscopique sur les futurs télescopes géants de 30 à 40 mètres de diamètre (ELTs) d'une partie des objets détectés, mais il pourrait inclure dans son instrumentation embarquée un spectrographe qui nécessitera un vaste échantillon de comparaison spectroscopique obtenues préalablement au sol.

Il est donc clair qu'on peut à court terme s'attendre à de très nombreuses détections de supernovae dans toutes les gammes de distances, et que la spectroscopie sera nécessaire pour fournir des échantillons de comparaison pour ceux de ces programmes axés sur les grands décalages spectraux. La question est maintenant de savoir quel type de suivi spectroscopique doit être mis en place, allant de la simple identification jusqu'à l'acquisition de séries temporelles spectro-photométriques.

Les résultats préliminaires du programme SNFactory ont montré la puissance de la spectro-photométrie des SN Ia pour la standardisation de ces objets. Au cours de l'année 2010, l'ensemble de l'échantillon sera extrait et calibré et la priorité sera mise sur la publication de l'article de cosmologie présentant toutes les courbes de lumière et le diagramme de Hubble de l'échantillon complet. Au-delà de ce travail d'analyse de données, en 2010, nous mènerons une étude exploratoire des différentes options pour un projet de seconde génération d'observation de SN Ia proches. Un tel programme pourrait facilement doubler l'échantillon SNfactory existants, permettant l'étude d'un plus grand nombre de SN Ia atypiques – telles que celles explosant dans des environnements inhabituels – et la construction d'un modèle de série temporelle spectrale d'autres types de supernovae afin qu'elles puissent être plus efficacement rejetées par les futurs relevés à grand décalages spectraux, comme LSST et JDEM. Dans ce cadre, les négociations sont déjà très avancées avec les responsables de PTF et de La Silla Search, et dès cet été, nous entamerons les observations pilotes des supernovae détectées par ces chaînes de détection. Le suivi spectroscopique routinier sera alors mis en place au cours de l'année. Bien entendu, nous pourrons aussi observer les supernovæ détectées par les autres programmes mentionnés plus haut, et spécialement celles dont les découvertes seront rendues publiques immédiatement, comme celles du satellite Gaïa.

L'instrument SNIFS construit essentiellement par les deux laboratoires lyonnais du consortium, va donc continuer de fonctionner de façon encore plus intensive que les années précédentes puisque de nouveaux membres du consortium (chinois et allemands) vont apporter de nouveaux fonds qui vont nous permettre d'accéder à 50% du temps du télescope de 2.2 mètres de l'Université d'Hawaï (contre 30% dans la première phase du projet). En effet, les menaces de fermeture qui planaient sur ce télescope se sont éloignées et nous avons aujourd'hui la certitude qu'il sera maintenu au moins jusqu'en 2013. Ainsi, toute l'expérience acquise sur ce télescope, l'automatisation des observations, et leur contrôle à distance que

nous avons mis en place durant la première phase du projet, vont pouvoir être largement rentabilisés au cours des trois prochaines années. Aucun programme d'observation spectro-photométrique de SN Ia n'a la même maturité que SNFactory.

La maintenance, et éventuellement quelques modifications mineures de l'appareil demanderont quelques missions de personnels techniques lyonnais au cours des trois années à venir. Les fonds demandés à la Fédération André-Marie Ampère permettront de financer, en plus de quelques déplacements de scientifiques, les missions du personnel technique nécessaires au bon fonctionnement du projet.

Bien que la priorité immédiate que nous venons de décrire porte sur une extension du programme actuel utilisant SNIFS, nous explorerons aussi la possibilité de concevoir un nouvel instrument pour un télescope dans l'hémisphère sud pour le suivi des supernovae détectées par LSST. En effet, bien que la première lumière de LSST ne soit pas prévue avant 2016, les études préliminaires d'un programme de suivi doivent commencer dès aujourd'hui, tout développement instrumental ambitieux nécessitant au moins 5 ans.

Participants au projet :

La collaboration SNfactory II comprend les instituts suivants :

- En France: Centre de Recherche Astronomique de Lyon, Institut de Physique Nucléaire de Lyon, Centre de Physique des Particules de Marseille et Laboratoire de Physique Nucléaire et des Hautes Energies.
- Aux États-Unis: Lawrence Berkeley National Laboratory et Yale University.
- En Chine: Tsinghua Center for Astrophysics
- En Allemagne: Max Planck Institute for Astrophysics (Garching) et le Physikalisches Institut (Bonn)

Dans les instituts Lyonnais, les personnels suivants sont ou seront impliqués :

- IPNL: Y. Copin (MdC), G. Smadja (PE), C. Buton (ATER), N. Chotard (Doctorant), E. Gangler (CR)
- CRAL: E. Pécontal (Astr. Adjoint), L. Capoani (IE), D. Boudon (Technicien), A. Jarno (CDD IR)

Signatures :

Bruno Guiderdoni
(Directeur de l'Observatoire de Lyon)

Bernard Ille
(Directeur de l'IPNL)