

LIMITES DE RECHERCHE

UNE SOMBRE HISTOIRE DE MATIÈRE

Conception : Philippe Tourancheau

Scénario et réalisation : François Cardon

© CNDP, La Cinquième, 2000

Durée : 12 min 47 s

90 % de la matière de l'univers reste une énigme pour les astrophysiciens. Si les différentes hypothèses qui orientent les recherches actuelles se révélaient infécondes, le XXI^e siècle pourrait connaître un bouleversement de la physique semblable à celui de la fin du XIX^e siècle. Nous ne pouvons observer que 1 à 10 % de la masse calculée de l'univers ! Où se cache le reste ? Pour résoudre cette énigme, l'astrophysicien Michel Spiro, soutenu par son équipe Eros, travaille selon trois hypothèses. La première suppose que des masses sombres, telles que les « naines brunes », pourraient composer une partie de la masse manquante. La deuxième hypothèse, celle des modèles des physiciens des particules, s'attache à distinguer un nouveau genre de ces dernières, les WIMPs (*Weakly Interactive Massive Particules*) ou « mauviettes ». La plus délicate, enfin, fondée sur l'accélération de l'expansion de l'univers, viendrait prolonger les théories d'Einstein, en réintroduisant la célèbre constante cosmologique pour rendre compte de l'énergie du vide. Et si aucune de ces hypothèses, ou aucune de leurs combinaisons, n'était suffisante pour résoudre cette énigme ?

À l'aube de ce III^e millénaire, les découvertes scientifiques se succèdent à un rythme de plus en plus rapide. Pourtant, en biologie comme en physique ou en chimie, la recherche bute sur des énigmes. Confrontés à ces limites, comment réagissent chercheurs et hommes de sciences ? L'objectif de cette série est de dresser un inventaire de ces questions clés et de susciter l'intérêt de l'élève pour la recherche fondamentale.

SCÉNÉEN

[CNDP]

DISCIPLINES, CLASSES ET PROGRAMMES

- Physique, 2^{de} : *L'exploration de l'espace.*
- Physique, T^{le} S : *Évolution temporelle des systèmes mécaniques : le mouvement des satellites et des planètes. La lumière, modèle ondulatoire.*

VOCABULAIRE REQUIS

Galaxie, matière, gravitation.

VOCABULAIRE À EXPLIQUER

Particules, réaction nucléaire, Grand Nuage de Magellan, germanium, supernova, quantique, déflexion, l'infiniment petit (2^{de}), zéro absolu (2^{de}), lentille gravitationnelle (T^{le}), particule élémentaire (T^{le}), WIMPs (T^{le}), constante cosmologique (T^{le}).

PRINCIPAUX THÈMES ABORDÉS

- Le questionnement d'une équipe de chercheurs face à l'énigme de la matière manquante, nécessaire pour comprendre la composition de notre univers ; les différentes pistes suivies par cette équipe.
- L'attitude d'un chercheur face aux limites de son savoir : humilité, hypothèses, validation de certaines hypothèses et leurs conséquences...

DÉCOUPAGE DU FILM

00 min 00 s : Où se cache la matière ?

L'astrophysicien Michel Spiro expose l'énigme de la matière sombre : où se cachent 90 % de la matière de l'univers ?

01 min 00 s : L'hypothèse des masses sombres

Le physicien Alain Milsztajn cherche à détecter des corps célestes qui ne rayonnent pas, et dont la masse représenterait une partie de la matière encore inconnue. Les observations sont jusqu'à présent réduites.

04 min 45 s : L'hypothèse des particules élémentaires

Afin de vérifier l'existence de particules qui échappent à la détection directe et dont la matière actuellement connue n'est pas formée, une expérience a été menée au Laboratoire souterrain de Modane (LSM), là où ont été déjà enregistrés un certain nombre de chocs de particules.

07 min 11 s : L'hypothèse de l'énergie du vide

L'astrophysicien Reynald Pain explique que l'énergie du vide intergalactique correspondrait à la constante cosmologique qu'Einstein avait introduite pour décrire la cohérence de notre univers. Il s'agit là de l'hypothèse la plus récente.

09 min 44 s : Une révolution épistémologique à venir

Michel Spiro annonce des conséquences fondamentales pour la physique quantique et un bouleversement de la pensée scientifique semblable à celui de la fin du XIX^e siècle.

SUGGESTIONS D'EXPLOITATION PÉDAGOGIQUE

Infiniment petit – infiniment grand

À utiliser en physique, en classe de 2^{de} : L'exploration de l'espace

Pour tenter de résoudre l'énigme de la matière sombre exposée par Michel Spiro, les trois physiciens Alain Milsztajn, Michel Chardin et Reynald Pain nous décrivent l'actualité de leurs recherches.

Pour mieux comprendre le travail de chacun de ces chercheurs, on pourra analyser ces trois séquences selon les angles suivants.

L'échelle des longueurs

Après avoir construit une échelle de longueur s'étendant du noyau atomique aux différents éléments composant notre univers, les élèves situeront le domaine de recherche des trois physiciens. On pourra alors mettre en évidence les éléments suivants :

- Alain Milsztajn s'intéresse aux corps célestes sombres qui s'interposent entre le Grand Nuage de Magellan et notre galaxie. Il travaille donc sur l'infiniment grand ($>1\ 021\text{ m}$) ;
- Michel Chardin détecte les chocs de particules sur du germanium. Ces particules sont plus petites que des noyaux atomiques ($<10\text{-}15\text{ m}$), il travaille donc dans le domaine de l'infiniment petit ;
- Reynald Pain, en tentant de quantifier l'énergie du vide, basée sur l'observation des supernovæ, nous permet de comprendre le lien étroit qui existe entre infiniment petit et infiniment grand.

Ces chercheurs nous introduisent dans le domaine des ordres de grandeur qu'il conviendra d'appréhender (ainsi que les puissances de 10 et l'écriture scientifique) en collaboration avec le professeur de mathématiques.

Une présentation de l'univers

Alain Milsztajn parle d'objets célestes qui ne se sont jamais allumés parce que leur masse est inférieure à un dixième de celle du Soleil. En introduisant cette nouvelle unité de mesure, le Mo (masse du Soleil), il met en évidence la nécessité d'avoir recours à d'autres unités pour appréhender le domaine astronomique. Il se révélera alors nécessaire, afin de mieux comprendre les travaux de ce chercheur ainsi que ceux de Reynald Pain, d'introduire l'unité astronomique (UA) et l'année-lumière (al).

Les techniques de mesure

À l'autre extrémité, Michel Chardin met en évidence les limites d'observation de certains phénomènes par des outils tels que le microscope. On s'interrogera alors sur les techniques de mesure de petites longueurs. À cette occasion, un rappel de l'expérience historique de Benjamin Franklin (1762) permettra aux élèves de constater que la mise en œuvre de protocoles d'expérimentation a toujours été le souci premier des physiciens. Dans le laboratoire de Michel Chardin, ce que l'on ne peut pas mesurer en termes de longueur est quantifié en termes de chaleur : une occasion d'introduire avec les élèves la notion de zéro absolu.

Un paradoxe... universel

À utiliser en physique, en classe de T^{le} : Interaction gravitationnelle, la lumière : onde ou corpuscule

À utiliser en philosophie, en classe de T^{le} : Théorie et expérience

L'énigme de la matière sombre est présentée par Michel Spiro sous la forme d'un certain paradoxe : ce qui tient la matière, c'est la gravitation ; ce qui fait la gravitation, c'est la matière. Si cette affirmation est vraie, alors il manque de la matière. Où est-elle et de quoi est-elle faite ?

En réponse à ces questions, Reynald Pain nous résume trois étapes essentielles :

- première étape : « Einstein pensait, comme les gens de son époque, que l'univers était statique. Mais en essayant d'appliquer ses équations pour décrire l'univers, il s'est aperçu qu'il fallait introduire une constante cosmologique, sinon l'univers s'effondrait sur lui-même. » Lors de l'étude du thème de l'interaction gravitationnelle, on pourra mettre à l'épreuve cette première thèse de l'effondrement de l'univers sur lui-même ;
- deuxième étape : « Du vivant d'Einstein, on constate que l'univers est en expansion. Par conséquent, la théorie du maître tient sans la constante cosmologique : ce qui compense l'attraction gravitationnelle, c'est l'expansion de l'univers. » ;
- troisième étape : « On essaie de mesurer avec les supernovæ la vitesse de l'expansion de l'univers et, comme celle-ci augmente, pour l'expliquer, on réintroduit cette constante cosmologique. »

Ces deux dernières étapes montrent l'évolution des modèles en fonction des découvertes des sciences expérimentales.

En collaboration avec le professeur de philosophie, on pourra alors aborder deux thèmes de réflexion :

- l'histoire de la représentation de l'univers (de Ptolémée à Kepler, puis de Kepler à Einstein, et enfin d'Einstein à la dernière hypothèse de Reynald Pain) ;
- la dialectique nécessaire entre expérimentation et modélisation. Le professeur de philosophie initiera alors les élèves à une vision épistémologique des sciences que l'enseignant de physique complétera en s'appuyant sur les figures jointes en Annexe. Cette vision dialectique des sciences trouvera un point d'appui fort avec la dernière thèse de Reynald Pain, que l'on ne manquera pas de mettre en relation avec la célèbre dualité onde-corpuscule à propos de la lumière.

FICHE ÉLÈVE

Examen d'hypothèses

À utiliser en physique, classe de 2^{de}

Une énigme

Résumez en quelques lignes l'énigme évoquée par l'astrophysicien Michel Spiro.

.....
.....
.....

Première hypothèse

Après avoir visionné la séquence du film concernant le travail du physicien Alain Milsztajn, rappelez brièvement quel en est l'objet.

1. Décrivez l'effet des lentilles microgravitationnelles.

.....
.....
.....

2. Quelles sont les causes possibles des variations de lumière des étoiles ?

.....
.....
.....

3. Comment le physicien Alain Milsztajn distingue-t-il les étoiles qui l'intéressent des autres ?

.....
.....
.....

4. L'hypothèse sur laquelle il travaille semble-t-elle suffisante pour résoudre l'énigme évoquée par Michel Spiro ? Pourquoi ?

.....
.....
.....

Deuxième hypothèse

Après avoir visionné la séquence du film concernant le travail du physicien Michel Chardin, répondez aux questions suivantes.

5. Comment se nomment les particules élémentaires qu'il cherche à repérer ?

.....
.....
.....

6. À quelle échelle de grandeur ses travaux s'effectuent-ils ?

.....
.....
.....

7. À quelle température faut-il refroidir le germanium pour détecter les chocs de particules ? Comment se nomme cette température ?

.....
.....
.....

8. Le physicien est-il optimiste quant à ses résultats ? Pourquoi ?

.....
.....
.....

Troisième hypothèse

Après avoir visionné la séquence du film concernant le travail du physicien Reynald Pain, précisez quel phénomène a été mis en évidence récemment dans son laboratoire.

9. Sur quelles observations cette découverte se base-t-elle ?

.....
.....
.....

10. Définissez l'expression « constante cosmologique ».

.....
.....
.....

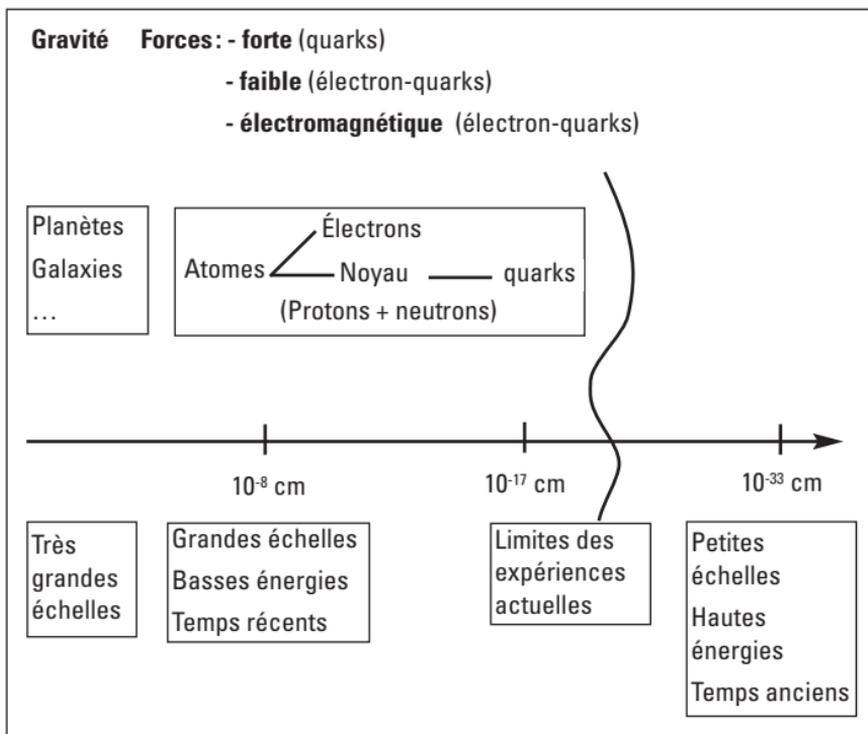
11. De quoi l'univers serait-il composé selon le chercheur Reynald Pain ?

.....
.....
.....

ANNEXE

Limite des connaissances scientifiques et extrapolation

Modèle standard



Extrapolation

