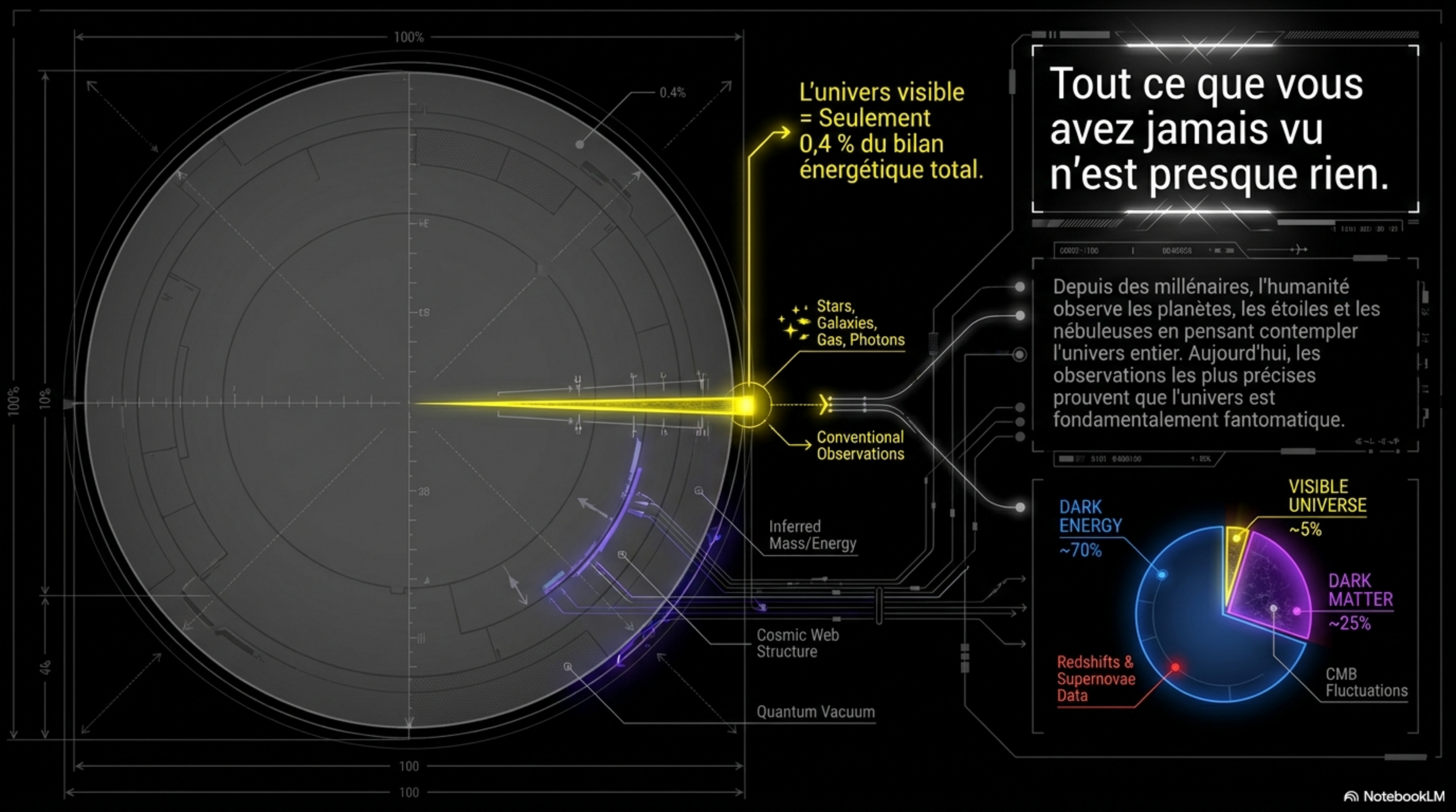


L’Univers Invisible

Matière noire, énergie sombre et le mystère des 99 % manquants.

Synthèse des observations astrophysiques contemporaines (Basée sur les recherches de Nathalie Palanque-Delabrouille, CEA).

NotebookLM

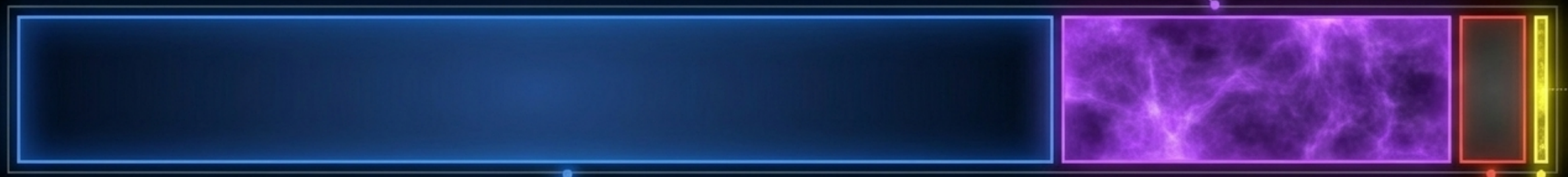

100%
0.4%
100%
10%
46
100
100
L'univers visible
= Seulement
0,4 % du bilan
énergétique total.
Stars,
Galaxies,
Gas, Photons
Conventional
Observations
Inferred
Mass/Energy
Cosmic Web
Structure
Quantum Vacuum
Tout ce que vous avez jamais vu n'est presque rien.
Depuis des millénaires, l'humanité observe les planètes, les étoiles et les nébuleuses en pensant contempler l'univers entier. Aujourd'hui, les observations les plus précises prouvent que l'univers est fondamentalement fantomatique.
DARK
ENERGY
~70%
VISIBLE
UNIVERSE
~5%
DARK
MATTER
~25%
Redshifts &
Supernovae
Data
CMB
Fluctuations

NotebookLM

Le Bilan Énergétique du Cosmos

~24 % : Matière Noire Exotique
Des particules invisibles (WIMPs) qui n'interagissent presque pas.

~4 % : Matière Baryonique
Notre matière (atomes), mais majoritairement sous forme de gaz froid et sombre.



72 % : Énergie Sombre
Une force mystérieuse à pression négative.

~4 % : Matière Baryonique
Notre matière (atomes), mais majoritairement sous forme de gaz froid et sombre.

0,4 % : Matière Visible
L'illusion d'optique cosmique.

NotebookLM

Ne pas confondre : Les Deux Mystères





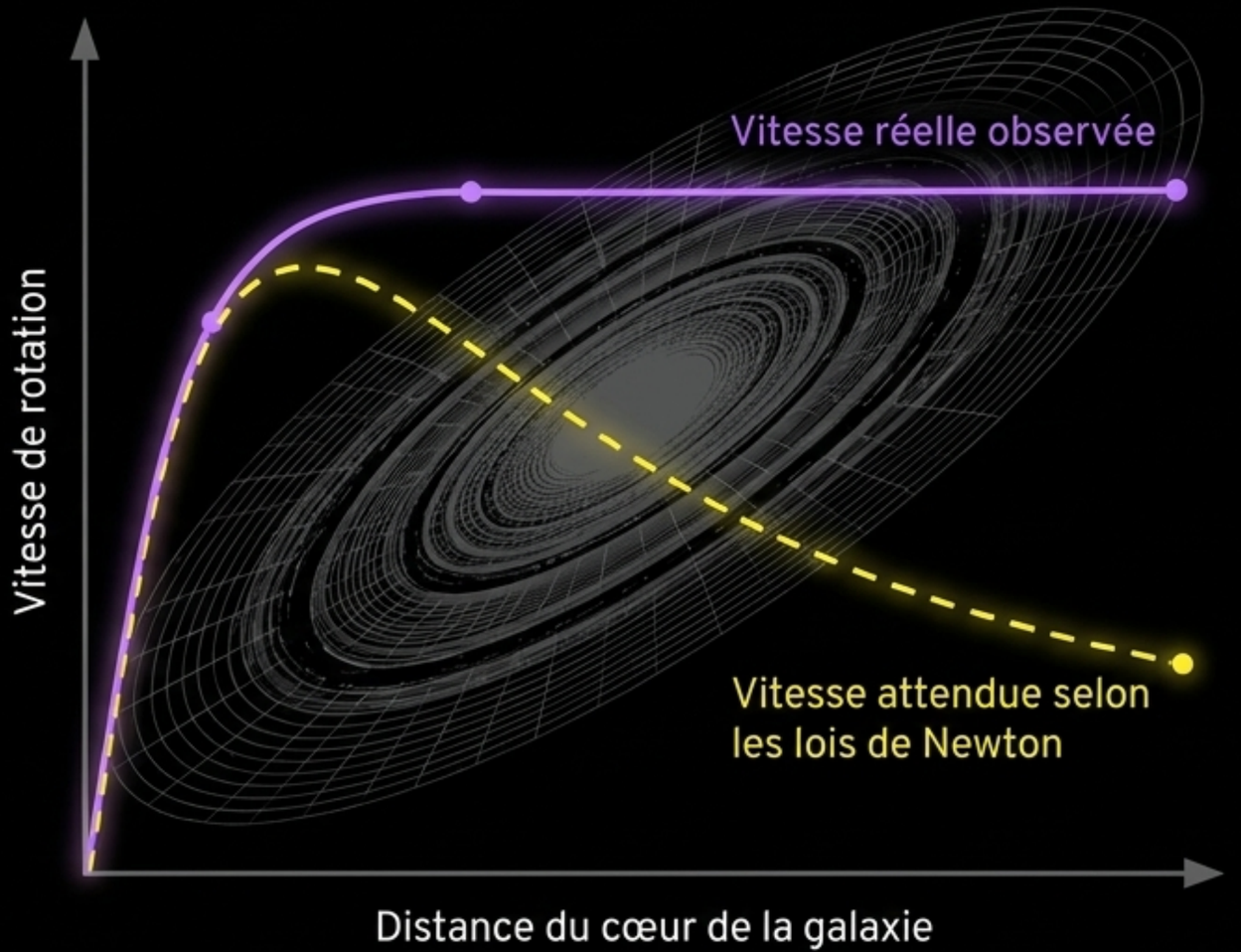
	Matière Noire	Énergie Sombre
Découverte Initiale	Années 1930 (Zwicky) & 1970 (Rubin)	1998 (Supernovae lointaines)
Nature de la Force	Effet Attractif (Gravité classique)	Effet Répulsif (Pression négative)
Fonction Cosmique	Maintient la cohésion des galaxies	Accélère l'expansion de l'univers
Échelle d'Action	Échelle galactique (Amas et halos)	Échelle cosmologique globale

NotebookLM

Dossier 1 : La Matière Noire et l'Anomalie des Vitesses

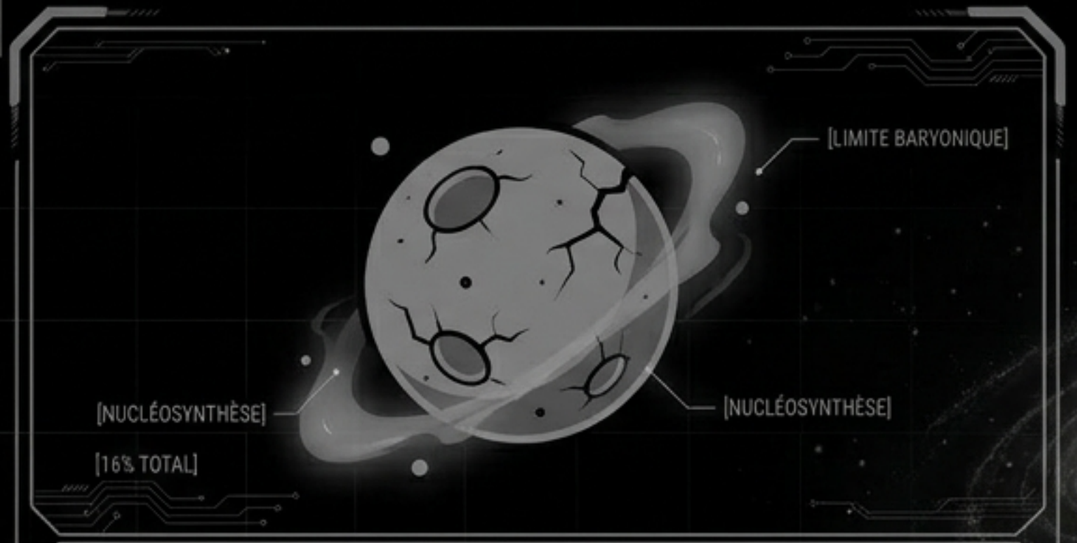
L'Amas de Coma (1933) : Fritz Zwicky observe que les galaxies se déplacent bien au-delà de leur vitesse de libération. Il manque un facteur 100 en masse.

Andromède (1975) : Vera Rubin découvre que les étoiles en périphérie tournent trop vite. Sans un immense halo de matière invisible (facteur 10), la galaxie devrait se disloquer.



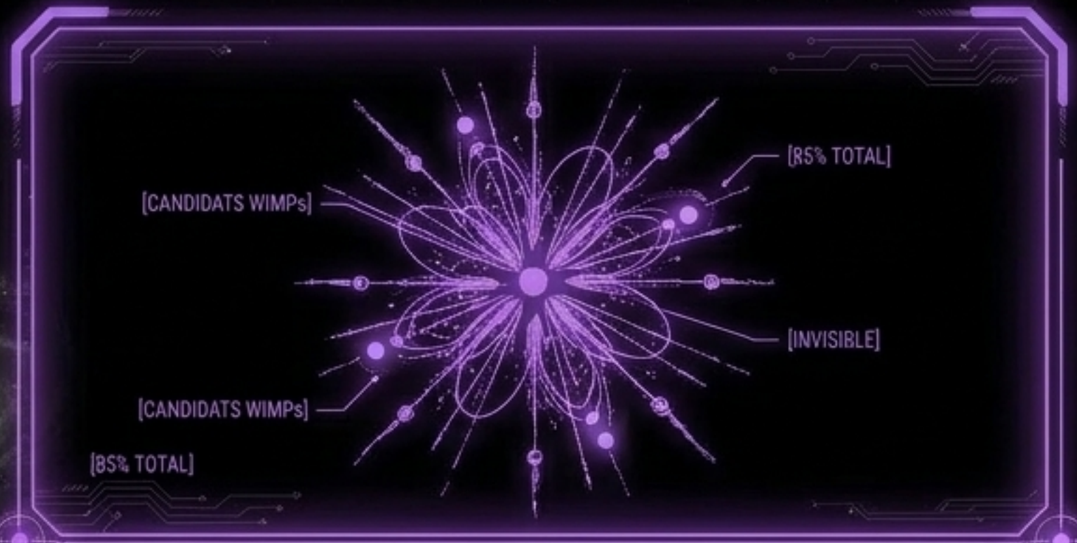
NotebookLM

La Chasse aux Suspects : Baryonique ou Exotique ?



Profil A : Matière Ordinaire / Baryonique

Planètes mortes, trous noirs, gaz froid.
Problème : Les théories de la nucléosynthèse primordiale (Big Bang) fixent une limite stricte. La matière ordinaire ne peut constituer que 16 % de la matière totale.

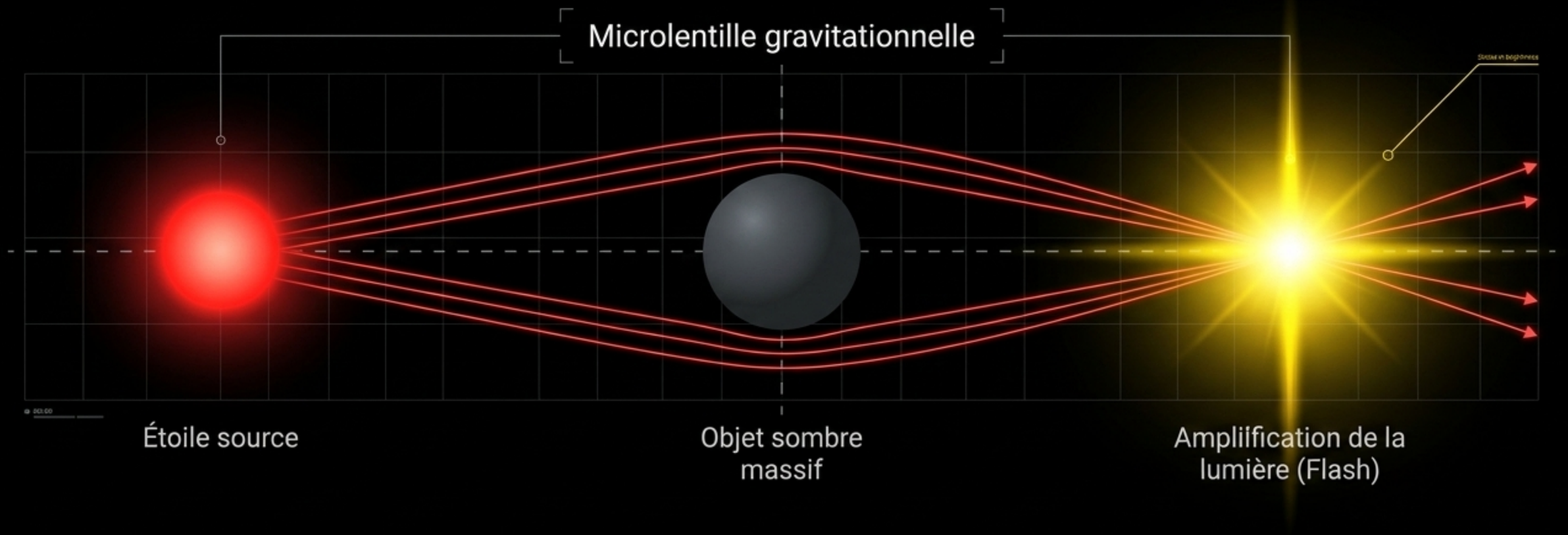


Profil B : Matière Extraordinaire / Exotique

Particules inconnues n'émettant aucune lumière. Des candidats de la physique des particules comme les WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles). Représente 85 % de la masse de l'univers.

NotebookLM

L'Expérience EROS : Éliminer la Matière Ordinaire



TECHNICAL - DETECTOR

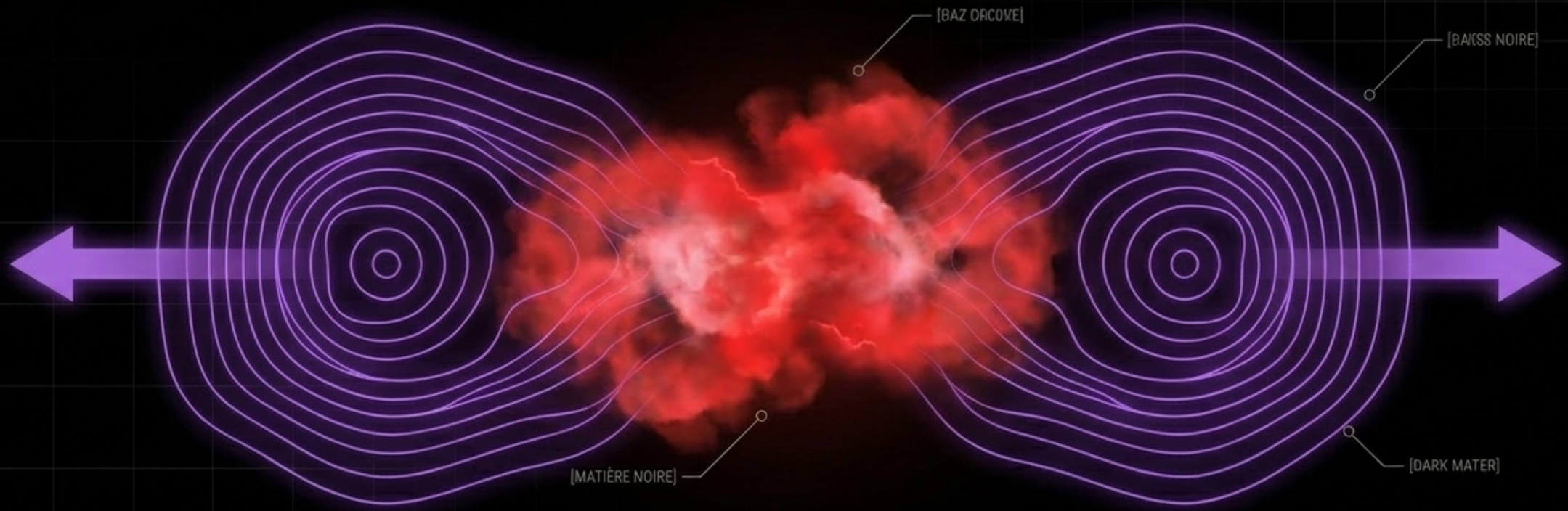
Pendant plus d'une décennie, les physiciens ont surveillé des millions d'étoiles dans les Nuages de Magellan. Ils cherchaient des "flashs" causés par le passage d'objets sombres massifs (planètes, naines brunes).

TECHNICAL - DIVIDER

Verdict : Échec révélateur. Il n'y a pas assez d'objets sombres ordinaires. La matière noire DOIT être exotique.

NotebookLM

La Preuve Irréfutable : L'Amas du Boulet

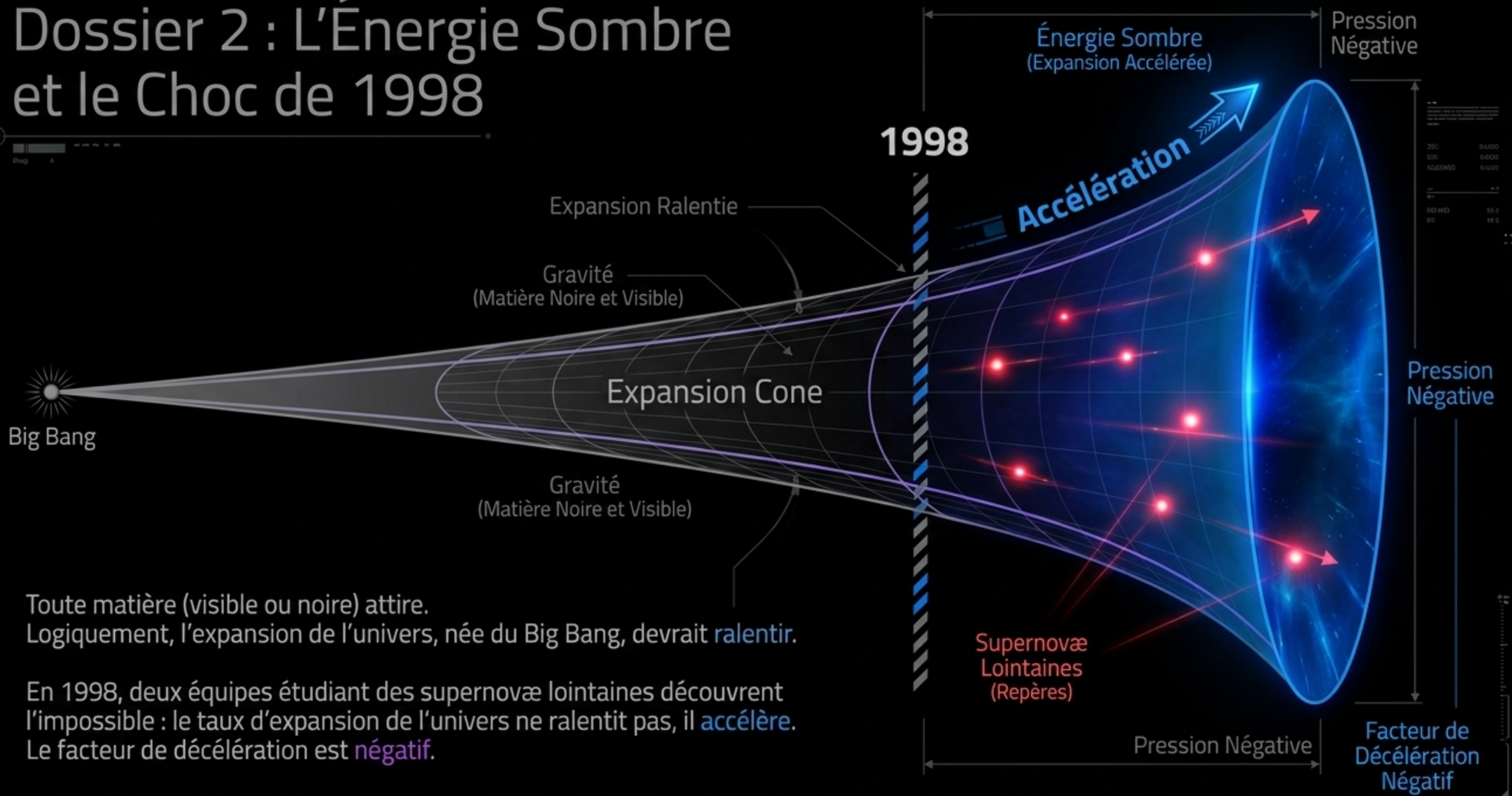


Lors de la collision de deux amas de galaxies, le gaz ordinaire est freiné par l'impact au centre. Mais la cartographie de la masse montre que l'essentiel de la gravité (matière noire) a traversé la collision sans interagir.

La matière noire n'est pas une simple erreur dans nos lois de la gravité (théorie MOND) ; c'est une composante physique réelle, invisible et sans friction.

NotebookLM

Dossier 2 : L'Énergie Sombre et le Choc de 1998

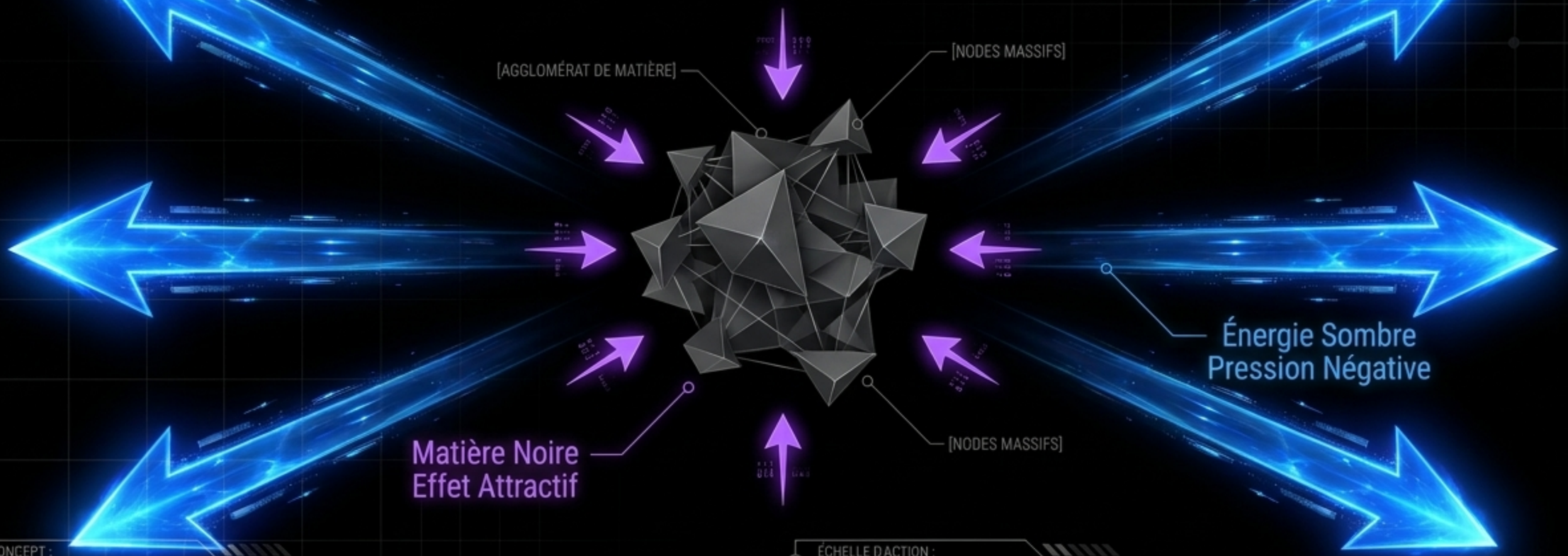


Toute matière (visible ou noire) attire.
Logiquement, l'expansion de l'univers, née du Big Bang, devrait ralentir.

En 1998, deux équipes étudiant des supernovæ lointaines découvrent l'impossible : le taux d'expansion de l'univers ne ralentit pas, il accélère.
Le facteur de décélération est négatif.

NotebookLM

La Gravité Répulsive



CONCEPT :

Contrairement à la matière qui a une pression positive (attractive), l'énergie sombre possède une pression négative. Elle crée une force répulsive émanant du vide lui-même.

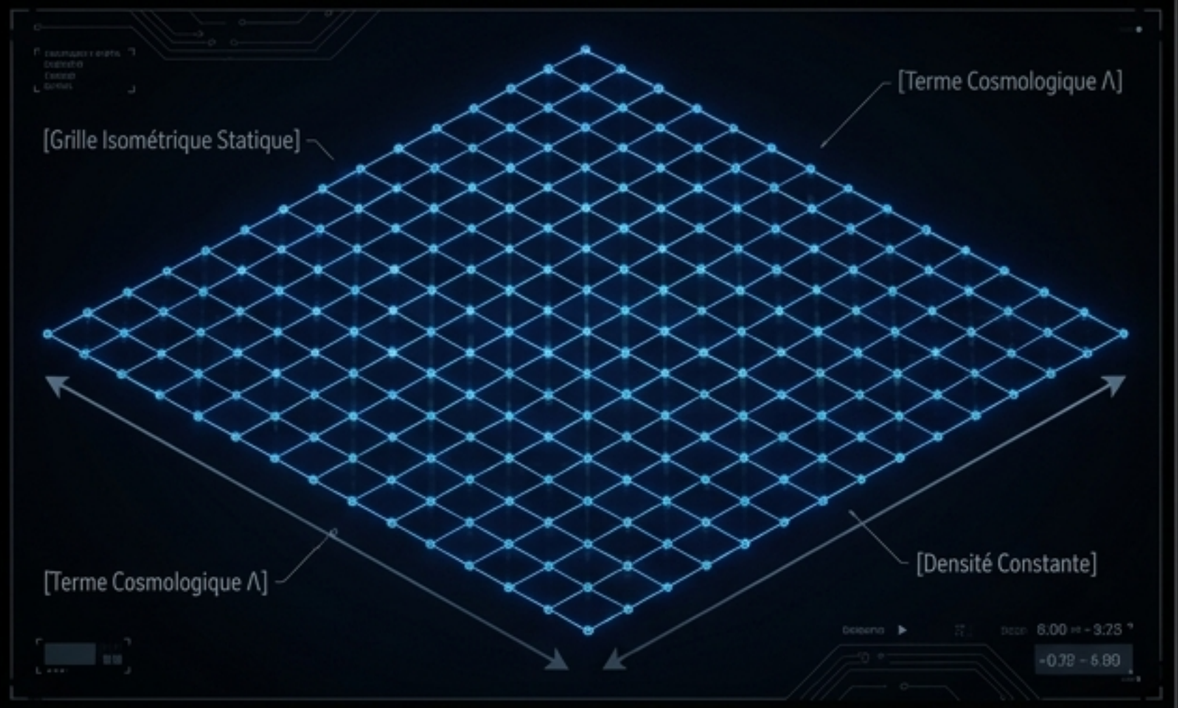
ÉCHELLE D'ACTION :

Totalement négligeable à l'échelle d'un système solaire ou d'une galaxie, elle domine de manière absolue aux très grandes échelles cosmologiques.

NotebookLM

Les Coupables Possibles : Qu'est-ce que l'Énergie Sombre ?

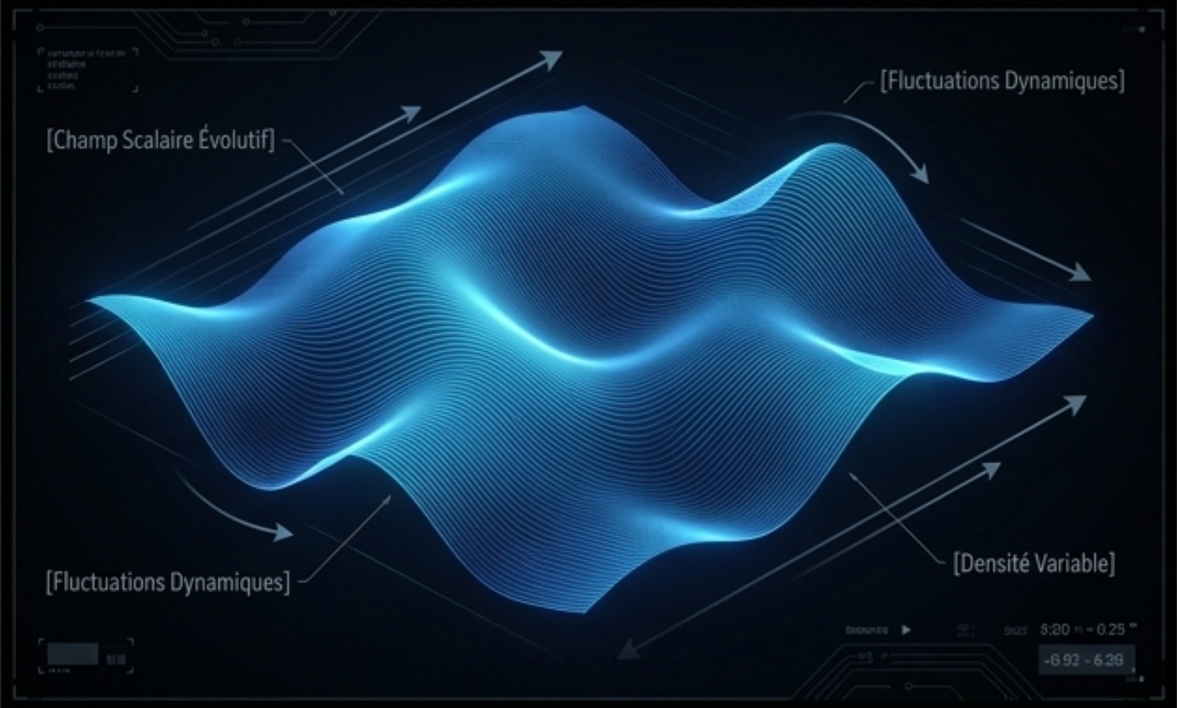
Théorie 1 : L'Énergie du Vide (Constante)



Théorie 1 : L'Énergie du Vide (Constante)

Un terme constant dans les équations d'Einstein. Ne se dilue pas avec l'expansion. Dans quelques milliards d'années, la matière sera tellement diluée que l'énergie noire représentera 99,9 % de l'univers.

Théorie 2 : La Quintessence (Dynamique)

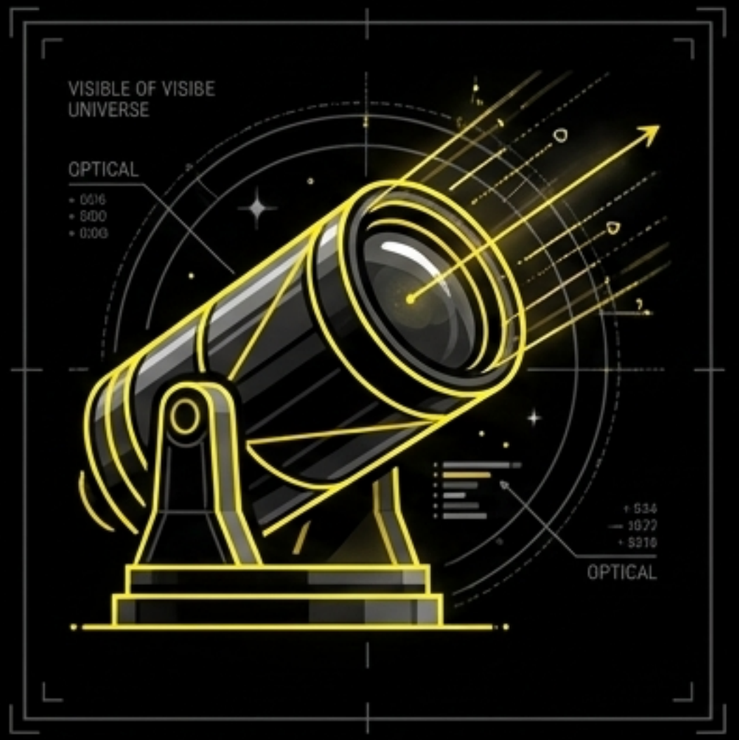


Théorie 2 : La Quintessence (Dynamique)

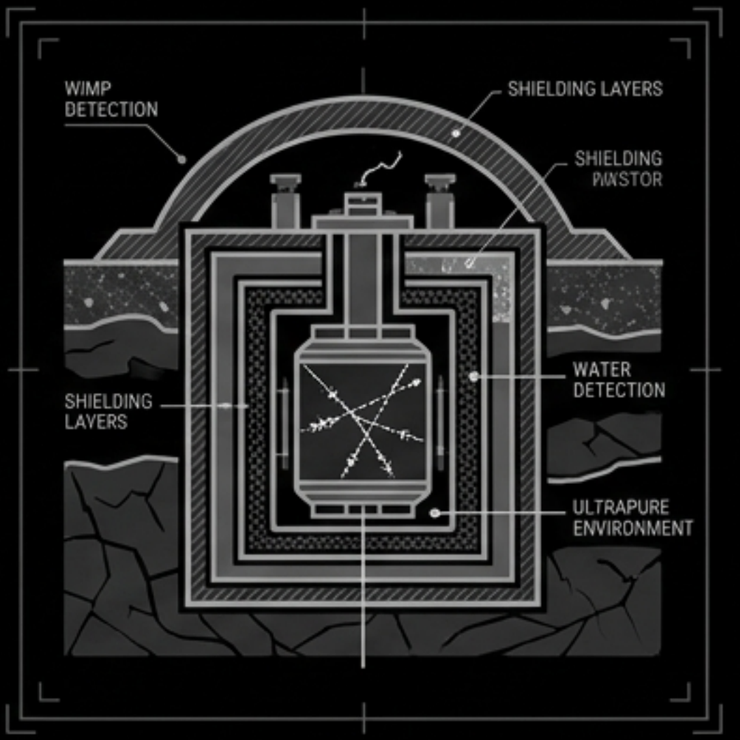
Un champ d'énergie évolutif qui aurait pu fluctuer au cours de l'histoire de l'univers.

NotebookLM

L’Arsenal de l’Astrophysique Moderne







1. Les Supernovæ (MegaCam/SNLS)

Caméras CCD géantes (400 millions de pixels) traquant des centaines de milliers de galaxies pour mesurer l’expansion.

2. Le Fond Diffus Cosmologique

Satellites spatiaux mesurant le rayonnement fossile à 3 Kelvin pour confirmer le bilan énergétique total.

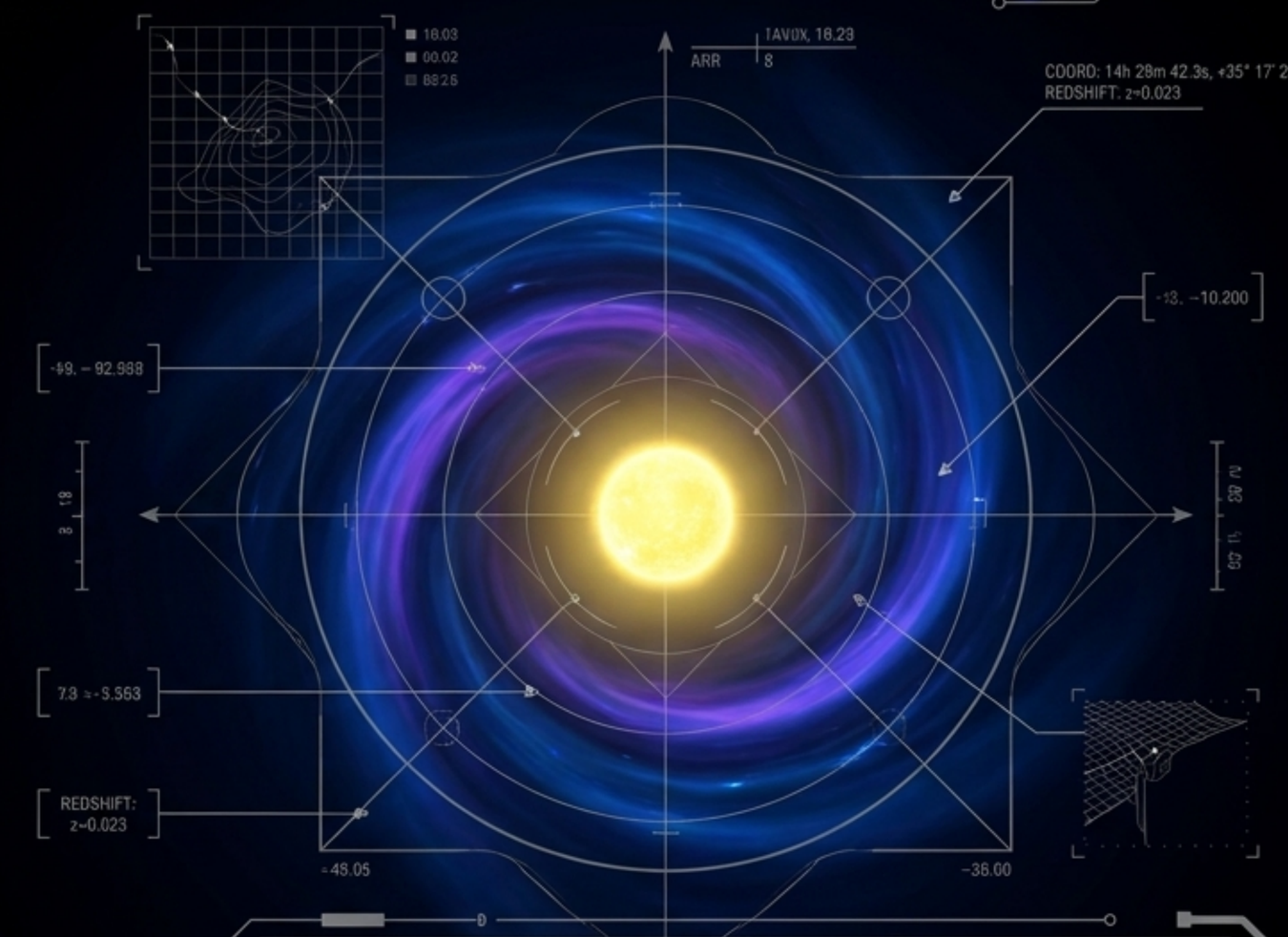
3. Les Pièges Souterrains

Détecteurs ultra-propres cherchant les collisions rarissimes des particules fantômes WIMPs avec la matière ordinaire.

NotebookLM

Une Révolution, Pas Une Crise

Découvrir que nous ignorons la nature de 99 % de notre univers n'est pas un échec, c'est l'évolution naturelle de la science. Chaque amélioration de nos instruments révèle un cosmos plus riche et inattendu. Les prochaines décennies promettent de réécrire entièrement notre modèle de l'univers.



« On ne peut pas lancer un pavé d'une telle taille dans la mare sans aller regarder un petit peu plus ce qui se passe. »
— Nathalie Palanque-Delabrouille, Astrophysicienne (CEA)

NotebookLM