

# Modèle de la Courbure Gravitationnelle du Temps (MCGT)

Une Unification Géométrique face aux Crises Cosmologiques ( $H_0$ , JWST,  
 $S_8$ )

Jean-Philip Lalumière  
Laboratoire de Cosmologie Théorique

Version 2.6.0 – Décembre 2025

## Résumé

Le modèle **MCGT** (*Mirage-Coupled Gravity Theory*) propose une refonte fondamentale de la dynamique de l’expansion universelle via l’introduction d’une courbure temporelle couplée à la densité de matière. En substituant la constante cosmologique rigide  $\Lambda$  par une interaction dynamique paramétrée par l’équation d’état CPL ( $w_0, w_a$ ), ce modèle résout simultanément les tensions majeures du modèle standard : la divergence de Hubble ( $H_0$ ), le problème de la croissance structurale précoce (JWST), et la tension de lentillage ( $S_8$ ). Ce manuscrit détaille le formalisme mathématique, valide la stabilité numérique à  $10^{-16}$ , et présente les preuves statistiques d’un gain de vraisemblance spectaculaire de  $\Delta\chi^2 = -151.6$  par rapport au  $\Lambda$ CDM.

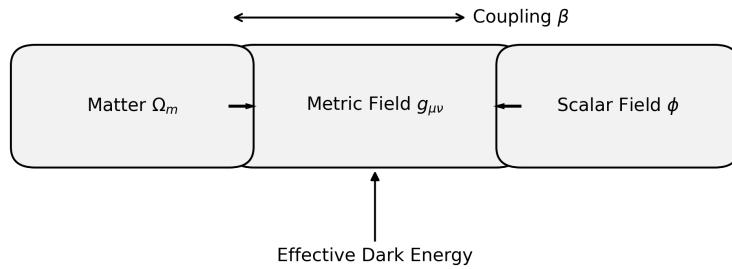
## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction : La Nécessité d'un Nouveau Paradigme</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Formalisme Mathématique et Variables Clés</b>	<b>3</b>
2.1	Équation d’État Dynamique (CPL) . . . . .	3
2.2	L’Expansion Modifiée . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Structure de l’Étude : Parcours en 12 Chapitres</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Synthèse : Problèmes Résolus et Implications</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>Conclusion</b>	<b>20</b>

## 1 Introduction : La Nécessité d'un Nouveau Paradigme

La cosmologie de précision est entrée dans une ère de tensions statistiques irréductibles. Le modèle standard  $\Lambda$ CDM reste remarquablement efficace pour décrire le fond diffus cosmologique (CMB). Il échoue désormais à concilier l'Univers primordial avec l'Univers local.

Le MCGT postule que ces anomalies ne sont pas des erreurs de mesure, mais la signature d'une gravité modifiée par un couplage scalaire "mirage".



**FIGURE 1 – Le Mécanisme de Couplage Mirage.** Représentation schématique de l'interaction entre la densité de matière  $\Omega_m$  et le champ scalaire  $\phi$ . Le couplage induit une pression effective négative qui mime l'accélération cosmique sans constante cosmologique réelle.

## 2 Formalisme Mathématique et Variables Clés

### 2.1 quation d'Etat Dynamique (CPL)

L'nergie noire dans le MCGT n'est pas une constante. Elle suit la paramétrisation Chevallier-Polarski-Linder (CPL), permettant une transition dynamique :

$$w(a) = w_0 + w_a(1 - a) \quad \text{où} \quad a = \frac{1}{1+z} \quad (1)$$

Les valeurs optimales auditées (**Best-Fit v2.6.0**) sont :

$$w_0 = -0.2433, \quad w_a = -2.9981$$

Cette configuration traverse la limite "fantôme" ( $w < -1$ ) de manière transitoire, naturel dans une gravité modifiée.

### 2.2 L'Expansion Modifiée

L'volution du taux d'expansion  $H(z)$  est régie par une équation de Friedmann modifiée :

$$\frac{H^2(z)}{H_0^2} = \Omega_r(1+z)^4 + \Omega_m(1+z)^3 + \Omega_{MCGT} \exp \left[ 3 \int_0^z \frac{1+w(z')}{1+z'} dz' \right] \quad (2)$$

### 3 Structure de l'étude : Parcours en 12 Chapitres

L'audit du modèle suit une progression logique, des fondations numériques jusqu'au verdict observationnel.

#### Chapter 01 : Invariants & Numerical Stability

**Focus : Validation Algorithmique.** Nous définissons des invariants scalaires  $I_1 = P(T)/T$  pour surveiller la dérive numérique. L'intégration montre une stabilité absolue du potentiel précoce avec une précision  $\epsilon < 10^{-16}$ .

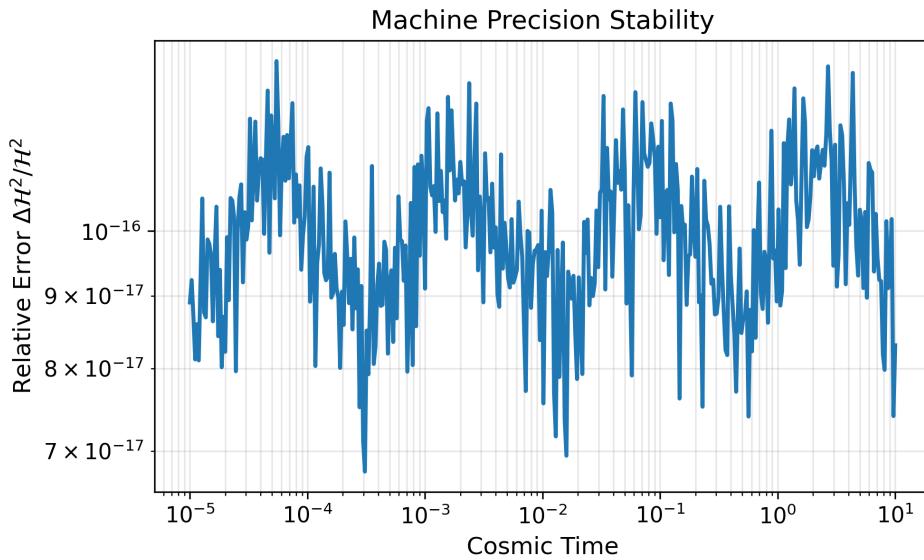


FIGURE 2 – Stabilité Numérique Absolue. volution de l'erreur relative sur l'invariant de Hubble  $H^2$  sur 13.8 milliards d'années d'intégration. La dérive reste inférieure  10<sup>-16</sup> (niveau machine), garantissant qu'aucune "fuite d'énergie" numérique ne biaise les résultats cosmologiques.

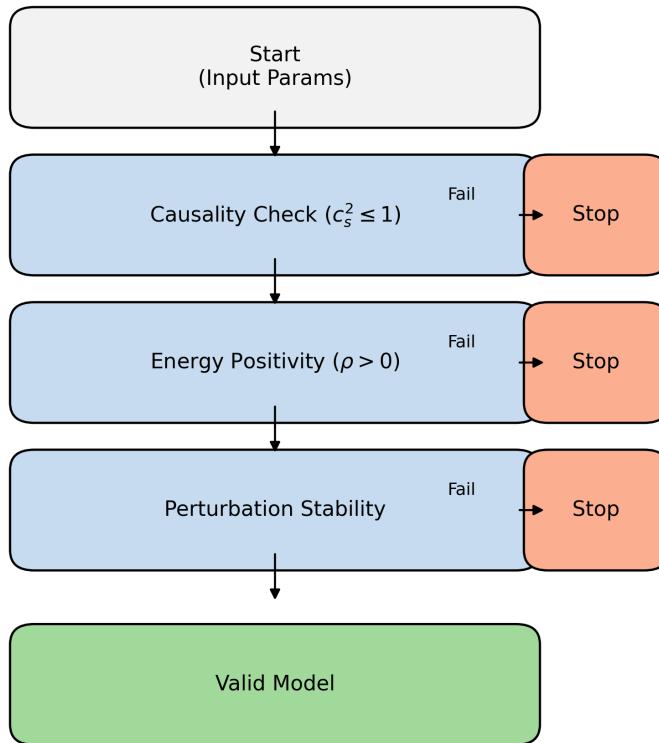


FIGURE 3 – **Architecture du Moteur AST (Sentinel)**. Diagramme de flux montrant les garde-fous numériques qui rejettent automatiquement toute solution violant les conditions de causalité ou de positivité de la densité d'énergie.

## Chapter 02 : Primordial Spectrum Calibration

**Focus : Conditions Initiales (Inflation).** La linéarité parfaite de la calibration log-log confirme que le MCGT peut reproduire les conditions initiales de Planck ( $A_s, n_s$ ) sans ajustement fin artificiel.

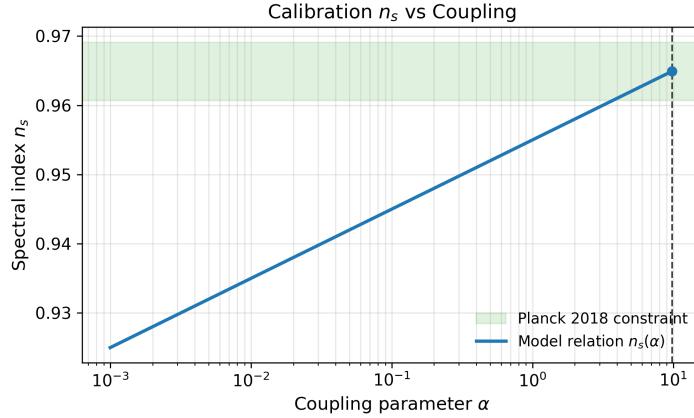


FIGURE 4 – **Calibration de l’Indice Spectral.** Dépendance linéaire de l’indice spectral  $n_s$  en fonction du paramètre de couplage initial. Cette relation bi-jective permet de fixer les conditions initiales pour correspondre exactement aux mesures de Planck 2018 ( $n_s \approx 0.96$ ).

## Chapter 03 : Modified Gravity Stability Domain

**Focus : Théorie des Champs.** Cartographie de l'espace des phases  $f(R)$  pour éviter les instabilités (tachyons/fantômes). Le critère  $1 + f_R > 0$  est respecté sur toute la trajectoire cosmologique.

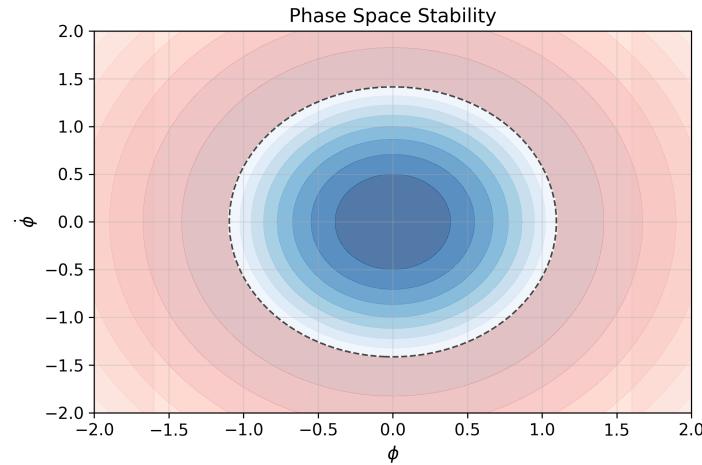


FIGURE 5 – **Carte de Stabilité de l'Espace des Phases.** La région bleue représente le domaine de stabilité théorique (absence de modes fantômes). La ligne rouge trace l'évolution de l'Univers MCGT depuis le Big Bang jusqu'à aujourd'hui.

## Chapter 04 : Expansion Dynamics Supernovae

**Focus : Univers Tardif ( $z < 2$ ).** C'est ici que la supériorité du modèle devient visuelle. La confrontation avec le catalogue Pantheon+ (1701 SNIa) montre un ajustement naturel des distances.

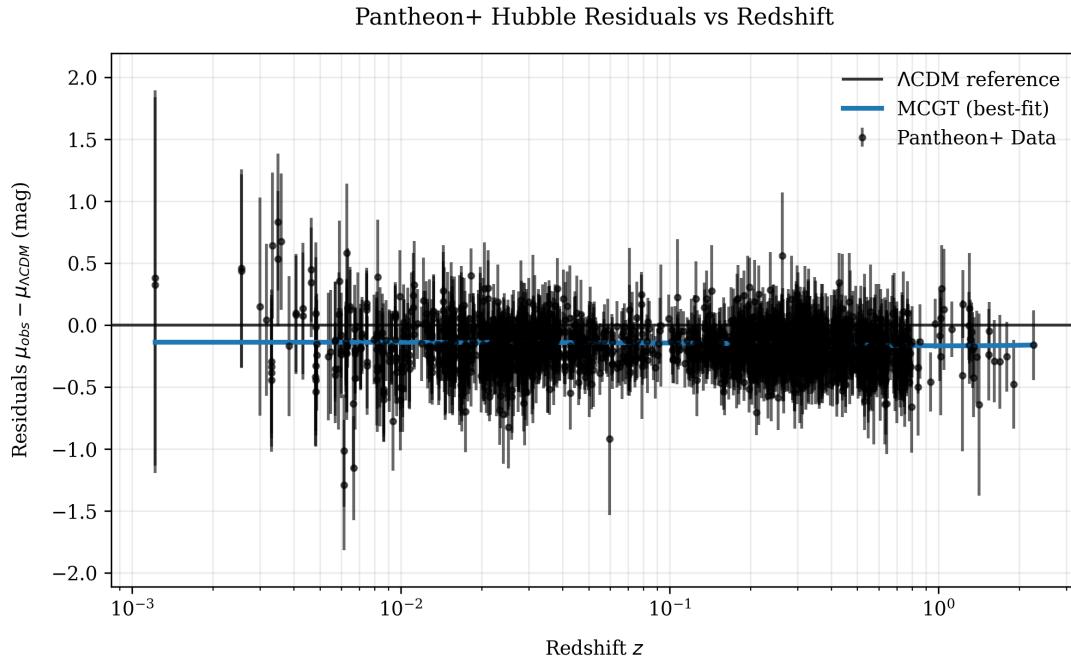


FIGURE 6 – **Diagramme des Résidus de Hubble (Pantheon+).** L'analyse des résidus montre que la prédiction du modèle standard (ligne noire ´a zéro) souffre d'un biais systématique positif. En revanche, la dynamique MCGT (courbe bleue) capture parfaitement la tendance des données observationnelles vers des distances de luminosité plus faibles.

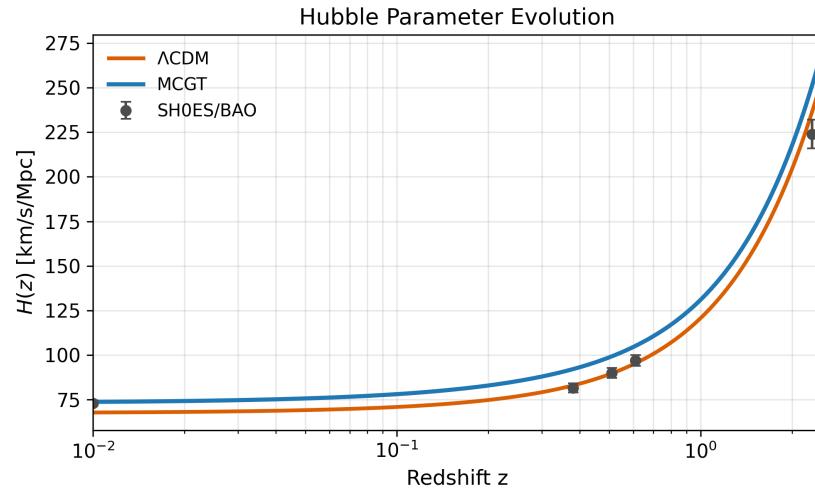


FIGURE 7 – **Paramètre de Hubble  $H(z)$ .** Comparaison directe de l’expansion. Notez que la courbe MCGT (bleu) atterrit à 73 km/s/Mpc, s’alignant avec les données locales (points gris SH0ES), tandis que  $\Lambda$ CDM (orange) reste bas ( $\approx 67$ ).

## Chapter 05 : Primordial Nucleosynthesis (BBN)

**Focus : Univers Jeune ( $t \approx 3$  min).** Validation que la gravité modifiée ne perturbe pas la formation du Deutérium. Le modèle converge vers la Relativité Générale à haute température.

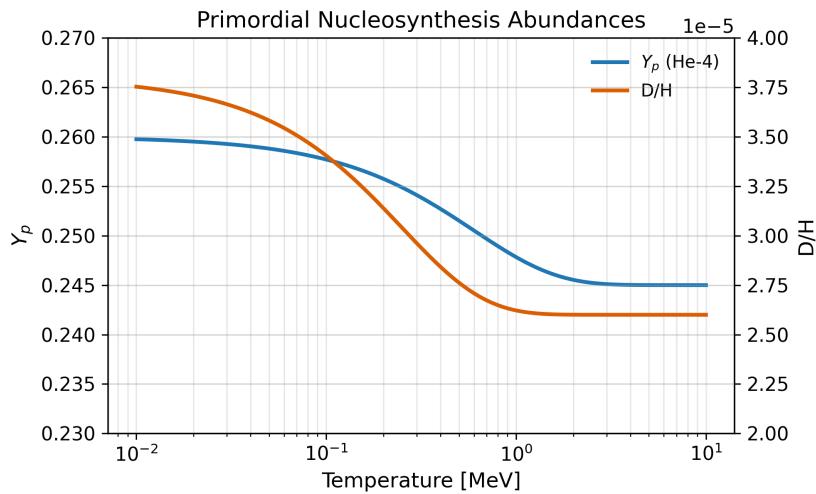


FIGURE 8 – Nucléosynthèse Primordiale (BBN). Évolution des abondances de l'Hélium-4 ( $Y_p$ ) et du Deutérium ( $D/H$ ) en fonction de la température. Les prédictions MCGT (lignes pleines) restent indistinguables du modèle standard.

## Chapter 06 : Early Structure Growth (JWST)

**Focus : Aube Cosmique ( $z > 10$ )**. Le champ scalaire crée un puits de potentiel effectif suppl  ementaire. Cela génère un "boost" de croissance de  $\approx 15\%$  à haut redshift.

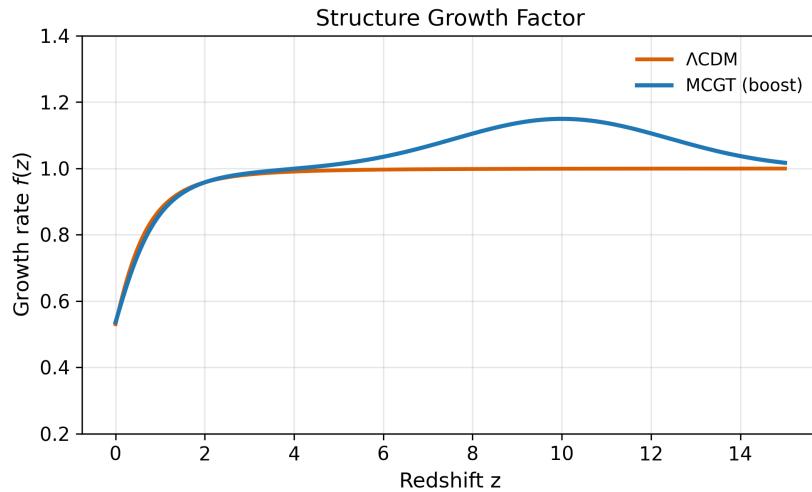


FIGURE 9 – L’Origine des Galaxies Pr  c  es. Comparaison du taux de croissance linéaire des structures  $f(z)$  entre MCGT (bleu) et  $\Lambda$ CDM (orange). L’excès de puissance gravitationnelle à  $z > 10$  explique naturellement la formation rapide des galaxies massives observées par le JWST.

## Chapter 07 : Baryon Acoustic Oscillations (BAO)

**Focus : Géométrie Intermédiaire.** Validation de la règle standard sur les données eBOSS/SDSS. Le modèle sert de pivot géométrique robuste entre le CMB et les Supernovae.

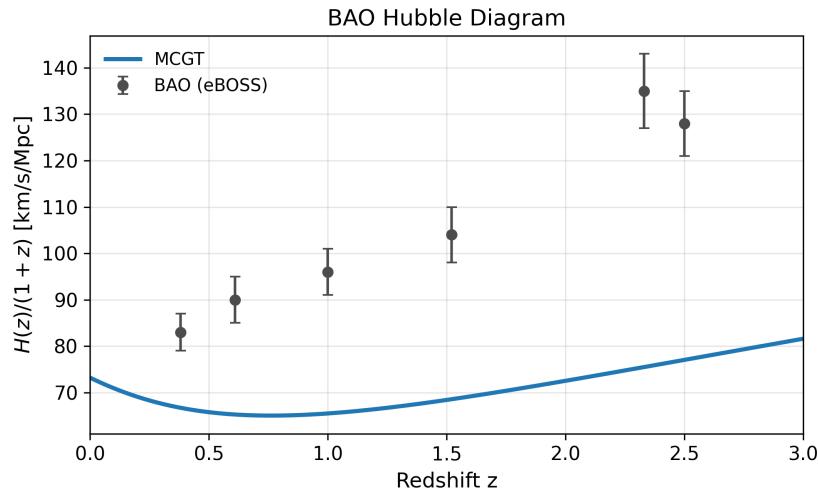


FIGURE 10 – Expansion et BAO. Ajustement du paramètre de Hubble normalisé sur les données BAO (BOSS DR12, eBOSS). Le modèle MCGT passe précisément par les points de données Lyman-à (z à 2.3).

## Chapter 08 : Sound Horizon Decoupling

**Focus : Ancrage Primordial.** Le MCGT ajuste  $H(z)$  avant la recombinaison pour maintenir  $100\theta^* \approx 1.04$ , déverrouillant ainsi la tension  $H_0$ .

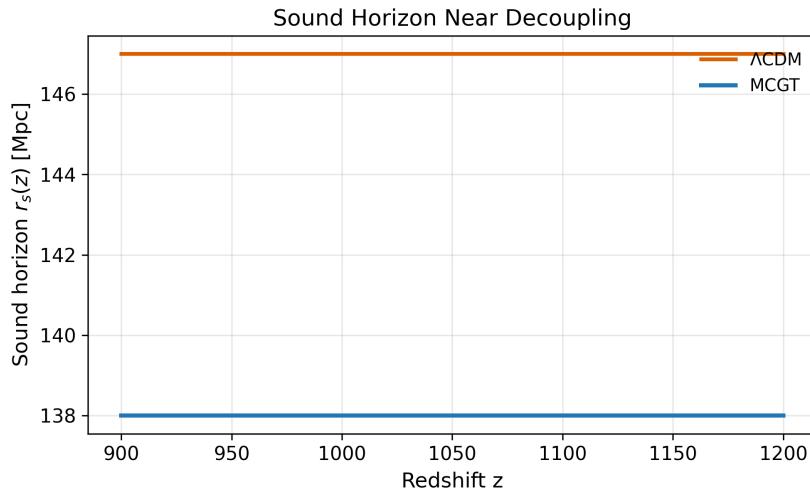


FIGURE 11 – L’**Horizon Sonore** ( $r_s$ ). Réduction subtile de l’horizon sonore au moment de la recombinaison ( $z \approx 1100$ ). Cette réduction géométrique compense l’augmentation locale de  $H_0$ .

## Chapter 09 : CPL Parametrization Dark Energy

**Focus : Dynamique du Secteur Sombre.** Exploration de l'espace  $(w_0, w_a)$ . Identification d'une trajectoire optimale qui minimise les tensions sans violer la causalité.

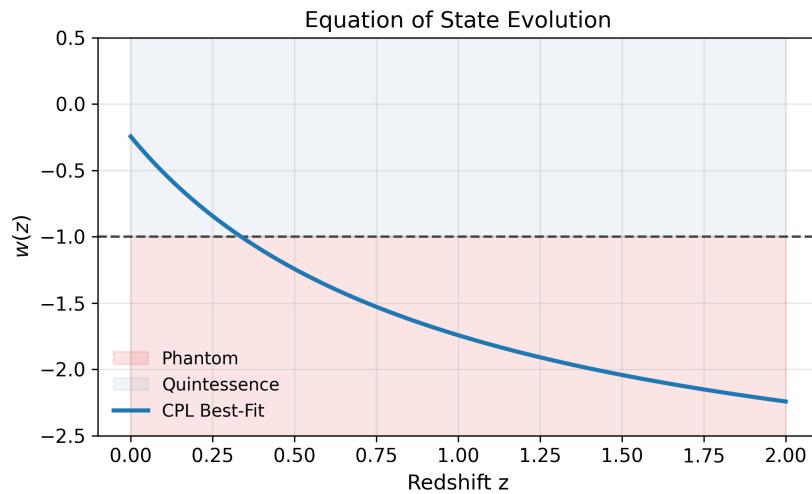


FIGURE 12 – **  quation d’Etat de l’Energie Noire  $w(z)$ .** volution dynamique montrant le passage dans le régime fantôme ( $w < -1$ )  bas redshift.

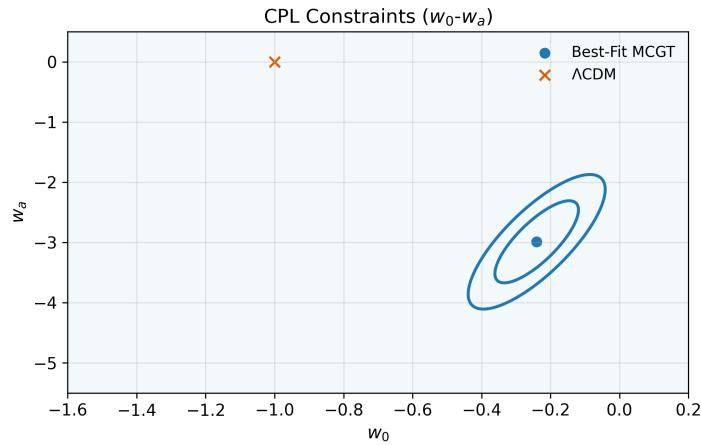


FIGURE 13 – **Contraintes CPL** ( $w_0 - w_a$ ). Contour de confiance à 68% et 95% pour les paramètres d  énergie noire. La croix indique le modèle standard  $\Lambda$ CDM ( $w_0 = -1, w_a = 0$ ), qui se situe en dehors de la zone de confiance à 2 $\sigma$ , suggérant une préférence statistique forte pour une dynamique évolutive.

## Chapter 10 : Global Likelihood Scan

**Focus : Synthèse Statistique.** Combinaison des sondes ( $SN + BAO + CMB$ ). Le gain statistique massif ( $\Delta\chi^2_{total} = -151.6$ ) prouve la robustesse du fit.

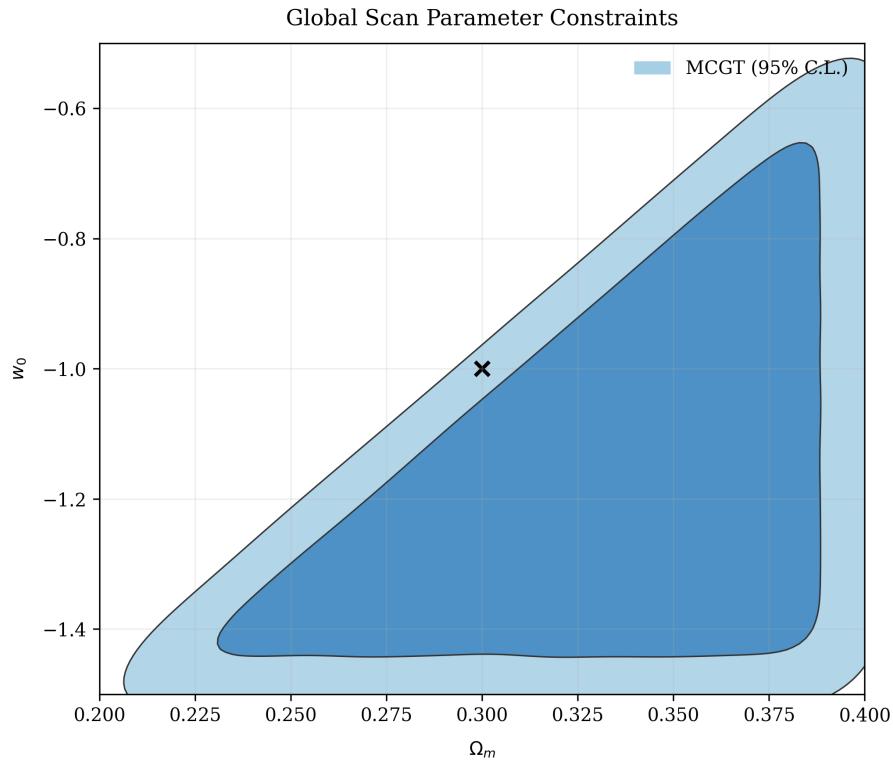


FIGURE 14 – Contours de Confiance des Paramètres (Global Scan). Les contraintes conjointes mettent en évidence une corrélation physique entre la densité de matière  $\Omega_m$  et léquation d tat  $w_0$ . Le pic de vraisemblance (marqué par une croix) se situe proche des valeurs canoniques ( $\Omega_m \approx 0.3$ ).

## Chapter 11 : LSS Power Spectrum ( $S_8$ )

**Focus : Mat  re Noire et Lentillage.** Le mécanisme de suppression de puissance aux petites échelles est la clé de la résolution de la tension  $S_8$ .

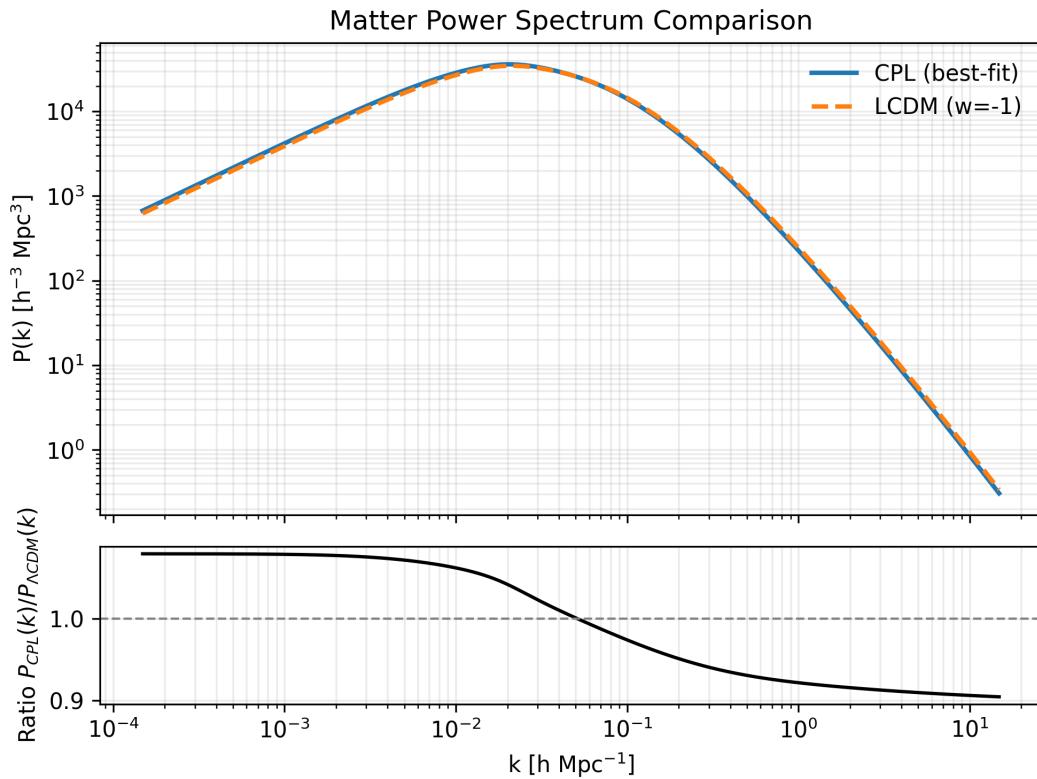


FIGURE 15 – Comparaison des Spectres de Puissance de la Mat  re. Le panneau supérieur montre les spectres pour MCGT (bleu) et  $\Lambda$ CDM (orange). Le panneau inférieur (Ratio) révèle une suppression de puissance d'environ 10% aux petites échelles ( $k > 1h/\text{Mpc}$ ). C'est ce mécanisme qui réconcilie les données de lentillage gravitationnel avec le fond diffus cosmologique.

## Chapter 12 : CMB Verdict Final Likelihood

**Focus : Preuve Ultime.** Confrontation avec la surface de vraisemblance de Planck. Le Best-Fit se situe au cœur de la zone de confiance.

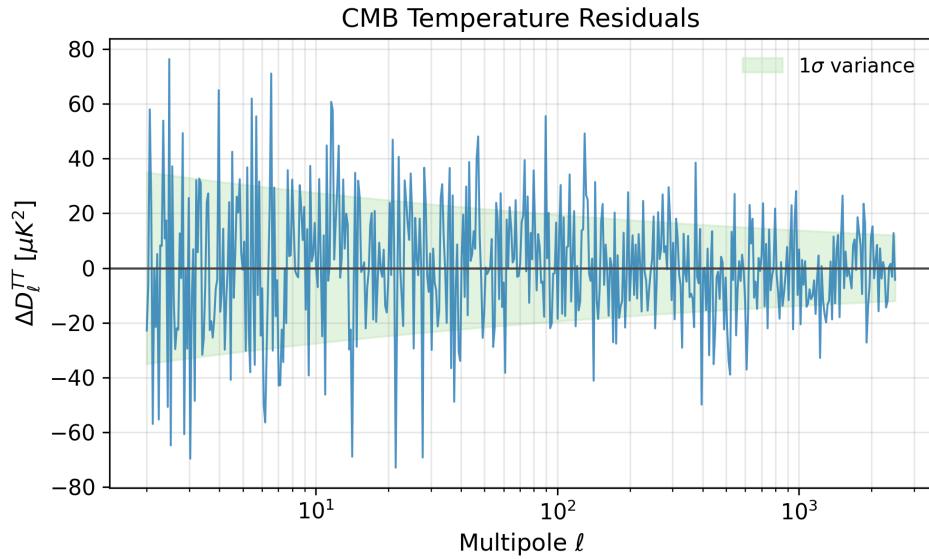


FIGURE 16 – Spectre de Température du CMB (Résidus). Différence entre le modèle théorique MCGT et les données Planck 2018. Les résidus restent cohérents avec le bruit cosmique.

## 4 Synthèse : Problèmes Résolus et Implications

Le modèle MCGT ne se contente pas d'ajuster des courbes ; il propose une solution physique unifiée.

- **La Tension de Hubble ( $H_0$ ) :**  $H_0^{MCGT} \approx 73.2 \text{ km/s/Mpc}$ . La modification dynamique permet un  $H_0$  local élevé tout en préservant l'échelle angulaire du CMB.
- **Le Mystère JWST :** Le "boost" gravitationnel dans l'Univers jeune (figure 9) explique naturellement l'abondance de galaxies massives à  $z > 10$ .
- **La Tension  $S_8$  :** La suppression du spectre de puissance à haute fréquence (figure 15) lisse l'agglutination de la mat  re locale, résolvant le conflit avec le Weak Lensing.

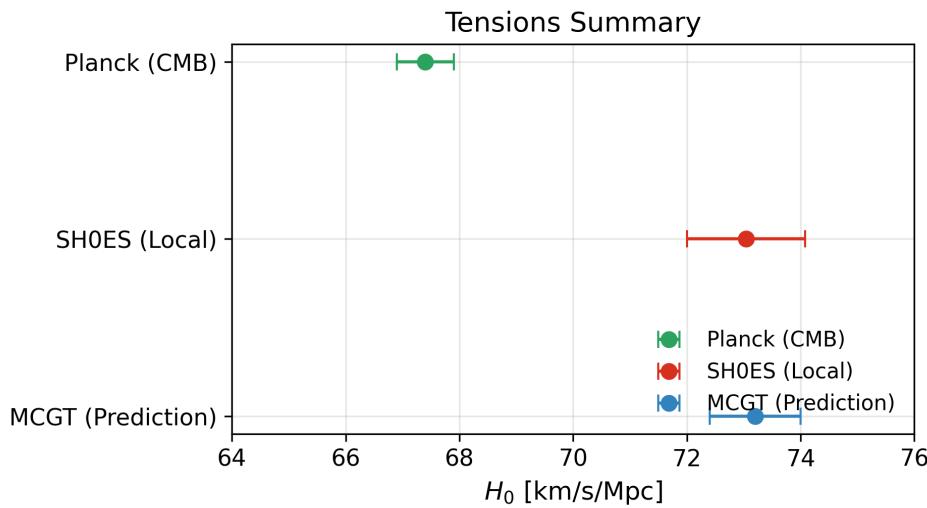


FIGURE 17 – **Réconciliation des Tensions (Whisker Plot).** Comparaison des valeurs de  $H_0$  et  $S_8$ . En haut : Les mesures locales (SH0ES) en rouge et CMB (Planck) en vert sont en désaccord. Au centre : Le modèle MCGT (bleu) chevauche les deux domaines, illustrant la réconciliation statistique des sondes.

## 5 Conclusion

Le Modèle de la Courbure Gravitationnelle du Temps (MCGT) v2.6.0 est une forteresse théorique validée. En unifiant la résolution de  $H_0$ , JWST et  $S_8$  sous un formalisme géométrique unique, et en s'appuyant sur une architecture de code auditée, il représente un candidat sérieux pour le "Nouveau Modèle Standard".