JJC 2003

Inflation par un champ de Gauge assisté par un Radion

Laura Lopez Honorez

Directeur de thèse M. Tytgat
Université Libre de Bruxelles

Relativité et Cosmologie

Equation d'Einstein

$$\mathcal{R}_{\mu\nu} - \frac{1}{2}\mathcal{R} g_{\mu\nu} = \frac{8\pi}{M_p^2} T_{\mu\nu} \qquad \mu, \nu = 0, .., 3$$

Cosmologie standard

- métrique de Friedmann- Robertson- Walker :

$$ds^2 = g_{\mu\nu}\, dx^\mu dx^\nu = -dt^2 + a(t) d\vec{l}^{\,2}$$

- tenseur d'énergie impulsion :

$$(T_{\mu\nu}) = \mathrm{Diag}(-\rho(t), P(t), P(t), P(t))$$

$\Rightarrow$ Equations de Friedmann

$$\begin{aligned} \left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 &= \frac{8\pi}{3M_p^2}\rho - \frac{\kappa}{a^2} \\ \frac{\ddot{a}}{a} &= -\frac{4\pi}{3M_p^2}(\rho + 3P) \end{aligned}$$

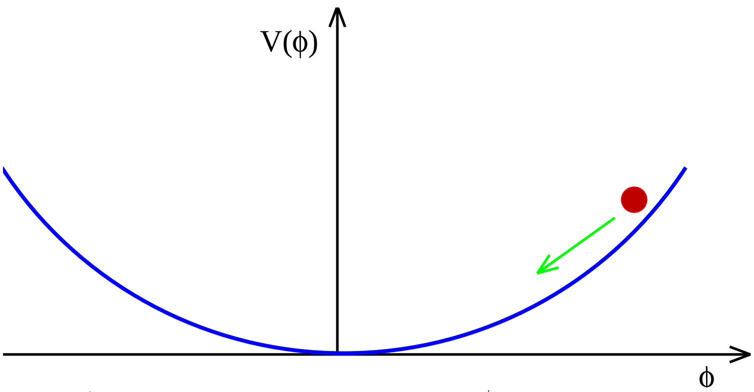
avec $H = \frac{\dot{a}}{a}$ = paramètre de Hubble

Problèmes de la cosmologie standard

- Univers plat
- Horizon et Homogénéité
- Inhomogénéité initiale

Solution : Inflation $\iff \ddot{a} > 0 \iff P < -\frac{1}{3}\rho$

Inflation avec un champ scalaire (Inflaton)



A. R. Liddle, arXiv :astro-ph/9901124

$$\rho = \frac{1}{2}\dot{\phi}^2 + V(\phi)$$
$$P = \frac{1}{2}\dot{\phi}^2 - V(\phi)$$

$$\text{Inflation } \ddot{a} > 0 \iff \dot{\phi}^2 < V(\phi)$$

Conditions de Slowroll : $\begin{cases} \epsilon = \frac{M_p^2}{16\pi}\left(\frac{V'}{V}\right)^2 << 1 \\ \eta = \frac{M_p^2}{8\pi}\frac{V''}{V} << 1 \end{cases}$

Inflation chaotique

$$V(\phi) = \frac{1}{2} m^2 \phi^2$$

Conditions de Slowroll

$$\epsilon \; < \; 1 \quad \Rightarrow \quad |\phi_i| \; > \; M_p \quad \Rightarrow \quad \text{Inflation}$$

Normalisation à COBE

$$\delta_H \; \sim \; 10^{-5} \quad \Rightarrow \quad m \; \simeq \; 10^{-6} M_p$$

$\Rightarrow$ Ajustement fin

Problème

$$\delta V(\phi) = \frac{\alpha}{M_p^2} \phi^6$$

$\Rightarrow$ Ajustement fin d'une infinité de paramètres ! !

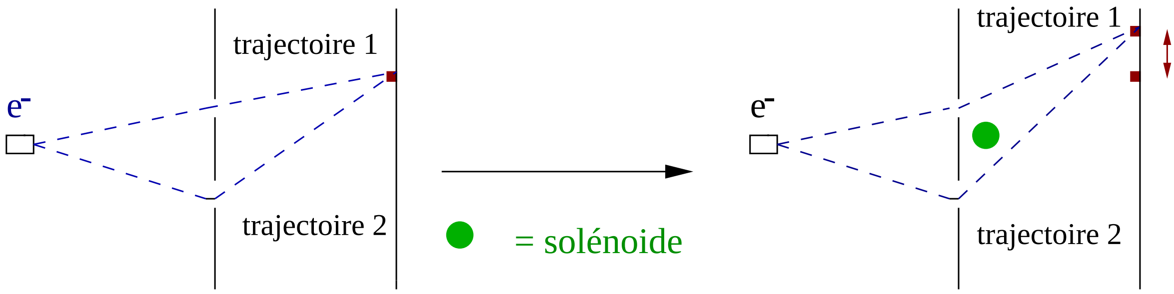
Solution possible :

Symétrie locale qui protège le potentiel

Inflation par un champ de Gauge

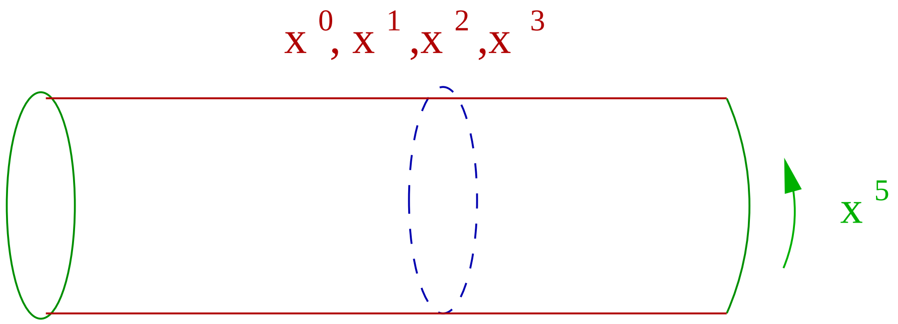
(Arkani-Hamed et al)

Bohm-Aharonov



$$\text{shift} = \Delta\alpha_1 - \Delta\alpha_2 \propto \oint_{\text{chem}} \vec{A} d\vec{x}$$

A 5 dimensions



Boucle de Wilson autour de x^5 :

$$e^{i \oint_c A_5 \, dx^5}$$

Taille de la dimension supplémentaire R

Inflaton

$$\phi \qquad \propto \qquad \theta = \oint_c A_5 dx^5$$

Contributions au Lagrangien

- Au niveau classique :

$$\mathcal{L}_{cin}(\theta) = \frac{1}{2\ g_4^2\ (2\pi R)^2}\,(\partial\theta)^2$$

- Au niveau quantique (Hosotani) :

$$V(\theta) \propto \frac{1}{R^4}\cos(q\theta)$$

Conditions de Slowroll

$$g_4\, 2\pi R\ M_p \ << \ 1$$

$\Rightarrow$ g_4 suffisamment petit $\Rightarrow$ Inflation

Inflation par un champ de Gauge assisté par un Radion

(hep-ph/0302160)

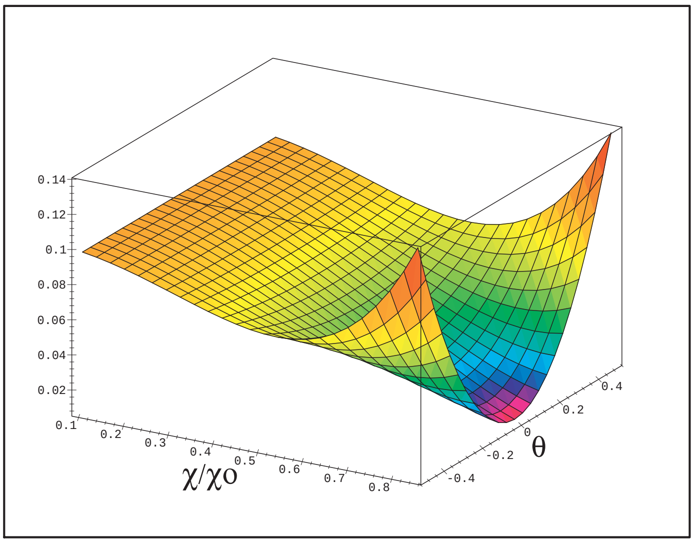
Radion

$$\chi \propto \frac{1}{2\pi R}$$

Pour R grand $\Longleftrightarrow$ χ petit, $V(\theta)$ plus plat

Toy Model

$$V(\chi,\theta) \;=\; \frac{1}{2}\chi^4\theta^2 + \frac{\lambda}{4}\left(\chi^2 - {\chi_0}^2\right)^2$$



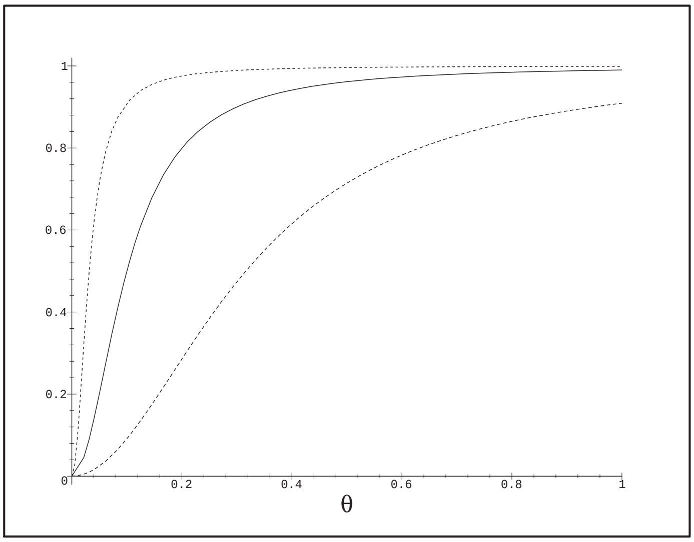
Deux régimes pour $V_{eff}(\theta)$

- $\theta^2 >> \lambda$ période d'inflation

$$\begin{aligned} V_{eff}(\theta) &\approx V_{max}(\theta) \\ \theta & \quad \text{roule doucement} \\ \chi &< \chi_0 \end{aligned}$$

- $\theta^2 << \lambda$ l'inflation se termine

$$\begin{aligned} V_{eff}(\theta) &\sim \text{potentiel quadratique} \\ \theta & \quad \text{roule plus rapidement vers 0} \\ \chi &= \chi_0 \end{aligned}$$



Comparaison aux données de COBE et de Slowroll

$$\phi_i \sim M_{pl}$$

$$g_4^2 \approx 1$$

$$2\pi R_0 \sim 10^2 M_{pl}^{-1}$$

$$\lambda \sim 10^{-3}$$

Conclusion

Mécanisme d'inflation avec :

- Inflaton $\sim$ θ
  - potentiel protégé par les symétries de gauge locales
  - $\phi_i >> M_p$ devient une condition sur g_5
- Radion χ
  - permet de meilleures CI pour l'inflation
  - sa dynamique donne une fin à l'inflation
    ($\sim$ inflation Hybride)

Questions ouvertes

- Plus de dimensions supplémentaires
- Potentiel plus réaliste pour le Radion
- Stabilisation de la dimension supplémentaire