

# Simulation UNIVERS avec COSMOGRAVITY

## Mode d'emploi

### Le facteur d'échelle de l'univers

**RAPPEL.** Avec la relativité générale et le principe cosmologique la courbe  $a(t)$  du facteur d'échelle de l'espace est déterminée par la donnée de la valeur de trois des 4 paramètres de densité  $\Omega_i$  ( $i$  = rayonnement, matière, constante cosmologique, courbure spatiale) et la valeur présente du taux d'expansion de l'espace  $H_0$  (*constante de Hubble-Lemaître*) .

1. En ouvrant l'onglet **Univers > simulation > constante cosmologique**, la simulation du modèle standard (valeurs collaboration Planck 2015) est lancée et affiche son  $a(t)$ .
2. Vous pouvez modifier les **Entrées** et simuler des **univers différents** en changeant les valeurs des paramètres de densité et du taux d'expansion. Note : le paramètre de densité de radiation  $\Omega_{r0}$  est calculé à partir de la température du RFC qui est en entrées. **Cliquer sur « Tracer » pour lancer la nouvelle simulation.**
3. Par défaut le  $a(t)$  est calculé et affiché entre  $a_{\min} = 0$  et  $a_{\max} = 5$ . Vous pouvez modifier ces valeurs ... et cliquer sur **Tracer**.
4. Vous pouvez également utiliser le **diagramme interactif** pour modifier  $\Omega_{m0}$  et  $\Omega_{\Lambda0}$  .
5. Dans tous les cas vous pouvez **sauvegarder entrées et graphique** produit en cliquant sur **Enregistrer**
6. L'option **Univers Plat** force  $\Omega_k = 0$  en ajustant  $\Omega_{\Lambda0}$

# Simulation UNIVERS avec COSMOGRAVITY

## Mode d'emploi

### Calculs annexes : la boîte à outils de l'observateur en cosmologie

Le clic sur **Calculs annexes** ouvre une nouvelle fenêtre : Les entrées de la fenêtre principale sont rappelées et les masses volumiques  $\rho_{\Lambda 0}$ ,  $\rho_{m0}$  et  $\rho_{r0}$  sont calculées.

1. En entrant un (ou deux)  $z$  (et une intensité photométrique) et en appuyant sur **calcul** vous lancez le calcul des **paramètres** ainsi que ceux des **distances métriques** correspondant au(x)  $z$  (et les luminosités, distances luminosité, distances diamètre apparent, éclats)
2. En sélectionnant ensuite  $z_1$  ou  $z_2$  Vous pouvez calculer le **diamètre apparent**  $\theta$  en secondes d'arc correspondant à un **diamètre réel**  $D$  (en m ou en pc) ou bien le calcul inverse en rentrant  $\theta$  en secondes d'arc
3. D'autres calculs inverses sont disponibles :  **$z(d_m)$** ,  **$z(t)$**
4. Enfin un **générateur de graphiques** à fins pédagogiques :
  1. **Quatre distances** en fonctions de  $z$  : distance métrique, distance luminosité, distance diamètre apparent, distance temps-lumière sur un même graphique entre  $z_{\min}$  et  $z_{\max}$
  2. **Les quatre paramètres de densité**  $\Omega_i$  en fonction de  $z$  entre  $z_{\min}$  et  $z_{\max}$
  3. **Le temps cosmique** en fonction de  $z$  entre  $z_{\min}$  et  $z_{\max}$

**Constantes** (un clic sur **Constantes** dans la fenêtre principale ouvre une nouvelle fenêtre)

Vous pouvez y modifier les valeurs par défaut des **constantes fondamentales** de la physique :  $c$ ,  $k$ ,  $h$ ,  $G$  ... et choisir la définition de l'unité de temps année