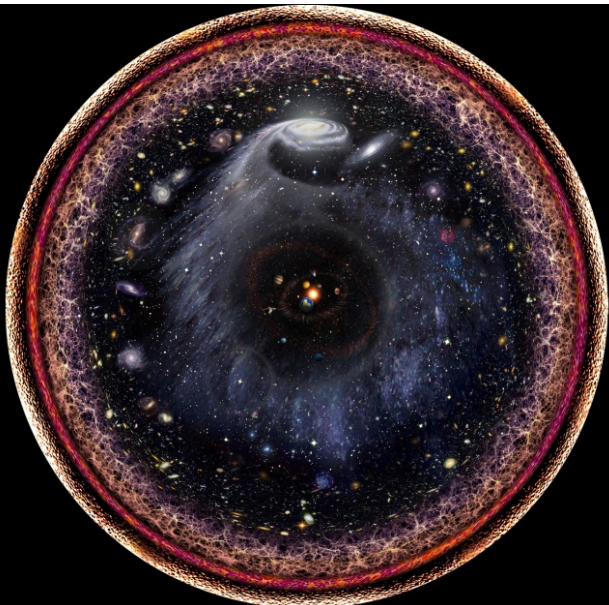


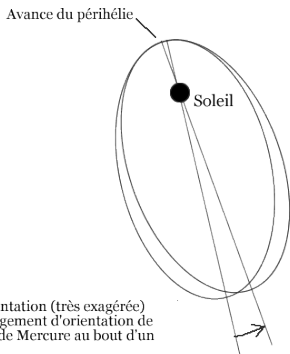
Les mystères de l'Univers



1^{er} succès de la relativité générale

- Les origines du problème:

La trajectoire de Mercure autour du Soleil prédite par la théorie de la **gravité de Newton** est en désaccord avec la mesure

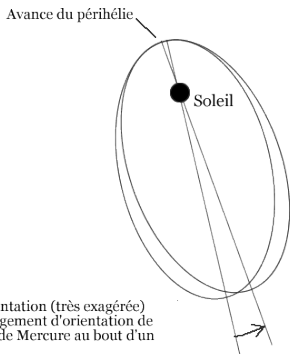


- $\phi_{\text{exp}} = (574.8 \pm 0.4)''/\text{siècle}$
 $\phi_{\text{Newton}} = (531.7 \pm 0.2)''/\text{siècle}$
- 1915: Einstein propose sa théorie de la **relativité générale** en faisant correspondre la nouvelle prédiction avec la mesure.

1^{er} succès de la relativité générale

- Les origines du problème:

La trajectoire de Mercure autour du Soleil prédite par la théorie de la **gravité de Newton** est en désaccord avec la mesure



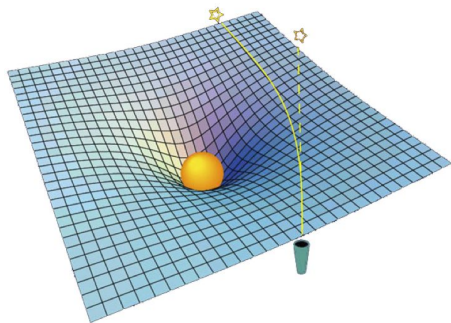
- $\phi_{\text{exp}} = (574.8 \pm 0.4)''/\text{siècle}$
 $\phi_{\text{Newton}} = (531.7 \pm 0.2)''/\text{siècle}$
- 1915: Einstein propose sa théorie de la **relativité générale** en faisant correspondre la nouvelle prédiction avec la mesure.

- **Nouvelle théorie: nouvelles prédictions!**

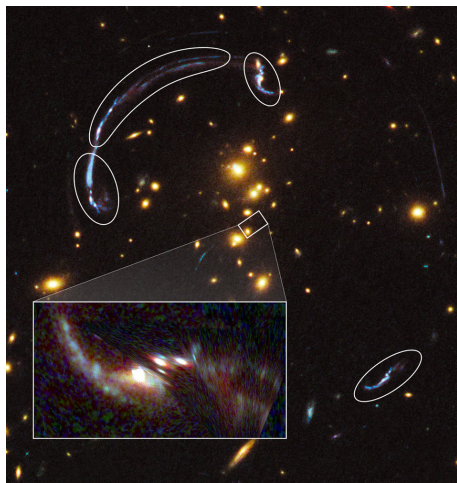
- Interaction entre deux objets massifs (Newton)
- Déformation de l'espace-temps par un objet massif (Einstein)

Déviation de la lumière (1919): lentille gravitationnelle

- Photon de masse nulle:
insensible à la gravité selon Newton mais pas selon Einstein

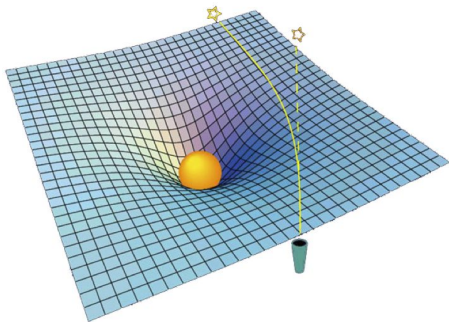


2^{me} succès de la relativité générale

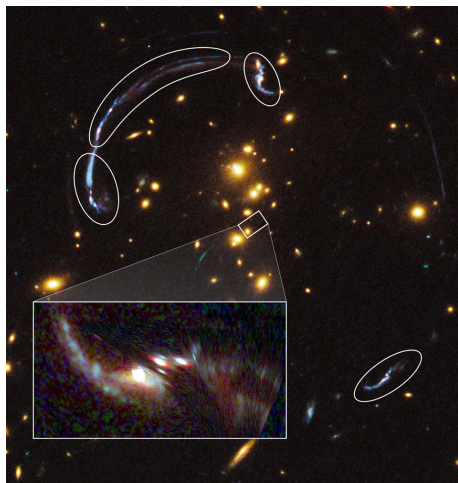


Déviatoin de la lumière (1919): lentille gravitationnelle

- Photon de masse nulle:
insensible à la gravité selon Newton mais pas selon Einstein



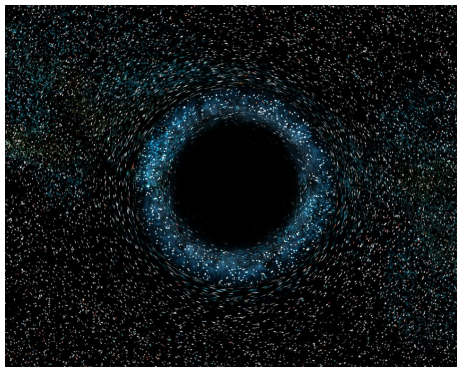
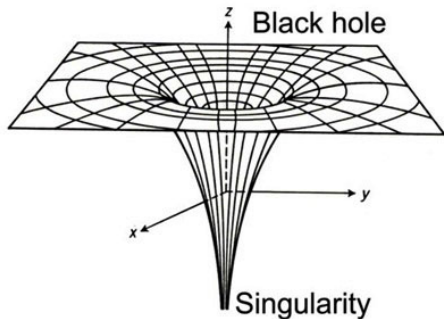
2^{me} succès de la relativité générale



- Que se passe t-il si la masse du soleil est contenue dans un petit volume?

Trou noir

- une masse M qui se trouve totalement concentrée à l'intérieur d'une sphère de rayon $R_s = \frac{2MG}{c^2}$



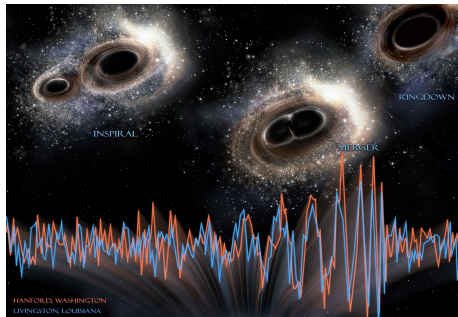
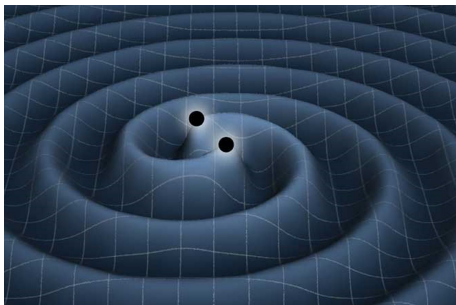
- observation indirecte car le trou noir n'émet rien dans le spectre électromagnétique (selon la relativité générale)

Une dernière prédiction

- Newton: interaction instantannée
- Einstein: propagation de la déformation de l'espace-temps

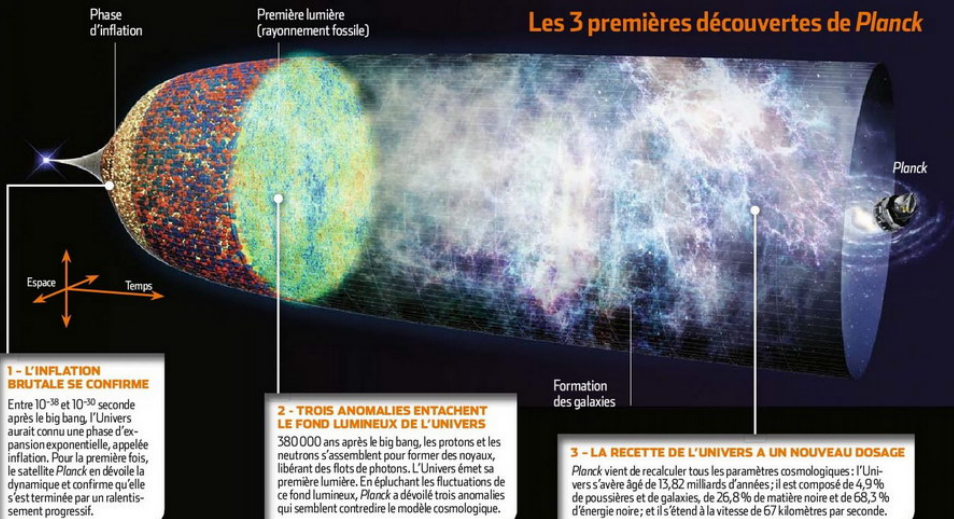
Une dernière prédiction

- Newton: interaction instantannée
- Einstein: propagation de la déformation de l'espace-temps
 - ⇒ présence d'**onde gravitationnelle**
- Prix nobel de physique 1993: observation indirecte à l'aide d'objets astrophysiques (système de pulsars binaire)
- 11 Février 2016! Première observation directe



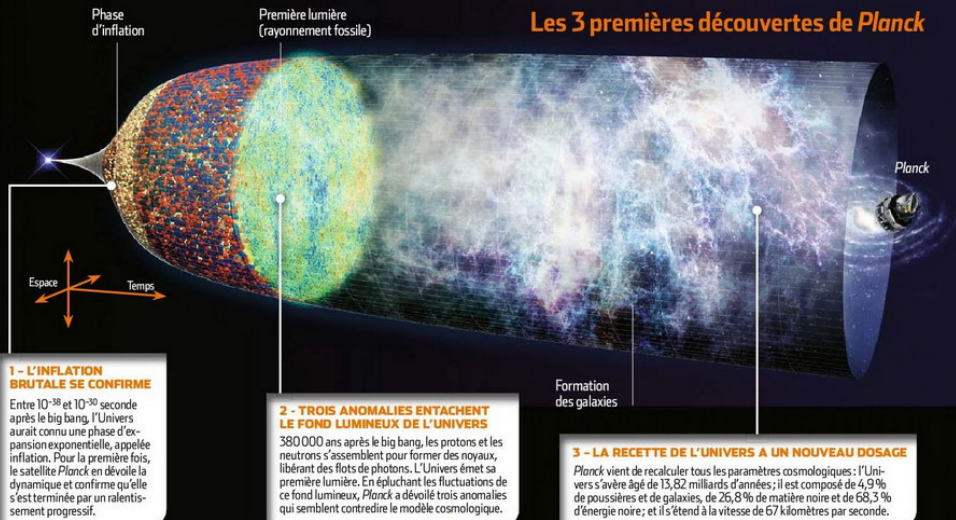
L'origine de l'Univers: le big bang

Les 3 premières découvertes de Planck



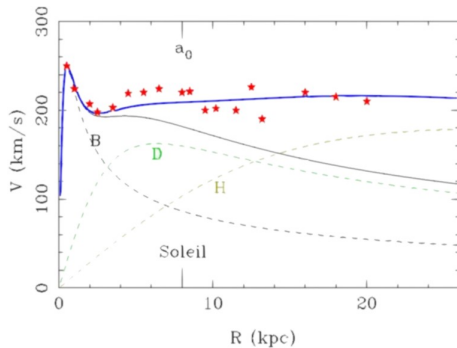
L'origine de l'Univers: le big bang

Les 3 premières découvertes de Planck

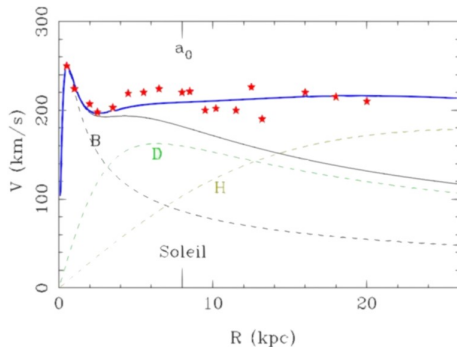


- on peut mesurer la **répartition** des masses autour de nous et la **distance** qui nous sépare des galaxies

Mystérieux composants

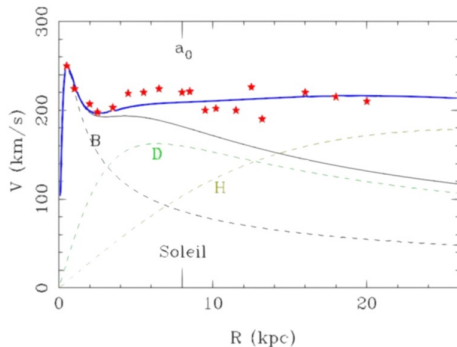


Mystérieux composants



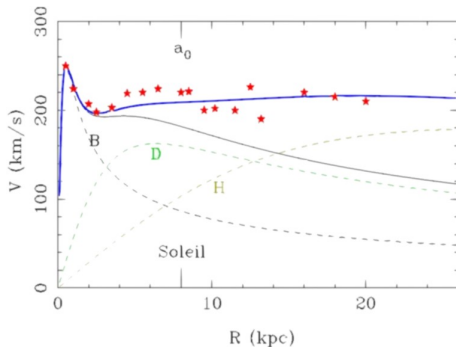
- 1) On observe une rotation des galaxies plus grande que prévue

Mystérieux composants

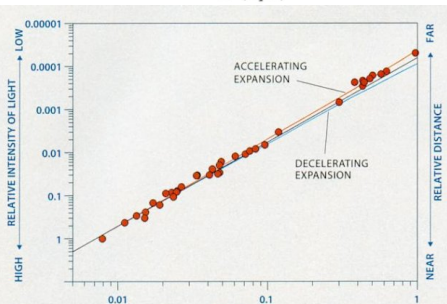


- 1) On observe une rotation des galaxies plus grande que prévue
⇒ existence d'une matière non visible: **matière noire**

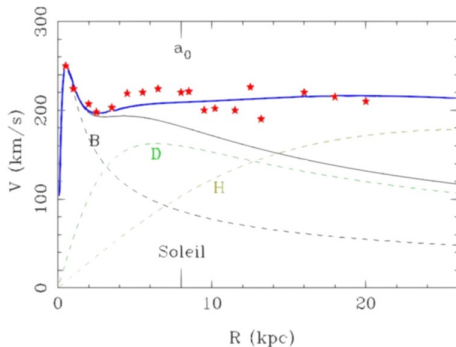
Mystérieux composants



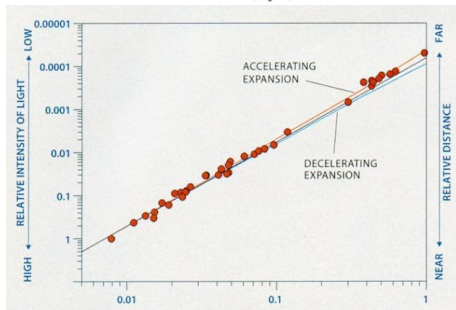
- 1) On observe une rotation des galaxies plus grande que prévue
⇒ existence d'une matière non visible: **matière noire**



Mystérieux composants

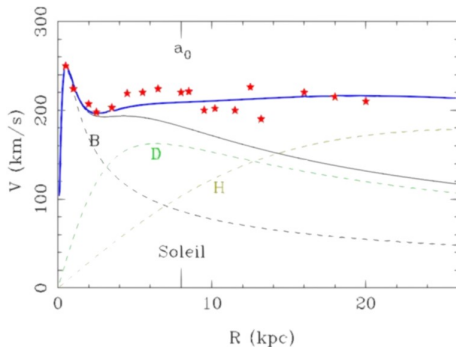


- 1) On observe une rotation des galaxies plus grande que prévue
⇒ existence d'une matière non visible: **matière noire**

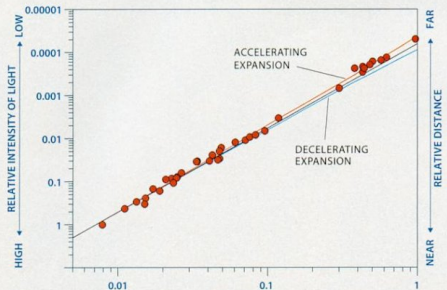


- 2) On observe que les galaxies s'éloignent de nous
⇒ l'univers est en expansion

Mystérieux composants

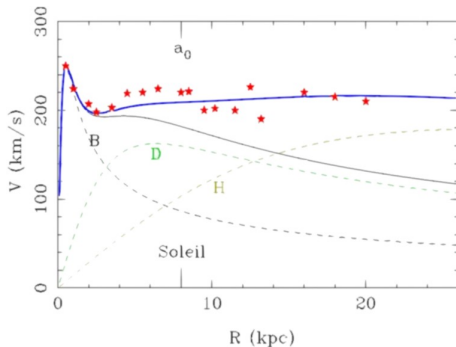


- 1) On observe une rotation des galaxies plus grande que prévue
⇒ existence d'une matière non visible: **matière noire**

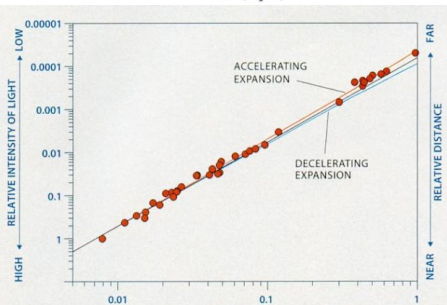


- 2) On observe que les galaxies s'éloignent de nous
⇒ l'univers est en expansion
- 3) ... en s'accélérant!

Mystérieux composants



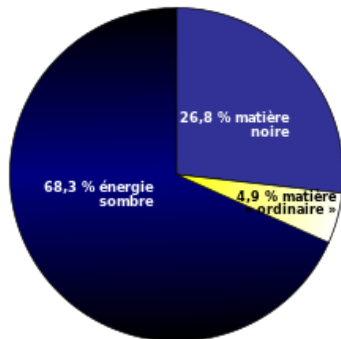
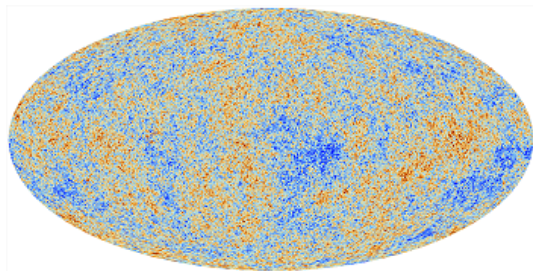
- 1) On observe une rotation des galaxies plus grande que prévue
⇒ existence d'une matière non visible: **matière noire**



- 2) On observe que les galaxies s'éloignent de nous
⇒ l'univers est en expansion
- 3) ... en s'accélégrant!
⇒ existence d'une force répulsive: **énergie sombre**

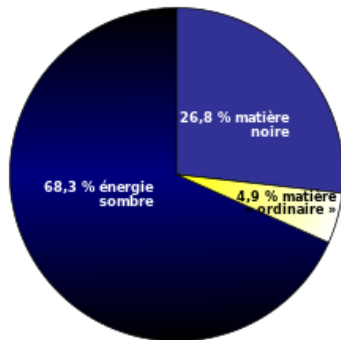
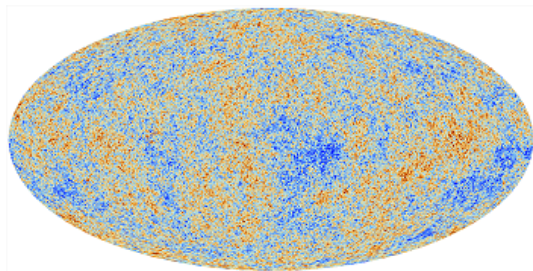
Constituants de l'Univers

- A l'aide du satellite Planck et de l'étude du **fond diffus cosmologique**, on obtient le bilan énergétique de l'univers suivant:



Constituants de l'Univers

- A l'aide du satellite Planck et de l'étude du **fond diffus cosmologique**, on obtient le bilan énergétique de l'univers suivant:



⇒ 95.1% de notre Univers dont on ne sait “presque” rien!!

La matière et l'antimatière dans l'univers

- Créées en quantité **égale** lors du big bang,
- Annihilation de la matière et de l'antimatière:
 $q + \bar{q} \rightarrow \gamma \gamma$
- Plus (ou peu) d'antimatière dans l'univers.

La matière et l'antimatière dans l'univers

- Créées en quantité **égale** lors du big bang,
- Annihilation de la matière et de l'antimatière:
 $q + \bar{q} \rightarrow \gamma \gamma$
- Plus (ou peu) d'antimatière dans l'univers.

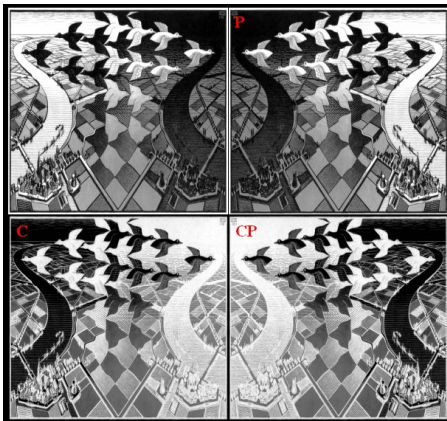
⇒ La matière est favorisée dans ce processus à l'aide d'une **asymétrie**

Symétrie CP et violation

- Une symétrie est une transformation qui laisse invariante les lois de la physique
- C: charge opposée
- P: on regarde dans un miroir
- CP: particule \equiv antiparticule

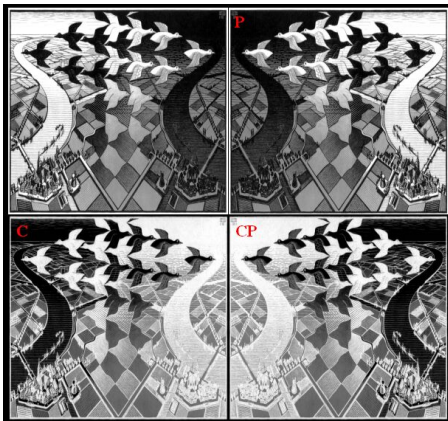
Symétrie CP et violation

- Une symétrie est une transformation qui laisse invariante les lois de la physique
- C: charge opposée
- P: on regarde dans un miroir
- CP: particule \equiv antiparticule



Symétrie CP et violation

- Une symétrie est une transformation qui laisse invariante les lois de la physique
- C: charge opposée
- P: on regarde dans un miroir
- CP: particule \equiv antiparticule

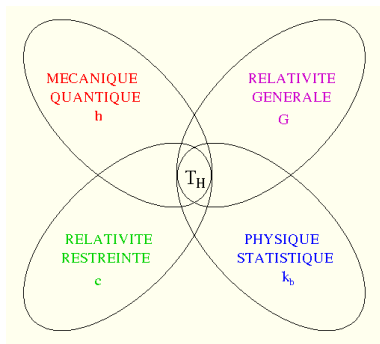


- l'asymétrie fournie par le modèle standard n'est pas suffisante pour expliquer la disparition de l'antimatière!
- il existe une autre contribution à la violation de CP

- expérimentales:
 - détecter de nouvelles particules!

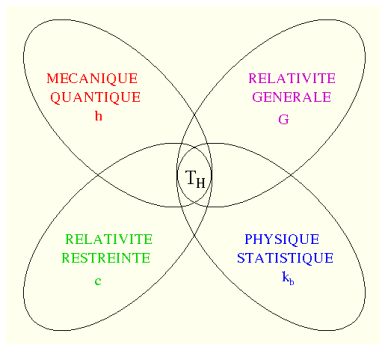
Les recherches actuelles et futures

- expérimentales:
 - détecter de nouvelles particules!
 - rayonnement de Hawking
 - mesurer la masse des neutrinos
- théoriques:
 - problème des singularités et des infinis
 - comment remettre l'observateur au sein de la théorie
 - unification des forces

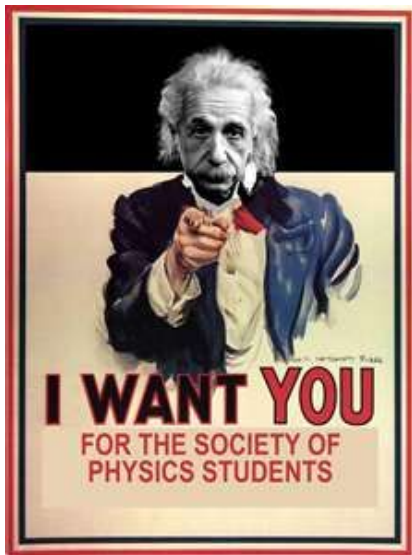


Les recherches actuelles et futures

- expérimentales:
 - détecter de nouvelles particules!
 - rayonnement de Hawking
 - mesurer la masse des neutrinos
- théoriques:
 - problème des singularités et des infinis
 - comment remettre l'observateur au sein de la théorie
 - unification des forces



⇒ **On est encore très loin d'avoir fini!!**
LHCb et toutes les autres expériences
apporteront une partie des réponses



Backup

LIGO/VIRGO

