

ALICE

A JOURNEY OF DISCOVERY



ENTRÉE EN MATIÈRE AVEC ALICE: LA MATIÈRE PRIMORDIALE



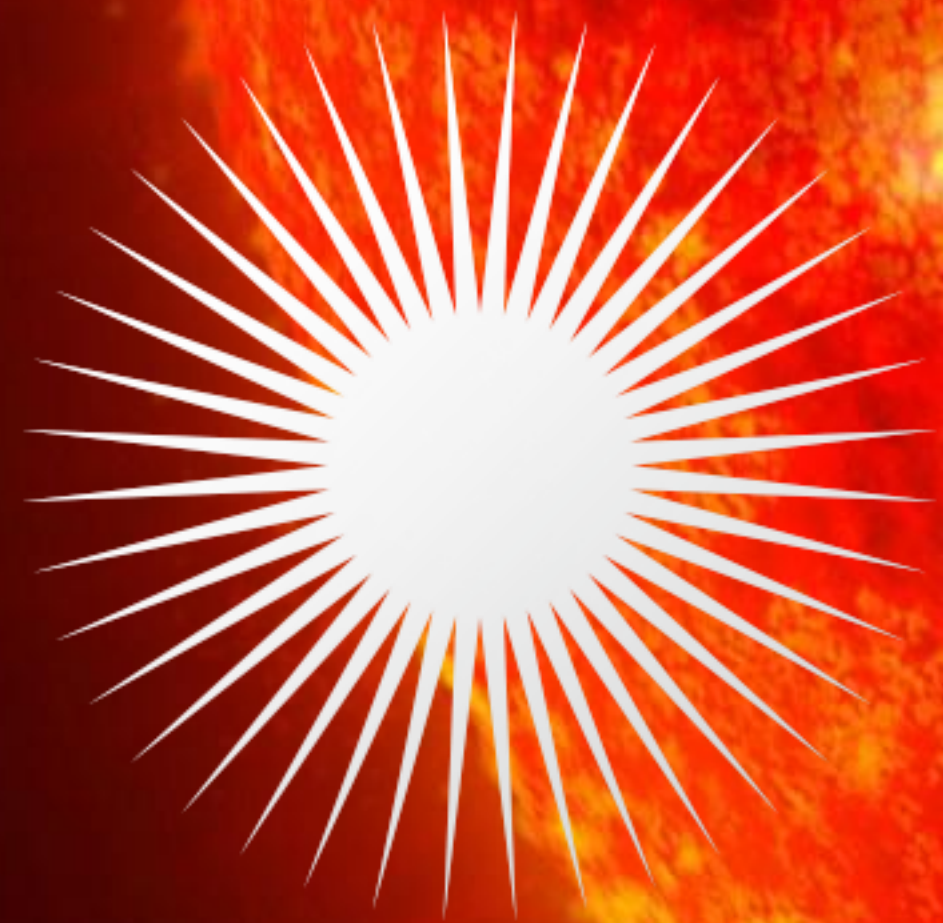
-13,819 MILLIARDS D'ANNÉES



LES PREMIERS HOMIDÉS
SUR TERRE (TOUMAI)- 7
MILLIONS D'ANNÉES



PLUS DE 1'000 MILLIARDS
DE DEGRÉS



TEMPÉRATURE DU SOLEIL: 15 MIL

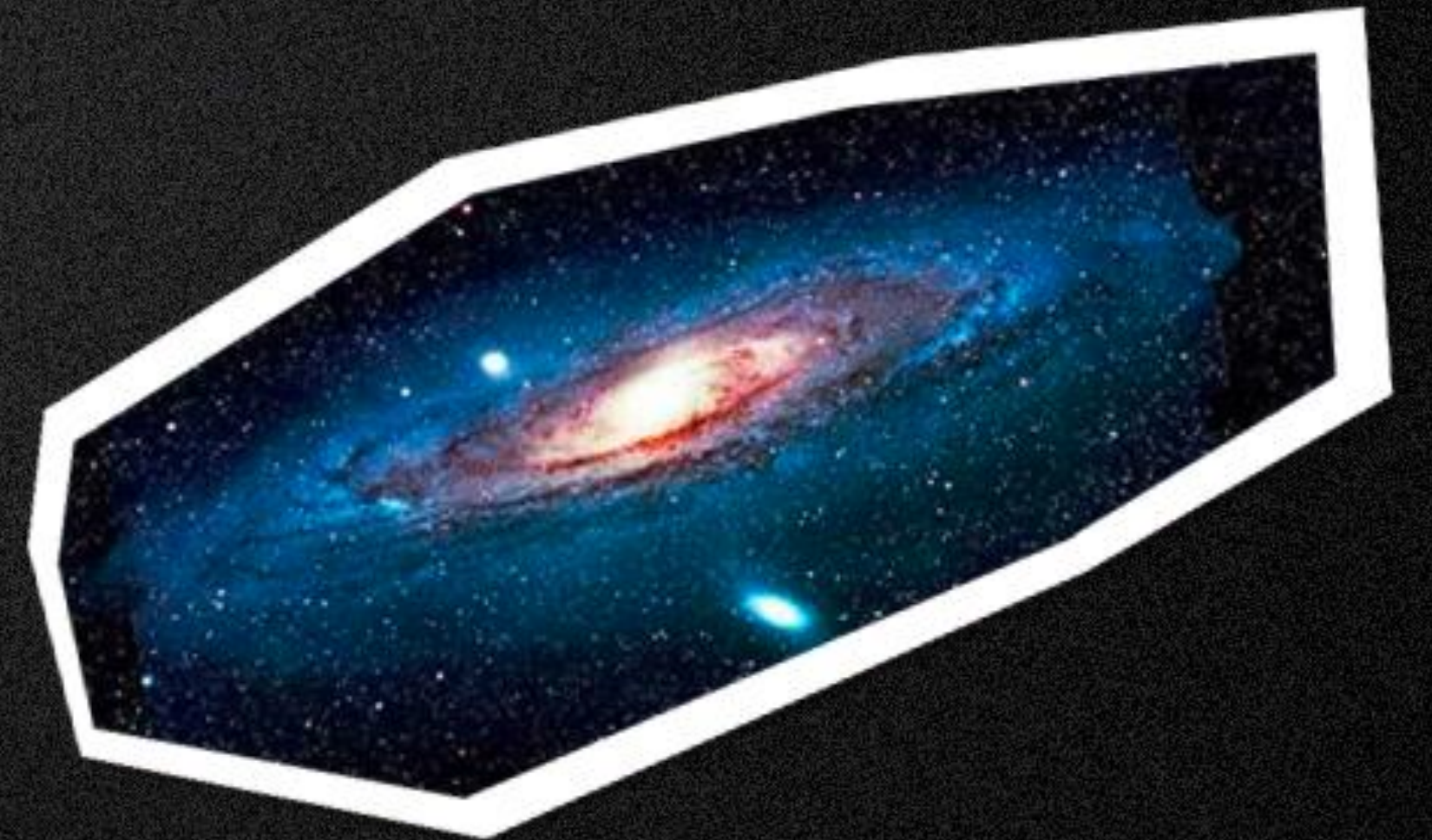
200 MILLIONS TONNES PAR cm^3



LA PYRAMIDE DE CHEOPSDANS UN



LA MATIÈRE EST CE QUI COMPOSE TOUT
COMPRENDRE DE QUOI SONT FAITES LES CH
CORPS AYANT UNE REALITE TANGIBLE

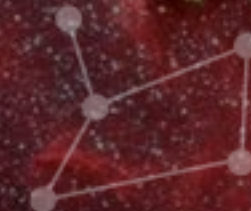
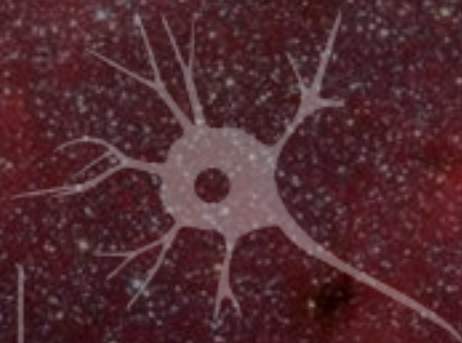
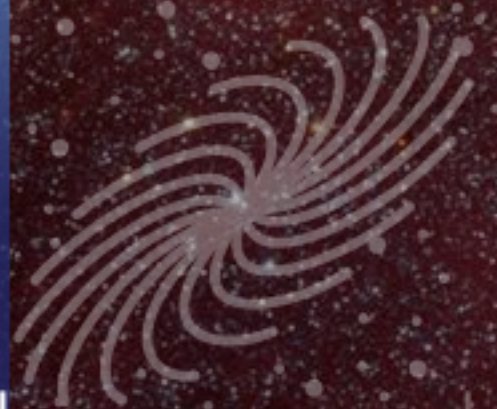


13,819 MILLIARDS
D'ANNÉES



UNIVERS

$>10^{26}\text{m}$



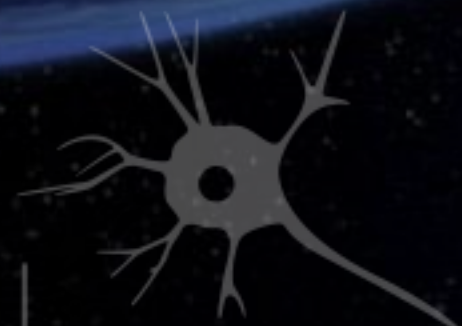
GALAXIE

$\sim 10^{21} \text{m}$

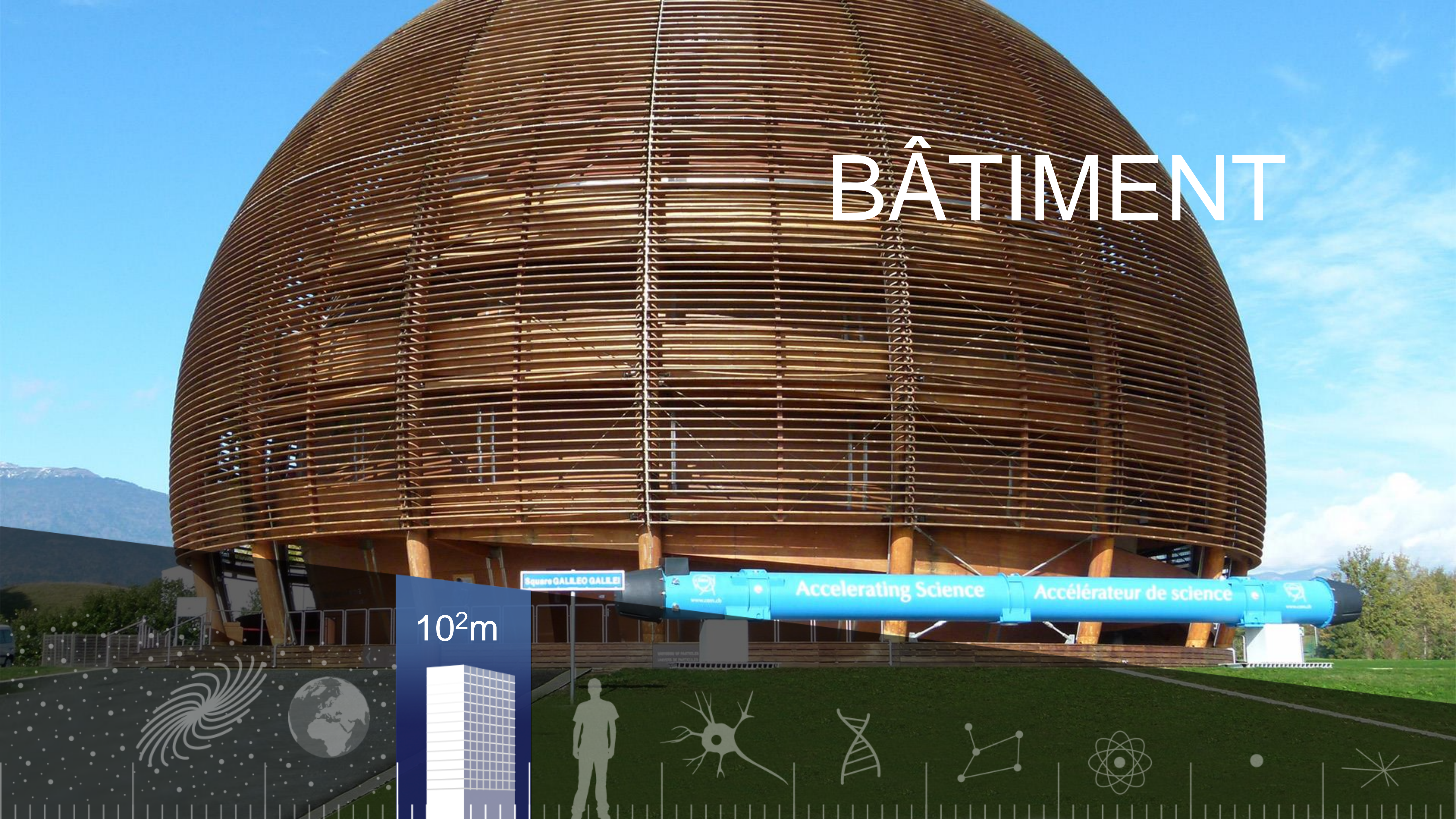


SYSTEME SOLAIRE

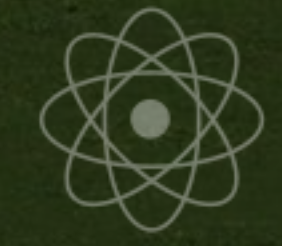
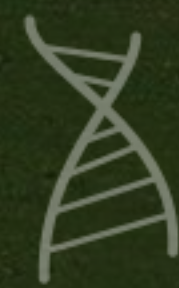
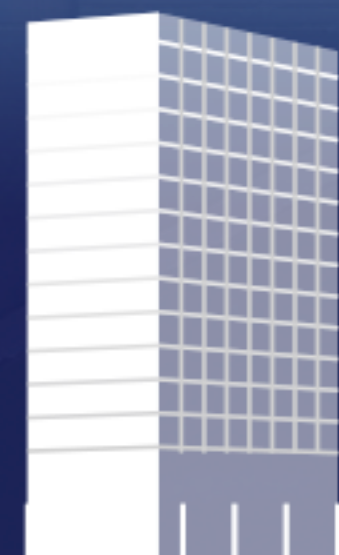
$\sim 10^{12}m$



BÂTIMENT



10²m



HUMAIN

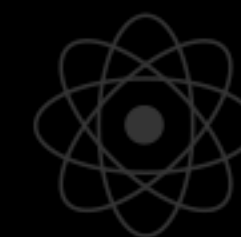
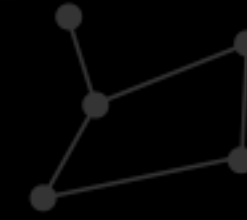
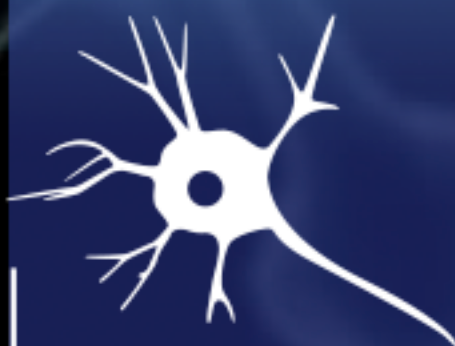


1.74m



NEURONES

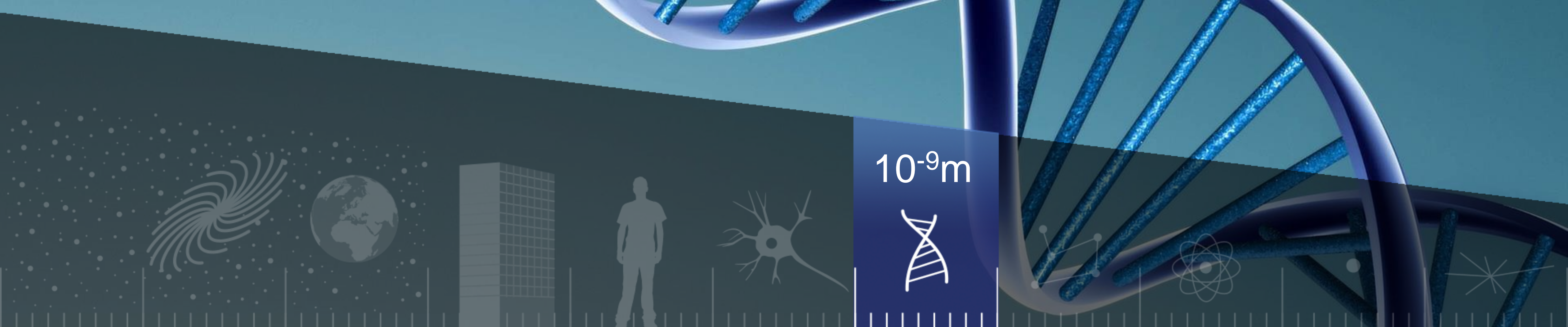
$10^{-5}m$





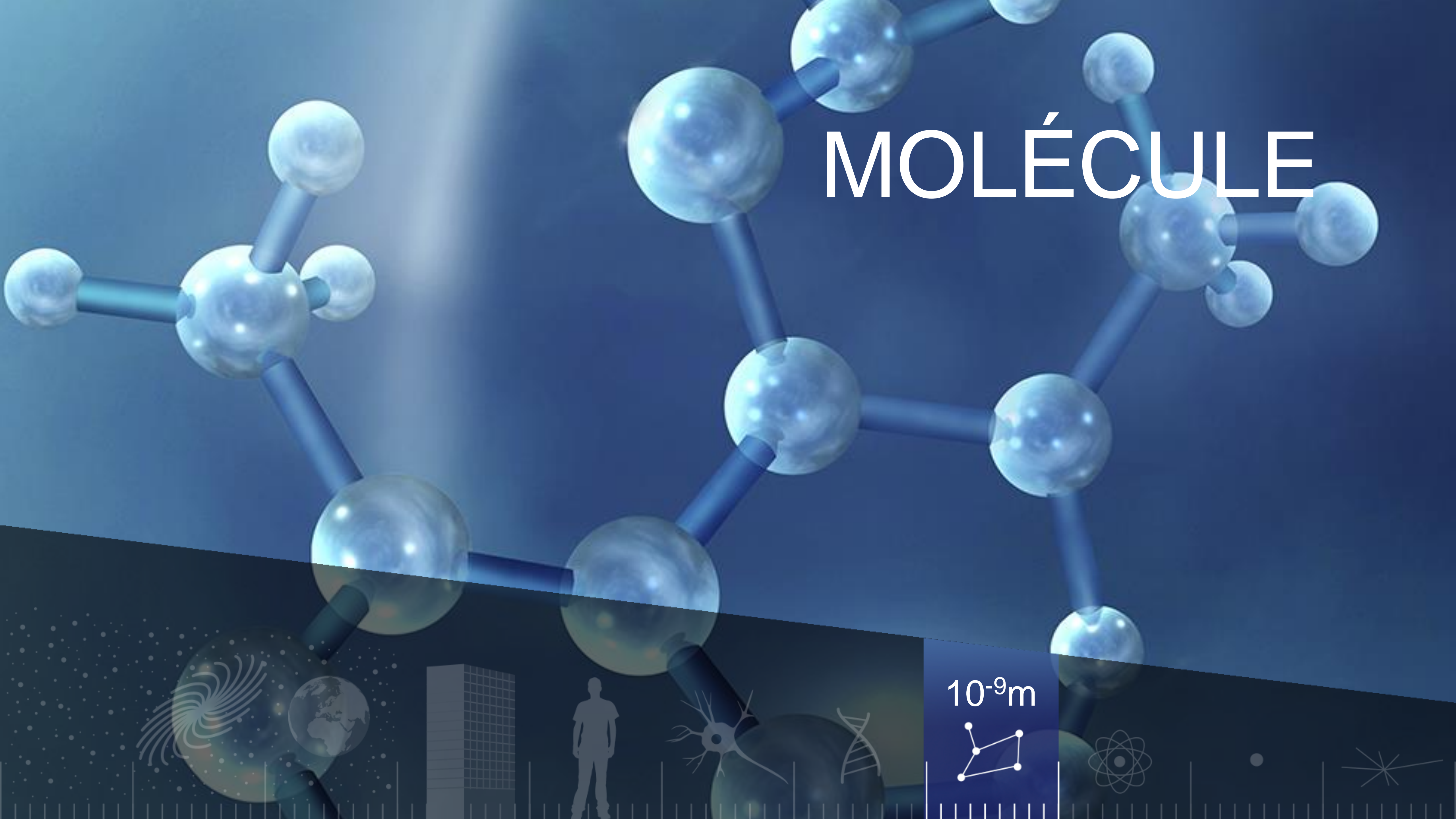
ADN

10^{-9}m

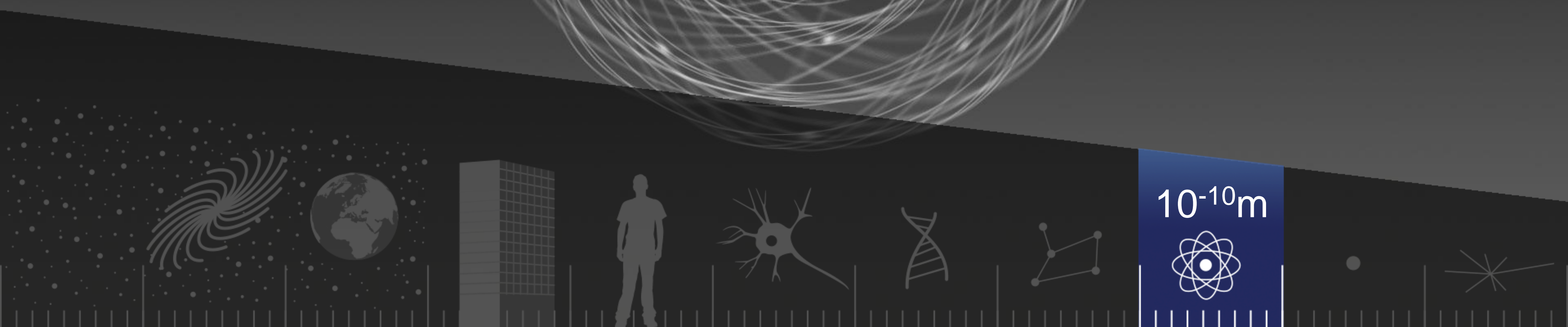
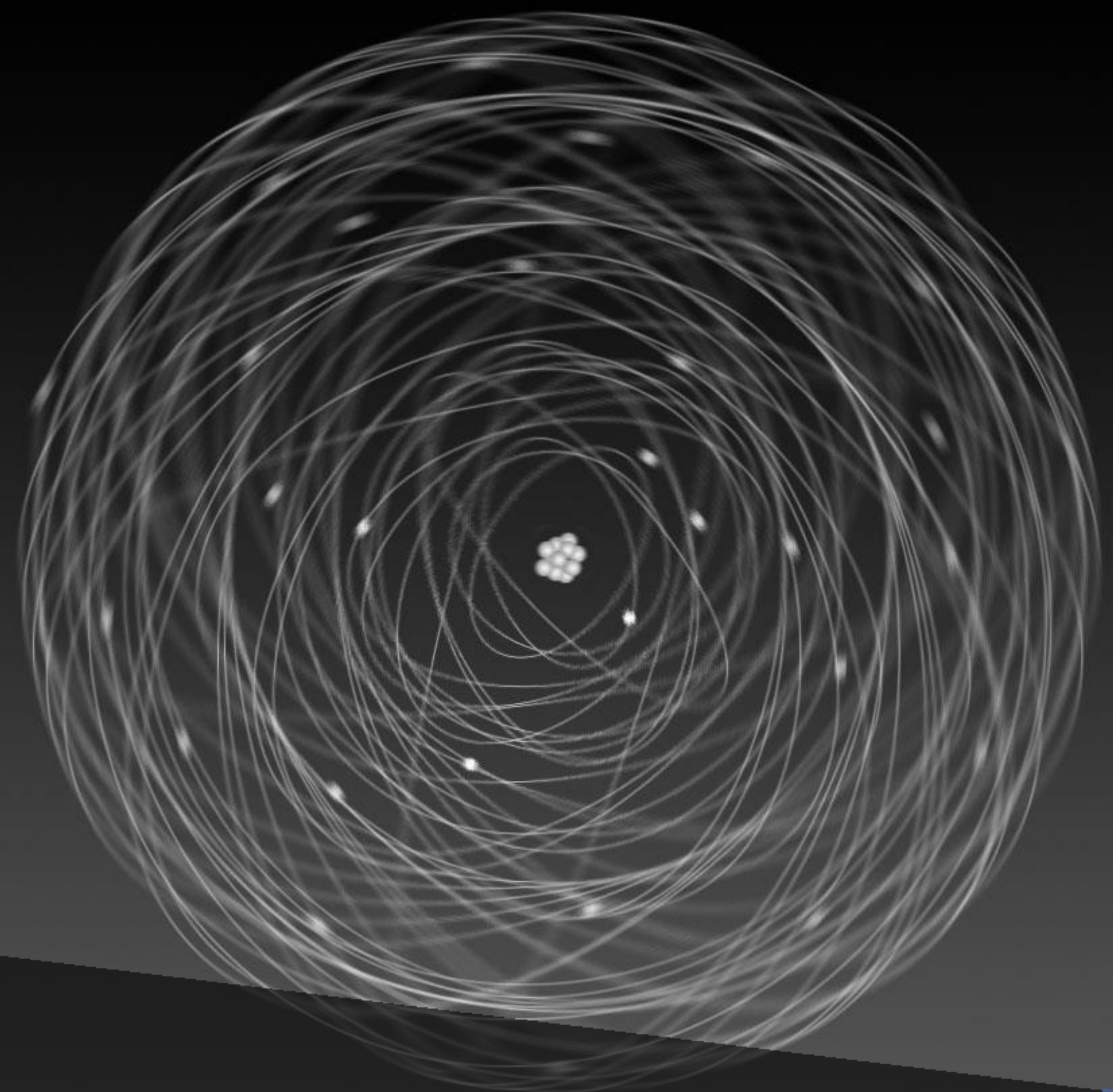


MOLÉCULE

10^{-9}m

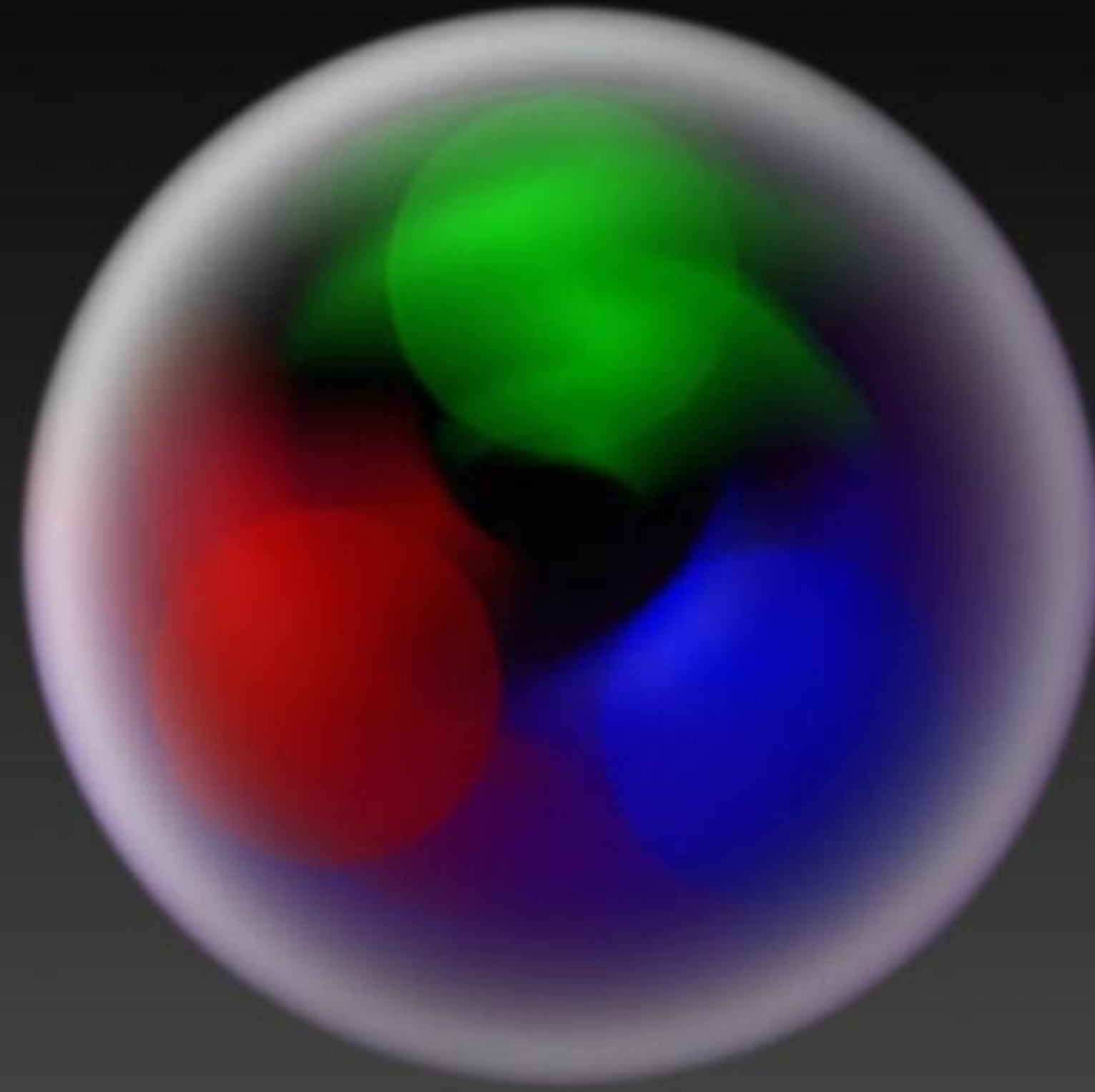


ATOMI

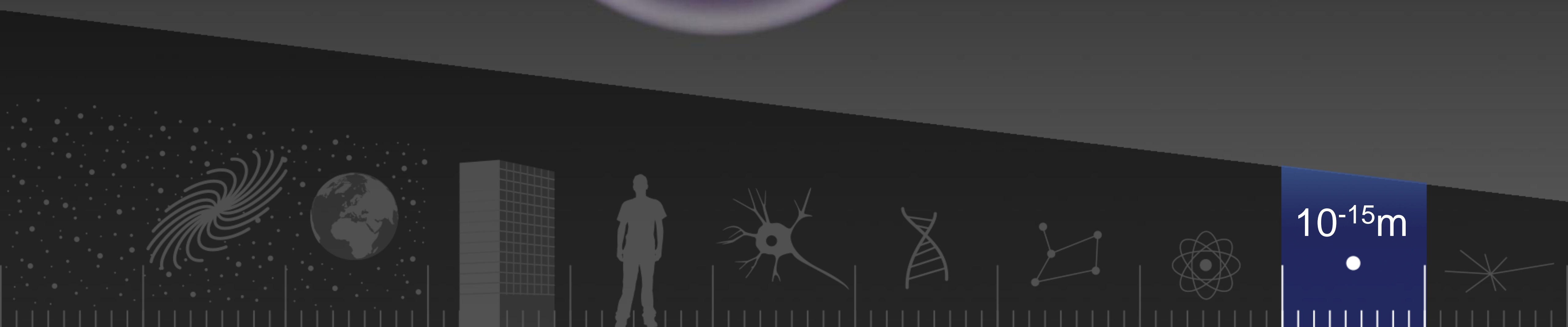



10^{-10}m

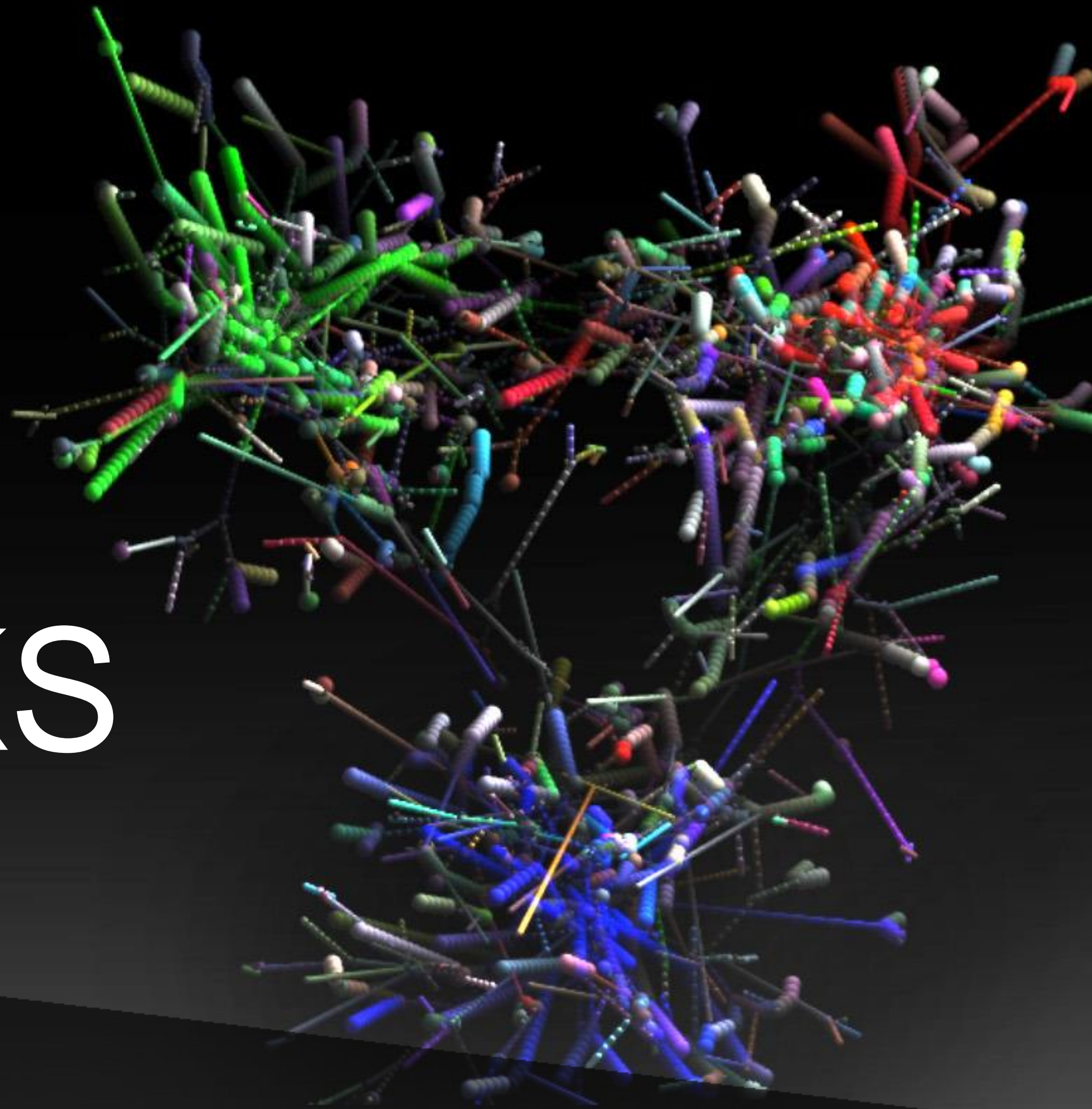

PROTON



10^{-15}m



QUARKS

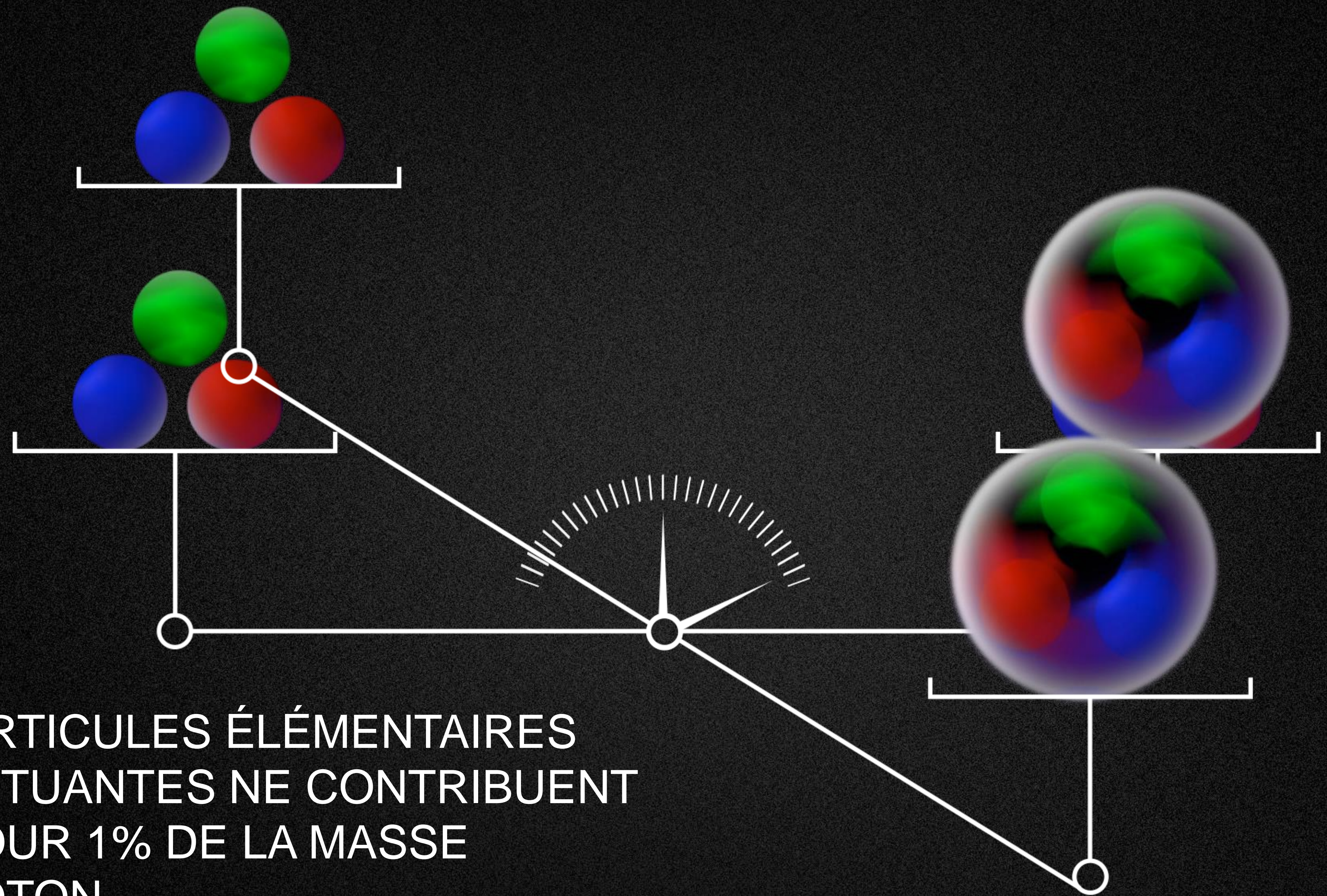


10^{-18}m



QUE SAVONS-NOUS
DE LA MATIÈRE ?

LA MATIÈRE EST
CONSTITUÉE DE VIDE



LES PARTICULES ÉLÉMENTAIRES
CONSTITUANTES NE CONTRIBUENT
QUE POUR 1% DE LA MASSE
DU PROTON

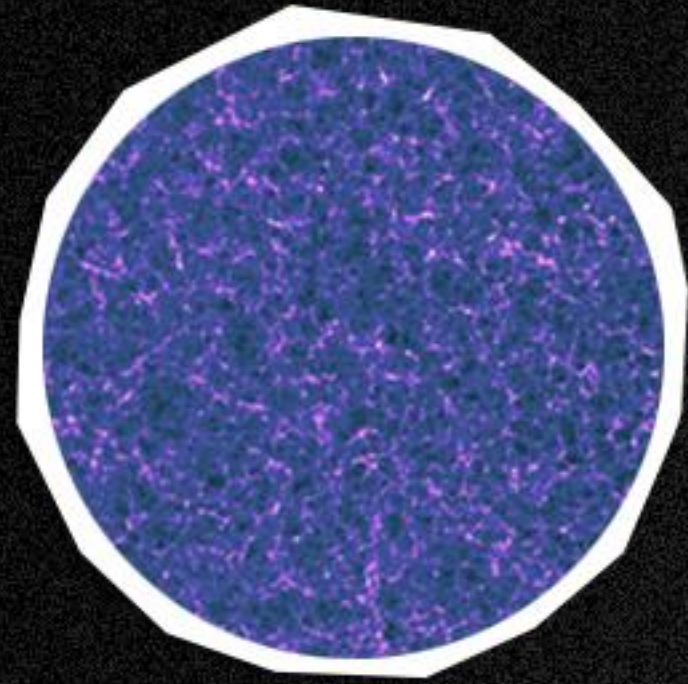
QUE SAVONS-NOUS
DE LA MATIÈRE ?

LA MATIÈRE
EST IMMATÉRIELLE

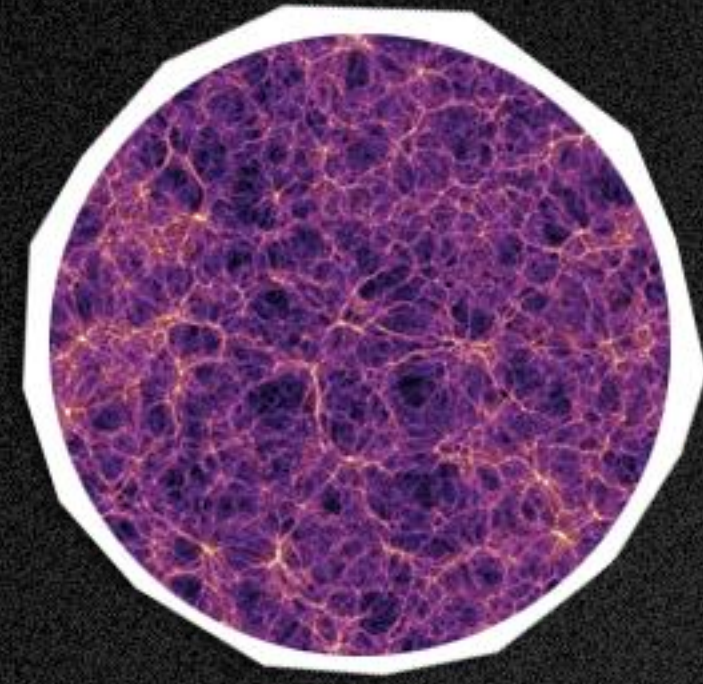
LA MATIÈRE EST
CONSTITUÉE DE VIDE

LES FORCES
STRUCTURENTL
A MATIÈRE

LA FORCE GRAVITATIONNELLE



UNIVERS



MURS
ET VIDES



AMAS -
SUPERAMAS



GALAXIE



$$R_{\mu\nu} - 1/2 R g_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}$$

$$\begin{aligned}
& -\frac{1}{2}\partial_\nu g_\mu^a \partial_\nu g_\mu^a - g_s f^{abc} \partial_\mu g_\nu^a g_\mu^b g_\nu^c - \frac{1}{4}g_s^2 f^{abc} f^{ade} g_\mu^b g_\nu^c g_\mu^d g_\nu^e + \\
& \frac{1}{2}ig_s^2(\bar{q}_i^\sigma \gamma^\mu q_j^\sigma)g_\mu^a + \bar{C}^a \partial^2 C^a + g_s f^{abc} \partial_\mu \bar{C}^a G^b g_\mu^c - \partial_\nu W_\mu^+ \partial_\nu W_\mu^- - \\
& M^2 W_\mu^+ W_\mu^- - \frac{1}{2}\partial_\nu Z_\mu^0 \partial_\nu Z_\mu^0 - \frac{1}{2c_w^2}M^2 Z_\mu^0 Z_\mu^0 - \frac{1}{2}\partial_\mu A_\nu \partial_\mu A_\nu - \frac{1}{2}\partial_\mu H \partial_\mu H - \\
& \frac{1}{2}m_h^2 H^2 - \partial_\mu \phi^+ \partial_\mu \phi^- - M^2 \phi^+ \phi^- - \frac{1}{2}\partial_\mu \phi^0 \partial_\mu \phi^0 - \frac{1}{2c_w^2}M\phi^0 \phi^0 - \beta_h[\frac{2M^2}{g^2} + \\
& \frac{2M}{g}H + \frac{1}{2}(H^2 + \phi^0 \phi^0 + 2\phi^+ \phi^-)] + \frac{2M^4}{g^2}\alpha_h - igc_w[\partial_\nu Z_\mu^0(W_\mu^+ W_\nu^- - \\
& W_\nu^+ W_\mu^-) - Z_\nu^0(W_\mu^+ \partial_\nu W_\mu^- - W_\mu^- \partial_\nu W_\mu^+) + Z_\mu^0(W_\nu^+ \partial_\nu W_\mu^- - \\
& W_\nu^- \partial_\nu W_\mu^+)] - ig s_w[\partial_\nu A_\mu(W_\mu^+ W_\nu^- - W_\nu^+ W_\mu^-) - A_\nu(W_\mu^+ \partial_\nu W_\mu^- - \\
& W_\mu^- \partial_\nu W_\mu^+) + A_\mu(W_\nu^+ \partial_\nu W_\mu^- - W_\nu^- \partial_\nu W_\mu^+)] - \frac{1}{2}g^2 W_\mu^+ W_\mu^- W_\nu^+ W_\nu^- + \\
& \frac{1}{2}g^2 W_\mu^+ W_\nu^- W_\mu^+ W_\nu^- + g^2 c_w^2(Z_\mu^0 W_\mu^+ Z_\nu^0 W_\nu^- - Z_\mu^0 Z_\nu^0 W_\mu^+ W_\nu^-) + \\
& g^2 s_w^2(A_\mu W_\mu^+ A_\nu W_\nu^- - A_\mu A_\nu W_\mu^+ W_\nu^-) + g^2 s_w c_w[A_\mu Z_\nu^0(W_\mu^+ W_\nu^- - \\
& W_\nu^+ W_\mu^-) - 2A_\mu Z_\mu^0 W_\nu^+ W_\nu^-] - g\alpha[H^3 + H\phi^0 \phi^0 + 2H\phi^+ \phi^-] - \\
& \frac{1}{8}g^2 \alpha_h[H^4 + (\phi^0)^4 + 4(\phi^+ \phi^-)^2 + 4(\phi^0)^2 \phi^+ \phi^- + 4H^2 \phi^+ \phi^- + 2(\phi^0)^2 H^2] - \\
& gMW_\mu^+ W_\mu^- H - \frac{1}{2}g\frac{M}{c_w^2}Z_\mu^0 Z_\mu^0 H - \frac{1}{2}ig[W_\mu^+(\phi^0 \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu \phi^0) - \\
& W_\mu^-(\phi^0 \partial_\mu \phi^+ - \phi^+ \partial_\mu \phi^0)] + \frac{1}{2}g[W_\mu^+(H\partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu H) - W_\mu^-(H\partial_\mu \phi^+ - \\
& \phi^+ \partial_\mu H)] + \frac{1}{2}g\frac{1}{c_w}(Z_\mu^0(H\partial_\mu \phi^0 - \phi^0 \partial_\mu H) - ig\frac{s_w^2}{c_w}MZ_\mu^0(W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) + \\
& ig s_w MA_\mu(W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) - ig\frac{1-2c_w^2}{2c_w}Z_\mu^0(\phi^+ \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu \phi^+) + \\
& ig s_w A_\mu(\phi^+ \partial_\mu \phi^- - \phi^- \partial_\mu \phi^+) - \frac{1}{4}g^2 W_\mu^+ W_\mu^- [H^2 + (\phi^0)^2 + 2\phi^+ \phi^-] - \\
& \frac{1}{4}g^2 \frac{1}{c_w^2}Z_\mu^0 Z_\mu^0 [H^2 + (\phi^0)^2 + 2(2s_w^2 - 1)\phi^+ \phi^-] - \frac{1}{2}g^2 \frac{s_w^2}{c_w}Z_\mu^0 \phi^0(W_\mu^+ \phi^- + \\
& W_\mu^- \phi^+) - \frac{1}{2}ig^2 \frac{s_w^2}{c_w}Z_\mu^0 H(W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) + \frac{1}{2}g^2 s_w A_\mu \phi^0(W_\mu^+ \phi^- + \\
& W_\mu^- \phi^+) + \frac{1}{2}ig^2 s_w A_\mu H(W_\mu^+ \phi^- - W_\mu^- \phi^+) - g^2 \frac{s_w}{c_w}(2c_w^2 - 1)Z_\mu^0 A_\mu \phi^+ \phi^- - \\
& g^1 s_w^2 A_\mu A_\mu \phi^+ \phi^- - \bar{e}^\lambda(\gamma\partial + m_e^\lambda)e^\lambda - \bar{\nu}^\lambda \gamma\partial\nu^\lambda - \bar{u}_j^\lambda(\gamma\partial + m_u^\lambda)u_j^\lambda - \\
& \bar{d}_j^\lambda(\gamma\partial + m_d^\lambda)d_j^\lambda + ig s_w A_\mu[-(\bar{e}^\lambda \gamma^\mu e^\lambda) + \frac{2}{3}(\bar{u}_j^\lambda \gamma^\mu u_j^\lambda) - \frac{1}{3}(\bar{d}_j^\lambda \gamma^\mu d_j^\lambda)] + \\
& \frac{ig}{4c_w}Z_\mu^0[(\bar{\nu}^\lambda \gamma^\mu(1 + \gamma^5)\nu^\lambda) + (\bar{e}^\lambda \gamma^\mu(4s_w^2 - 1 - \gamma^5)e^\lambda) + (\bar{u}_j^\lambda \gamma^\mu(\frac{4}{3}s_w^2 - \\
& 1 - \gamma^5)u_j^\lambda) + (\bar{d}_j^\lambda \gamma^\mu(1 - \frac{8}{3}s_w^2 - \gamma^5)d_j^\lambda)] + \frac{ig}{2\sqrt{2}}W_\mu^+[(\bar{\nu}^\lambda \gamma^\mu(1 + \gamma^5)\nu^\lambda) + \\
& (\bar{u}_j^\lambda \gamma^\mu(1 + \gamma^5)C_{\lambda\kappa} d_j^\kappa)] + \frac{ig}{2\sqrt{2}}W_\mu^-[(\bar{e}^\lambda \gamma^\mu(1 + \gamma^5)e^\lambda) + (\bar{d}_j^\kappa C_{\lambda\kappa}^\dagger \gamma^\mu(1 + \\
& \gamma^5)u_j^\lambda)] + \frac{ig}{2\sqrt{2}}\frac{m_\lambda}{M}[-\phi^+(\bar{\nu}^\lambda(1 - \gamma^5)e^\lambda) + \phi^-(\bar{e}^\lambda(1 + \gamma^5)\nu^\lambda)] - \\
& \frac{g}{2}\frac{m_\lambda}{M}[H(\bar{e}^\lambda e^\lambda) + i\phi^0(\bar{e}^\lambda \gamma^5 e^\lambda)] + \frac{ig}{2M\sqrt{2}}\phi^+[-m_d^\kappa(\bar{u}_j^\lambda C_{\lambda\kappa}(1 - \gamma^5)d_j^\kappa) + \\
& m_u^\lambda(\bar{u}_j^\lambda C_{\lambda\kappa}(1 + \gamma^5)d_j^\kappa)] + \frac{ig}{2M\sqrt{2}}\phi^-[m_d^\lambda(\bar{d}_j^\kappa C_{\lambda\kappa}^\dagger(1 + \gamma^5)u_j^\kappa) - m_u^\kappa(\bar{d}_j^\kappa C_{\lambda\kappa}^\dagger(1 - \\
& \gamma^5)u_j^\kappa) - \frac{g}{2}\frac{m_\lambda}{M}H(\bar{u}_j^\lambda u_j^\lambda) - \frac{g}{2}\frac{m_\lambda}{M}H(\bar{d}_j^\lambda d_j^\lambda) + \frac{ig}{2}\frac{m_\lambda}{M}\phi^0(\bar{u}_j^\lambda \gamma^5 u_j^\lambda) - \\
& \frac{ig}{2}\frac{m_\lambda}{M}\phi^0(\bar{d}_j^\lambda \gamma^5 d_j^\lambda) + \bar{X}^+(\partial^2 - M^2)X^+ + \bar{X}^-(\partial^2 - M^2)X^- + \bar{X}^0(\partial^2 - \\
& \frac{M^2}{c_w^2})X^0 + \bar{Y}\partial^2 Y + igc_w W_\mu^+(\partial_\mu \bar{X}^0 X^- - \partial_\mu \bar{X}^+ X^0) + ig s_w W_\mu^+(\partial_\mu \bar{Y} X^- - \\
& \partial_\mu \bar{X}^+ Y) + igc_w W_\mu^-(\partial_\mu \bar{X}^- X^0 - \partial_\mu \bar{X}^0 X^+) + ig s_w W_\mu^-(\partial_\mu \bar{X}^- Y - \\
& \partial_\mu \bar{Y} X^+) + igc_w Z_\mu^0(\partial_\mu \bar{X}^+ X^+ - \partial_\mu \bar{X}^- X^-) + ig s_w A_\mu(\partial_\mu \bar{X}^+ X^+ - \\
& \partial_\mu \bar{X}^- X^-) - \frac{1}{2}gM[\bar{X}^+ X^+ H + \bar{X}^- X^- H + \frac{1}{c_w^2}\bar{X}^0 X^0 H] + \\
& \frac{1-2c_w^2}{2c_w}igM[\bar{X}^+ X^0 \phi^+ - \bar{X}^- X^0 \phi^-] + \frac{1}{2c_w}igM[\bar{X}^0 X^- \phi^+ - \bar{X}^0 X^+ \phi^-] + \\
& igMs_w[\bar{X}^0 X^- \phi^+ - \bar{X}^0 X^+ \phi^-] + \frac{1}{2}igM[\bar{X}^+ X^+ \phi^0 - \bar{X}^- X^- \phi^0]
\end{aligned}$$

QUE SAVONS-NOUS
DE LA MATIÈRE ?

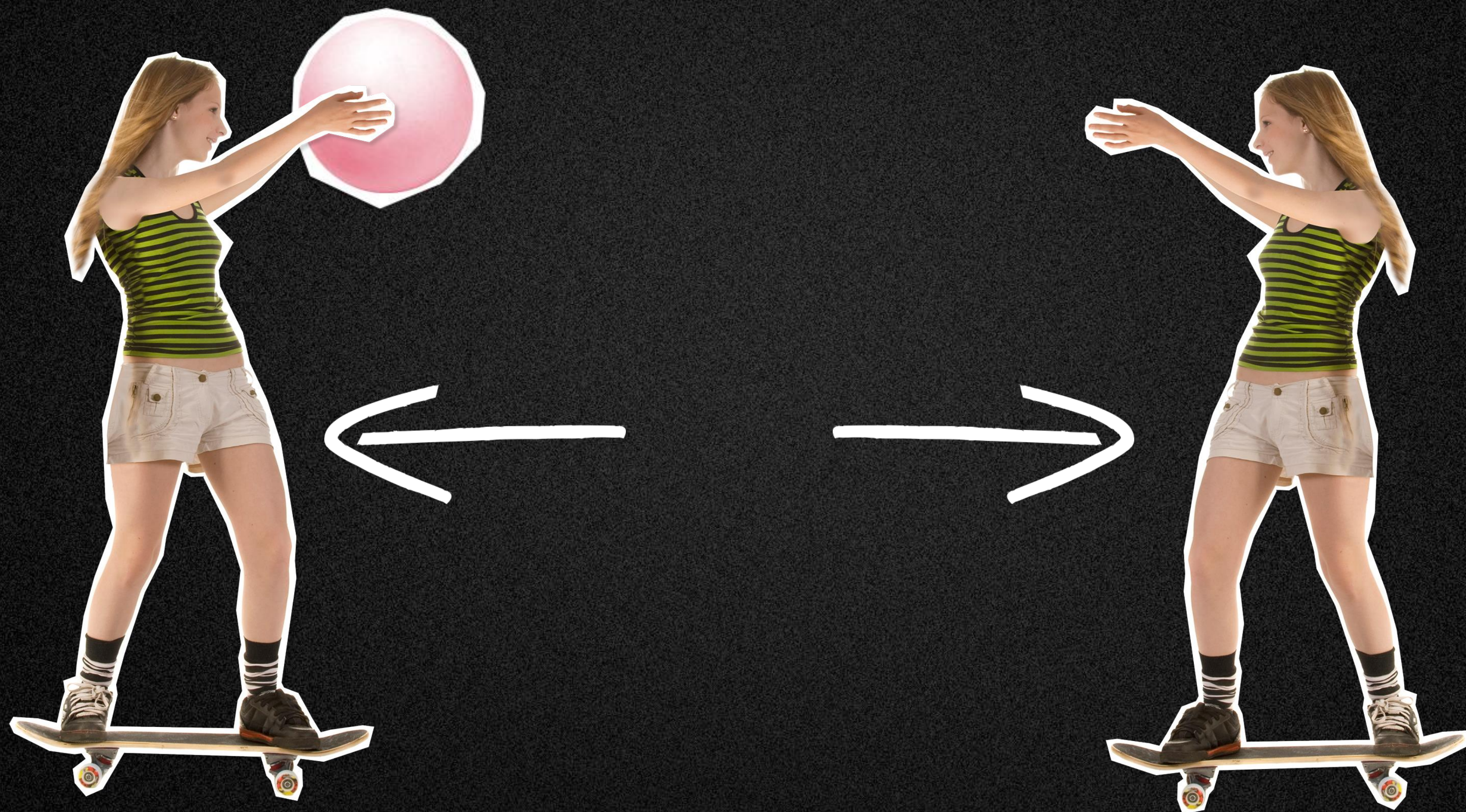
LA MATIÈRE EST
CONSTITUÉE DE VIDE

LA MATIÈRE
EST IMMATÉRIELLE

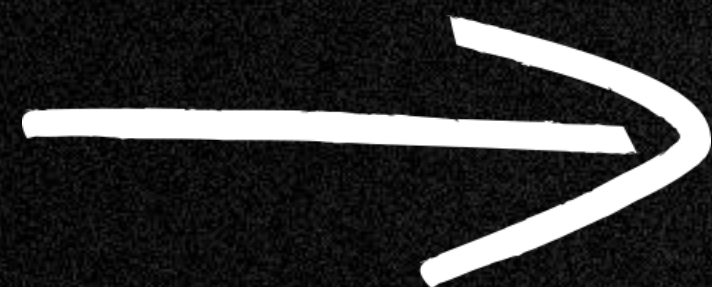
LA MATIÈRE EST STRUCTURÉE PAR 4 FORCES

LES PARTICULES
INTERAGISSENT
PAR L'ÉCHANGE
DE PARTICULES
MESSAGÈRES

INTERACTION REPULSIVE



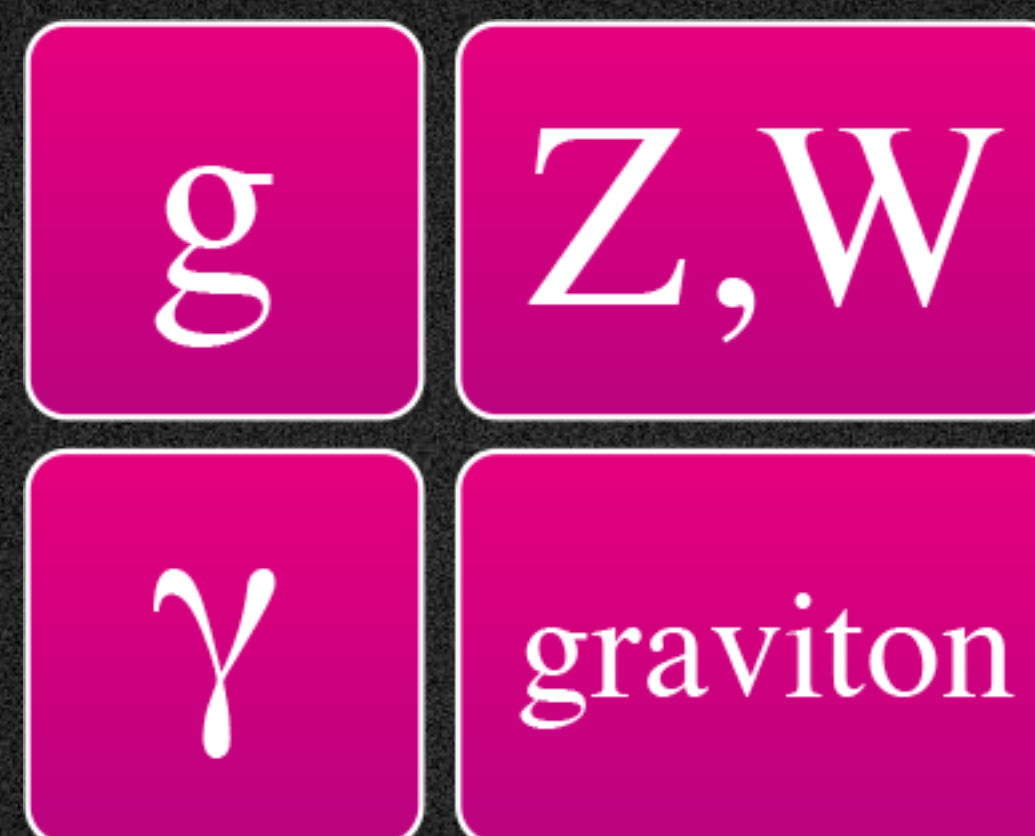
INTERACTION ATTRACTIVE



QUARKS

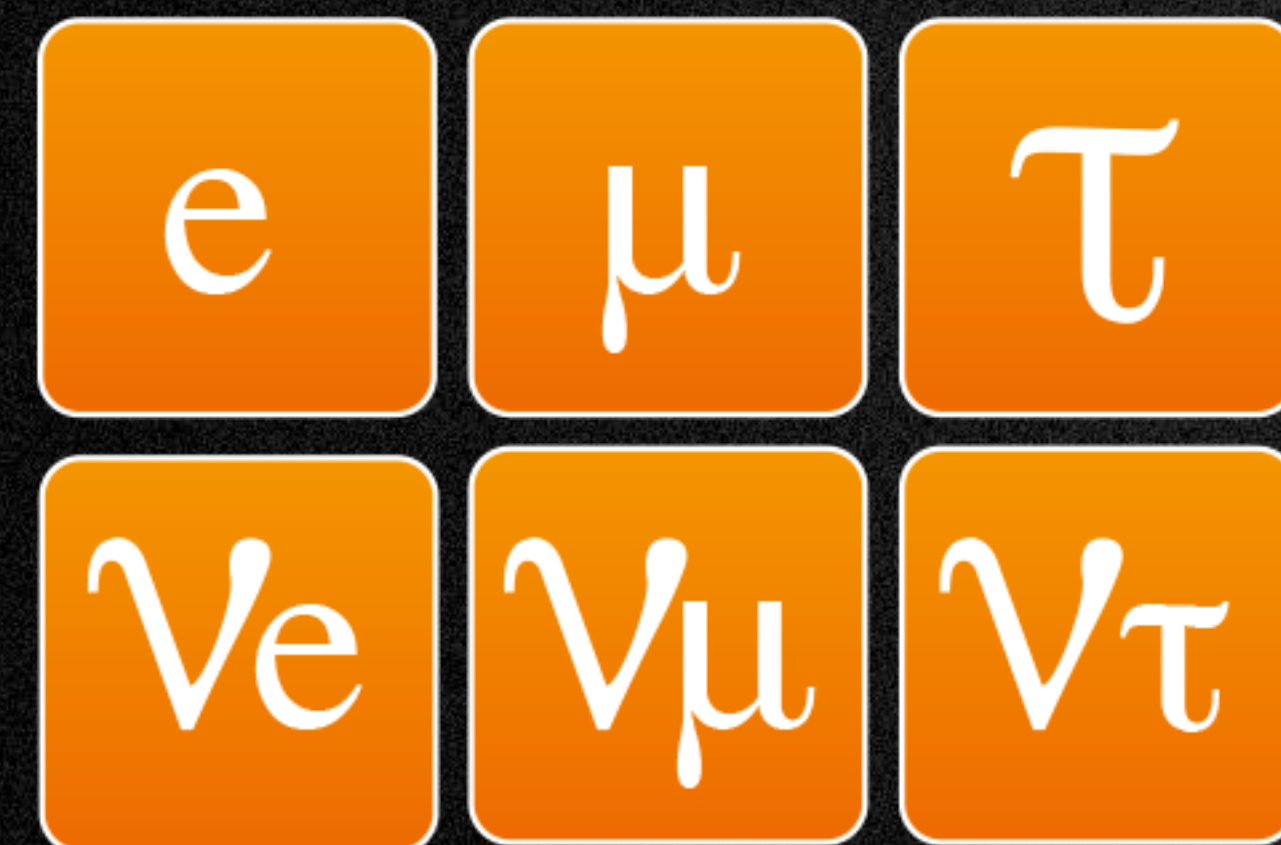
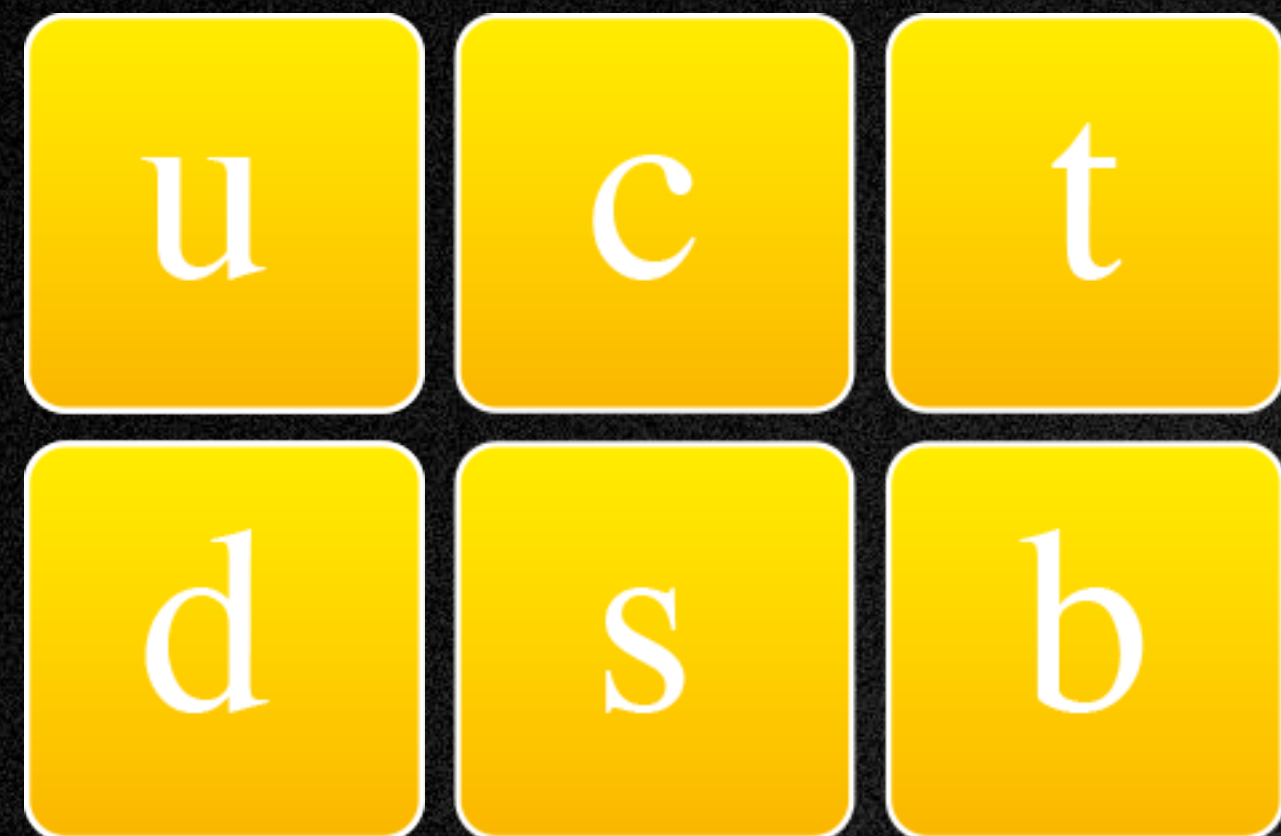


LEPTONS

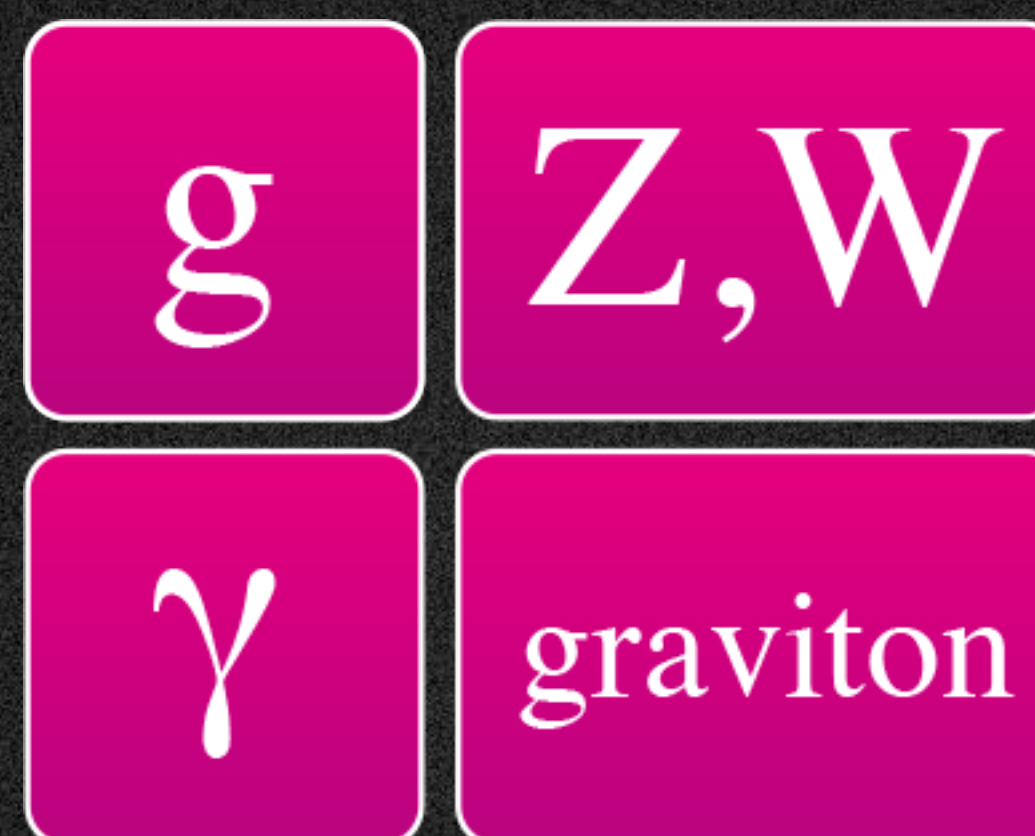


MESSAGERS

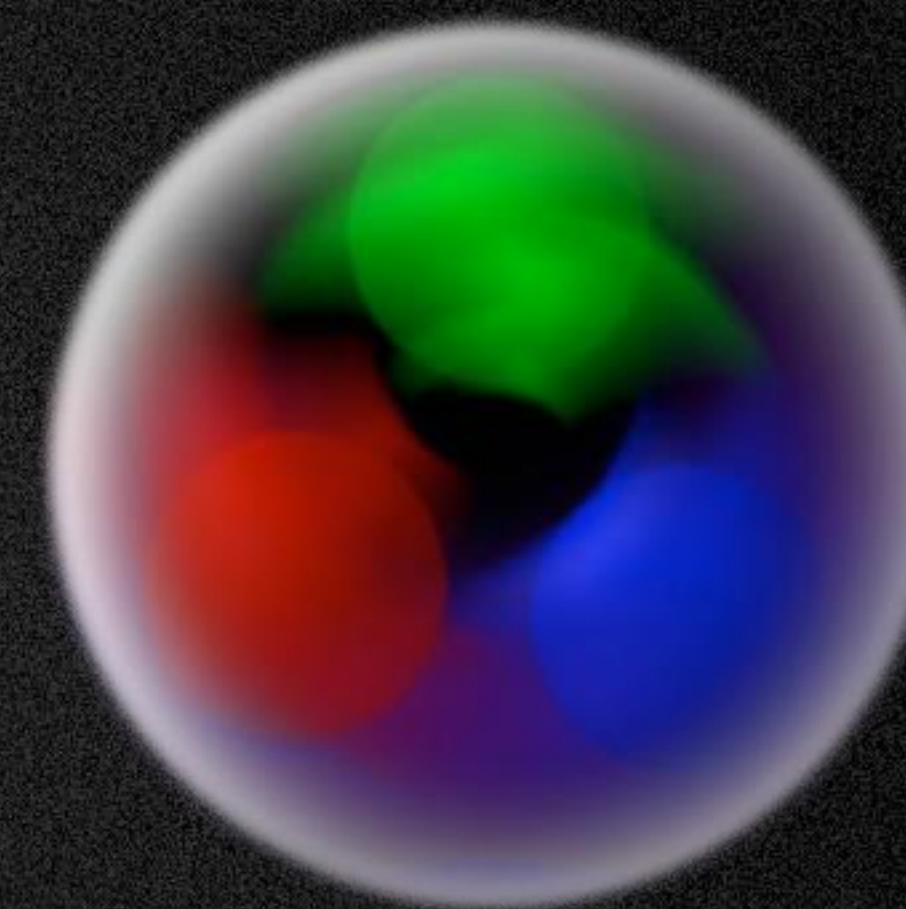
QUARKS



LEPTONS



MESSAGERS



HADRONS

QUARKS

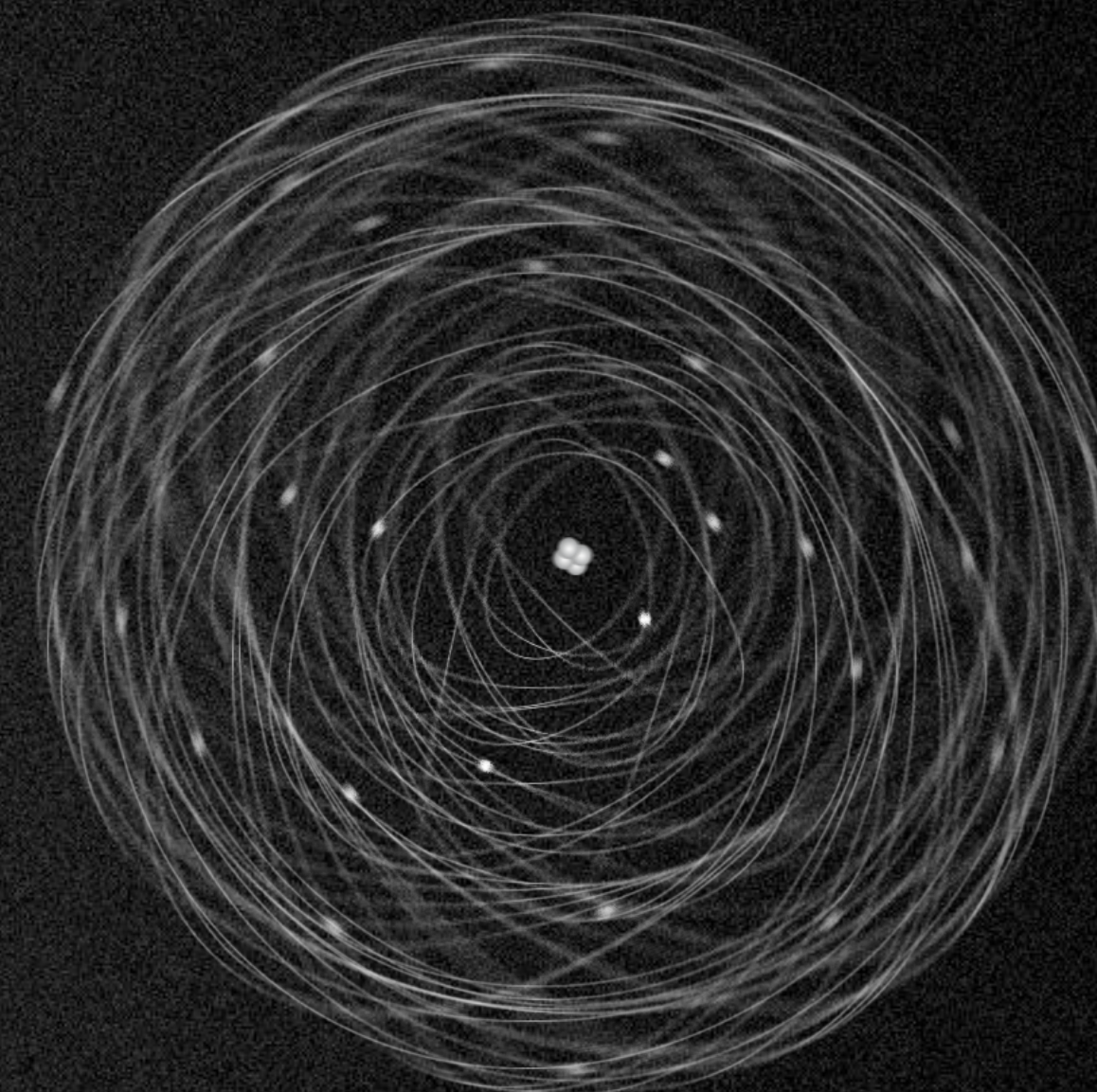
u	c	t
d	s	b

e	μ	τ
ν_e	ν_μ	ν_τ

LEPTONS

g	Z,W
γ	graviton

MESSAGERS



QUARKS

u	c	t
d	s	b

e	μ	τ
ν_e	ν_μ	ν_τ

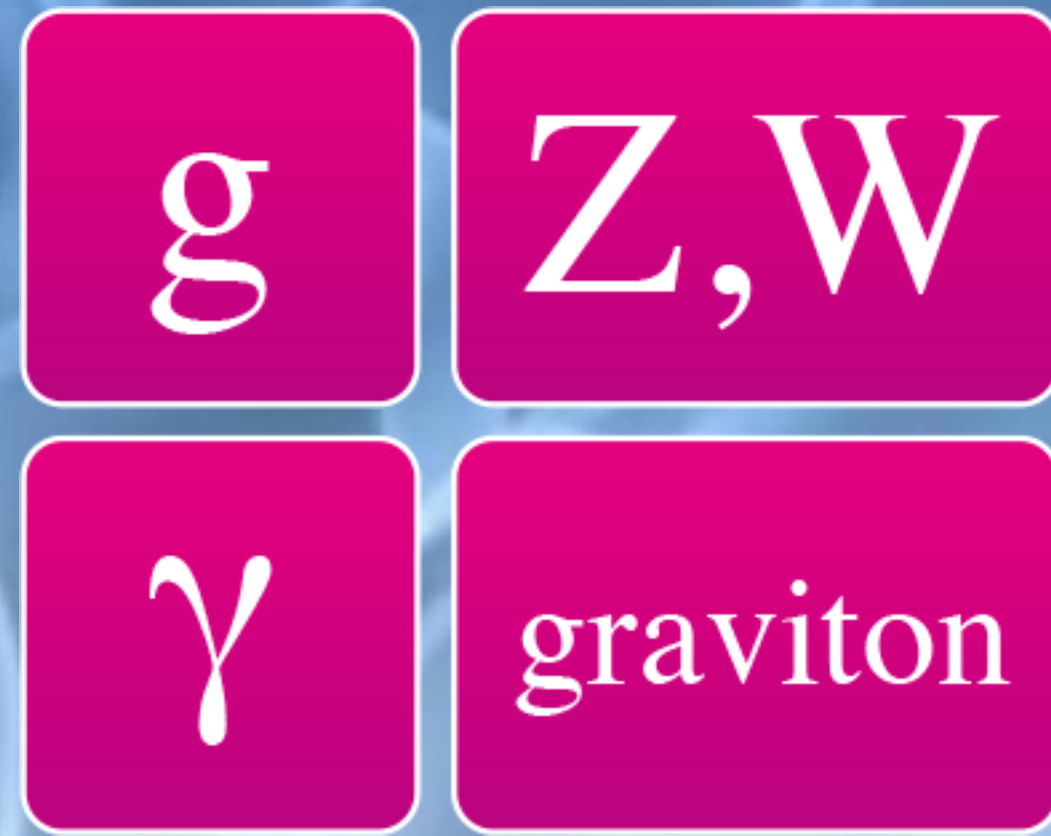
LEPTONS

g	Z,W
γ	graviton

MESSAGERS



QUARKS



MESSAGERS



LEPTONS

QUE SAVONS-NOUS
DE LA MATIÈRE ?

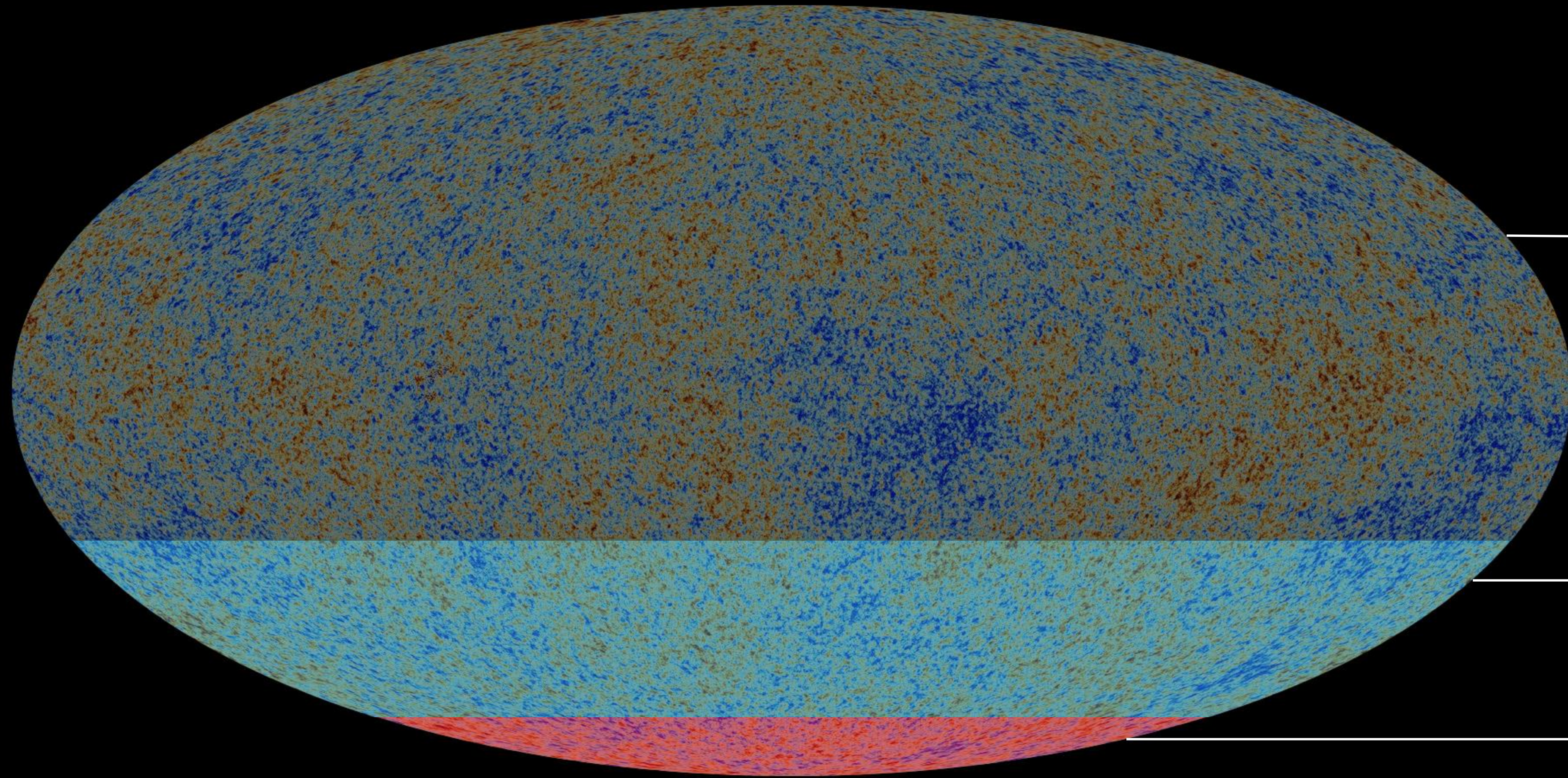
4 PARTICULES ÉLÉMENTAIRES
CONSTITUENT LA MATIÈRE
ORDINAIRE...

LA MATIÈRE EST
CONSTITUÉE DE VIDE

LA MATIÈRE
EST IMMATÉRIELLE

LA MATIÈRE EST STRUCTURÉE
PAR 4 FORCES

PLUS ANCIENNE PHOTO DE L'UNIVERS:
380'000 ANS APRÈS LE BIG BANG, À PEINE TIÈDE ... 2700°C,
FORMATION DES PREMIERS ATOMES



69,4%
D'ÉNERGIE
SOMBRE

25,8%
DE MATIÈRE
SOMBRE

4,8%
DE MATIÈRE
VISIBLE

QUE SAVONS-NOUS
DE LA MATIÈRE ?

LA MATIÈRE ORDINAIRE
REPRÉSENTE
4,8% DE L'UNIVERS

LA MATIÈRE EST
CONSTITUÉE DE VIDE

LA MATIÈRE
EST IMMATÉRIELLE

LA MATIÈRE EST STRUCTURÉE
PAR 4 FORCES

4 PARTICULES ÉLÉMENTAIRES
CONSTITUENT LA MATIÈRE
ORDINAIRE...

LA COSMOLOGIE SITUE LE BIG BANG
À -13,819 MILLIARDS D'ANNÉES

**3 minutes PLUS TARD 99 % DE LA MATIÈRE ACTUELLE
EST SYNTHÉTISÉE À PARTIR DES PARTICULES
ÉLÉMENTAIRES (NUCLÉOSYNTHÈSE PRIMORDIALE)**

**100 millions d'années PLUS TARD DES ÉLÉMENTS
LOURDS (C, O, FE,...) SONT SYNTHÉTISÉS AU CŒUR
DES PREMIÈRES ÉTOILES**

QUE SAVONS-NOUS DE LA MATIÈRE ?

99% DE LA MATIÈRE
ACTUELLE A ÉTÉ
SYNTHÉTISÉE EN 3 MINUTES

LA MATIÈRE EST
CONSTITUÉE DE VIDE

LA MATIÈRE
EST IMMATÉRIELLE

LA MATIÈRE EST STRUCTURÉE
PAR 4 FORCES

4 PARTICULES ÉLÉMENTAIRES
CONSTITUENT LA MATIÈRE
ORDINAIRE...

LA MATIÈRE ORDINAIRE REPRÉSENTE
4,8% DE L'UNIVERS

LA MATIÈRE DANS TOUS SES ÉTATS



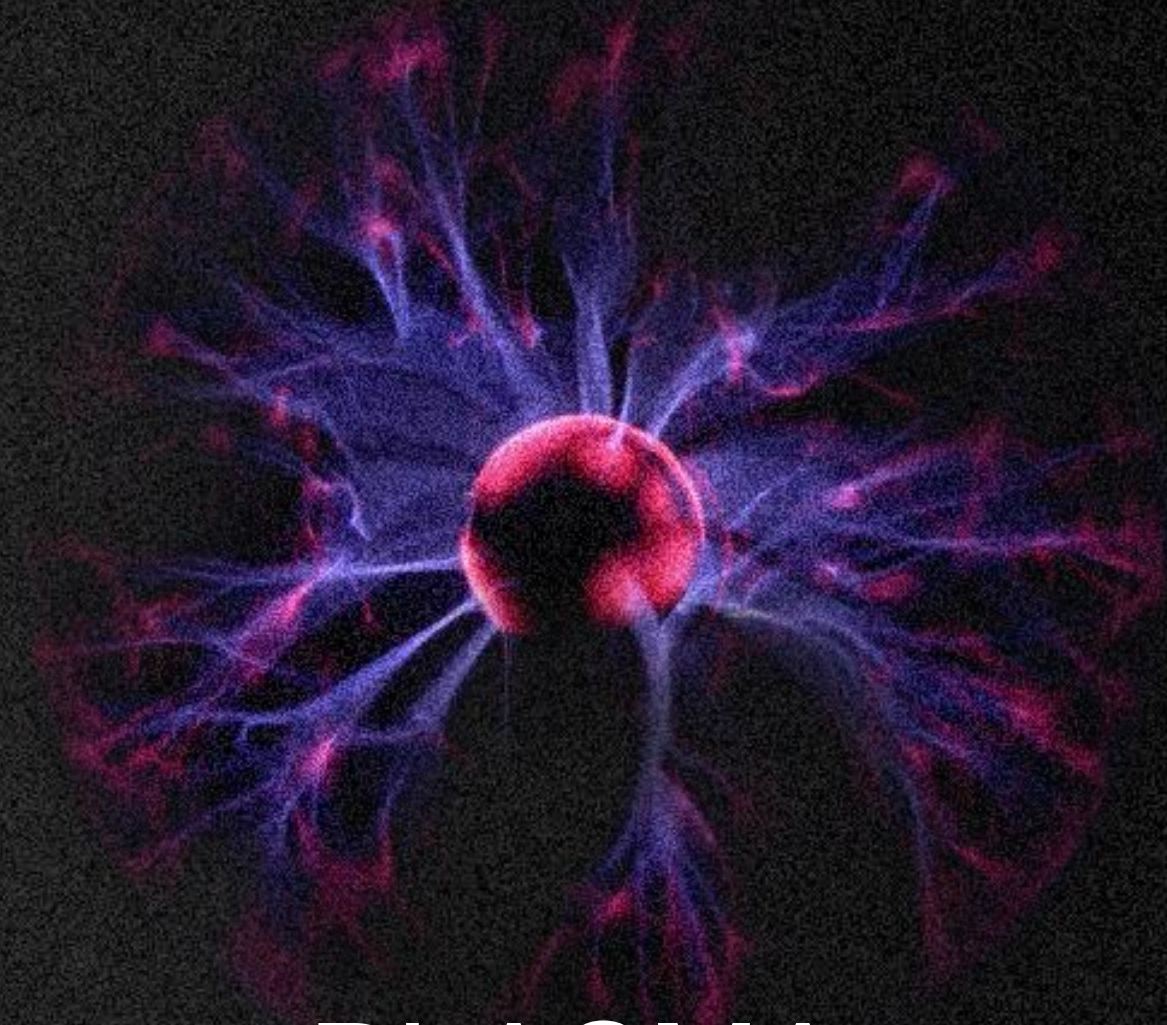
SOLIDE



LIQUIDE

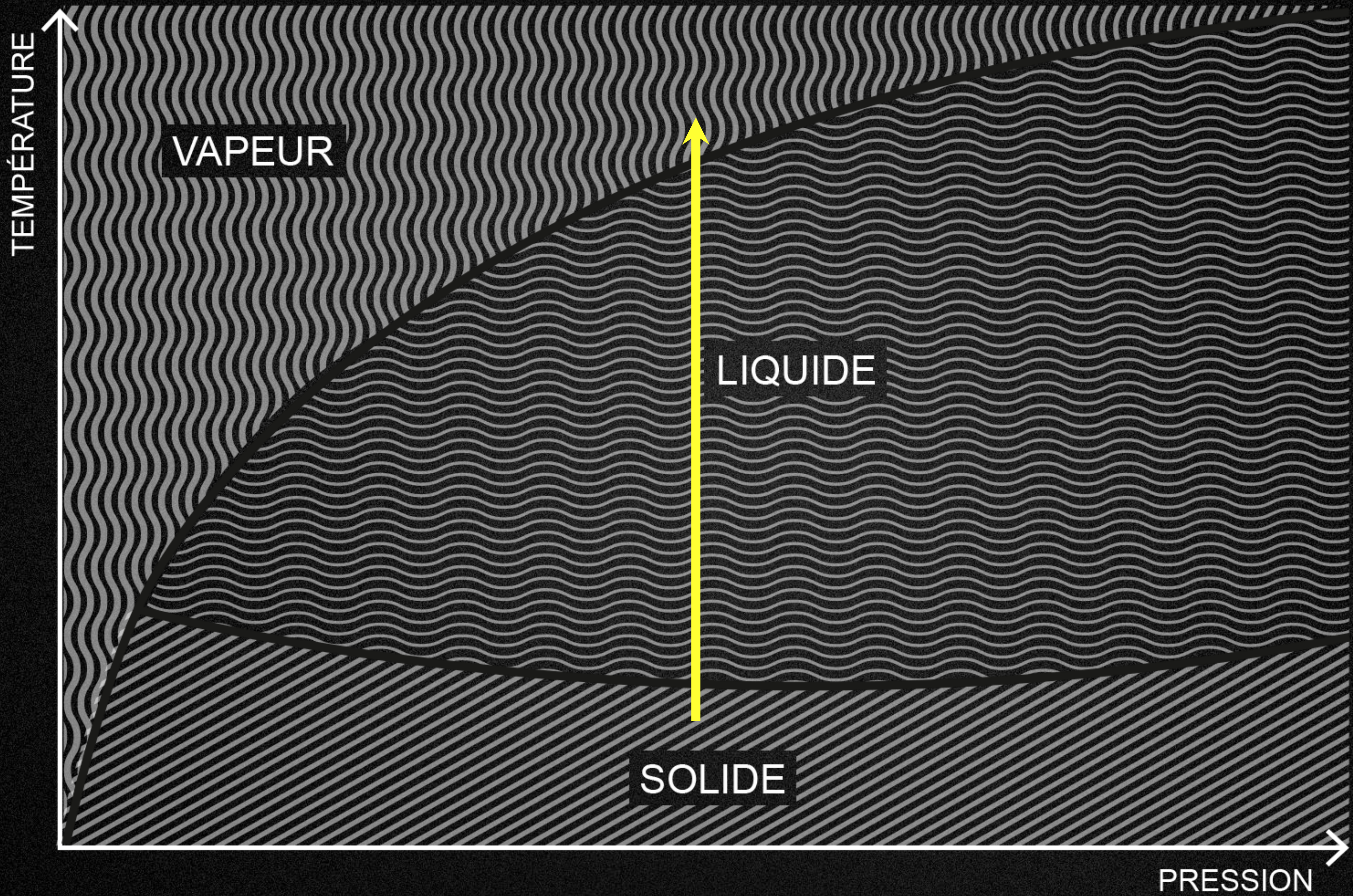


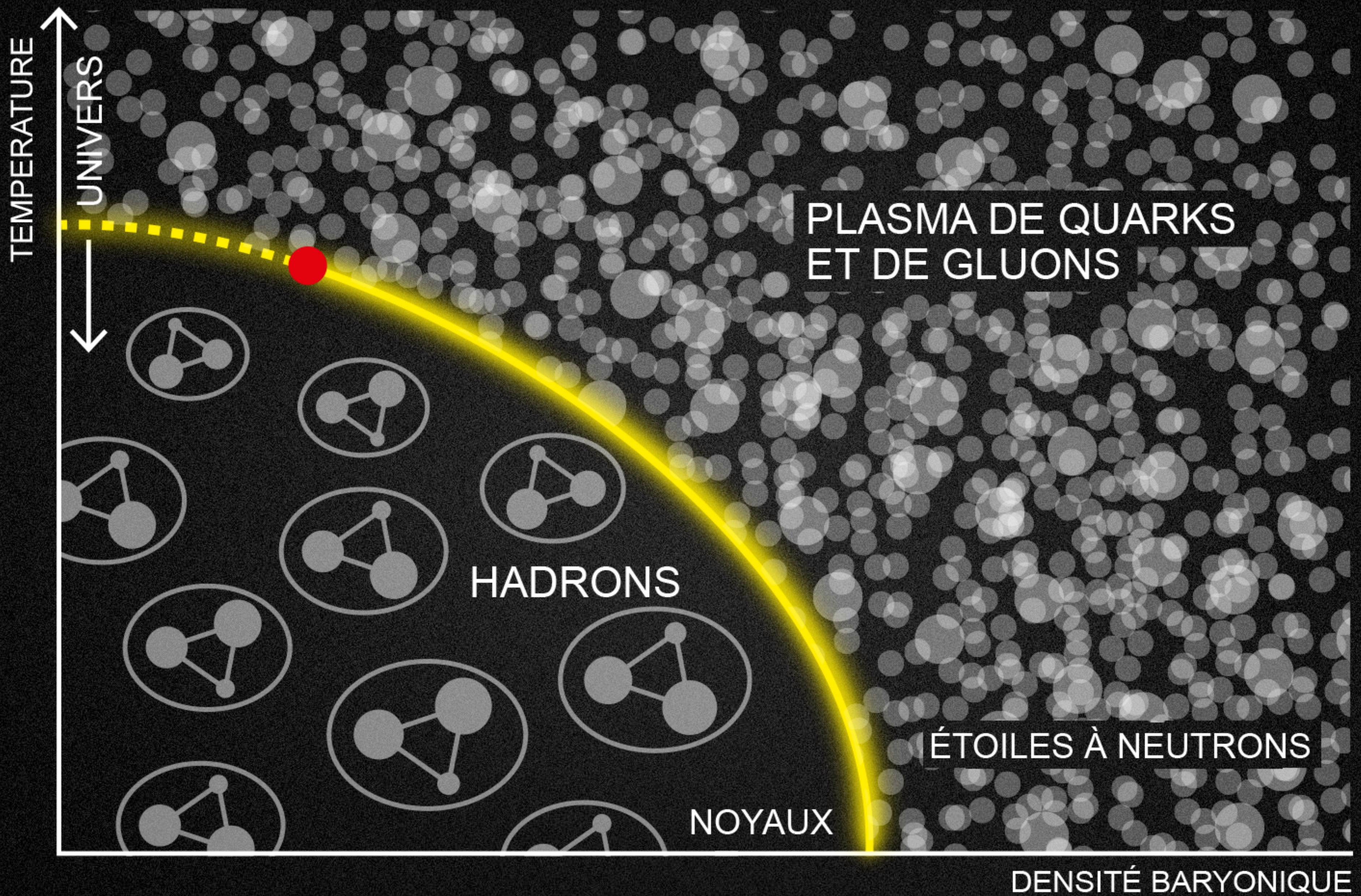
VAPEUR



PLASMA

LA MATIÈRE SE TRANSFORME





QUE SAVONS-NOUS
DE LA MATIÈRE ?

LA MATIÈRE S'EST
STRUCTURÉE
À PARTIR D'UN PLASMA
DE QUARKS ET
DE GLUONS

LA MATIÈRE EST
CONSTITUÉE DE VIDE

LA MATIÈRE
EST IMMATÉRIELLE

LA MATIÈRE EST STRUCTURÉE
PAR 4 FORCES

4 PARTICULES ÉLÉMENTAIRES
CONSTITUENT LA MATIÈRE
ORDINAIRE...

LA MATIÈRE ORDINAIRE
REPRÉSENTE
4,8% DE L'UNIVERS

99% DE LA MATIÈRE ACTUELLE A
ÉTÉ SYNTHÉTISÉE
EN 3 MINUTES

COMMENT RECRÉER
DE LA MATIÈRE PRIMITIVE ?

ACCÉLÈRE DES NOYAUX DE PLOMB À
99,9999997% DE LA VITESSE DE LA LUMIÈRE

QUAND DEUX NOYEAUX DE PLOMB SE RENCONTRENT

ALICE

BIG BANG

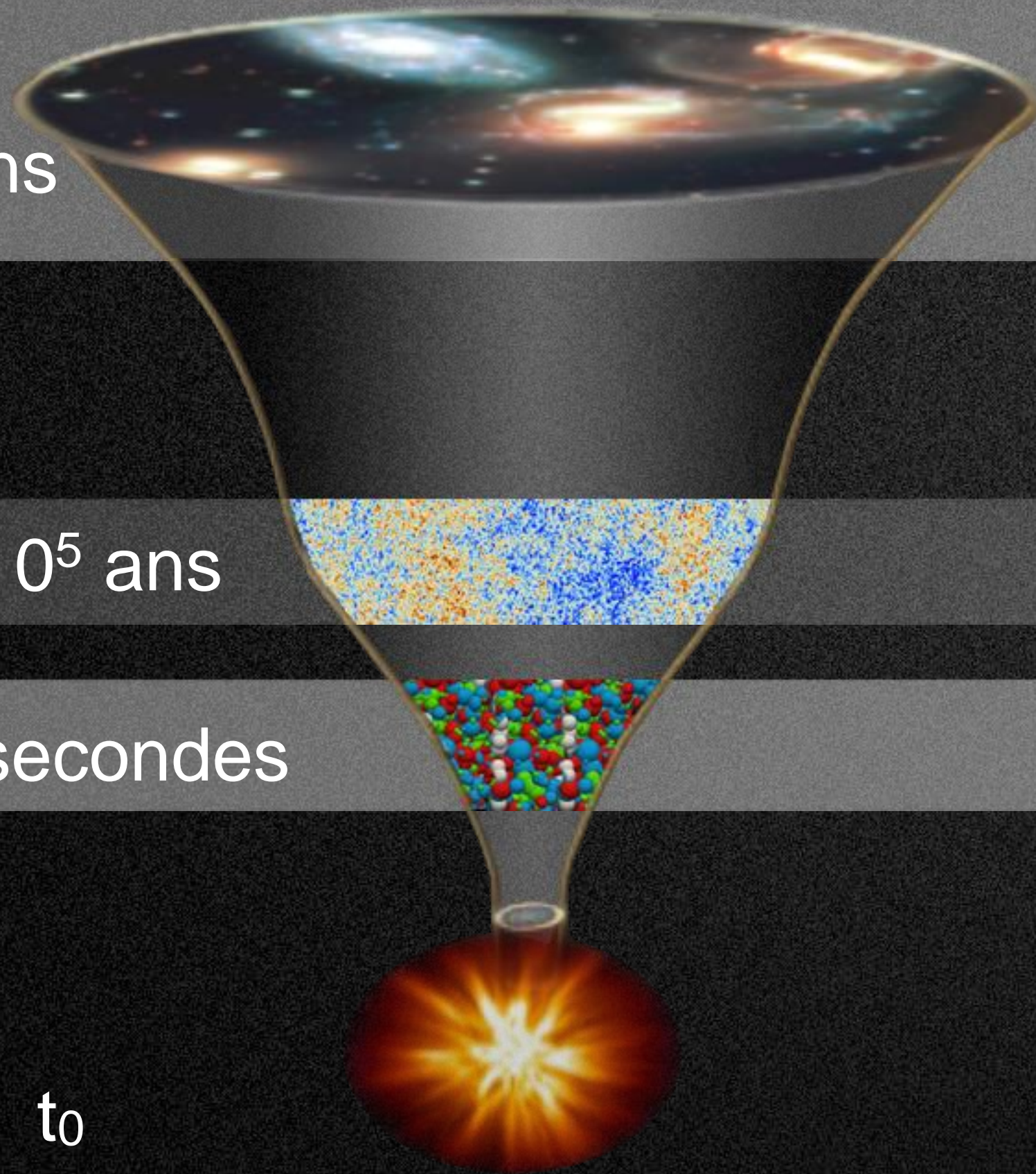
LITTLE BIG BANG

$t_0 + 13.8 \times 10^9$ ans

CMB: $t_0 + 3.8 \times 10^5$ ans

QGP: $t_0 + 10^{-6}$ secondes

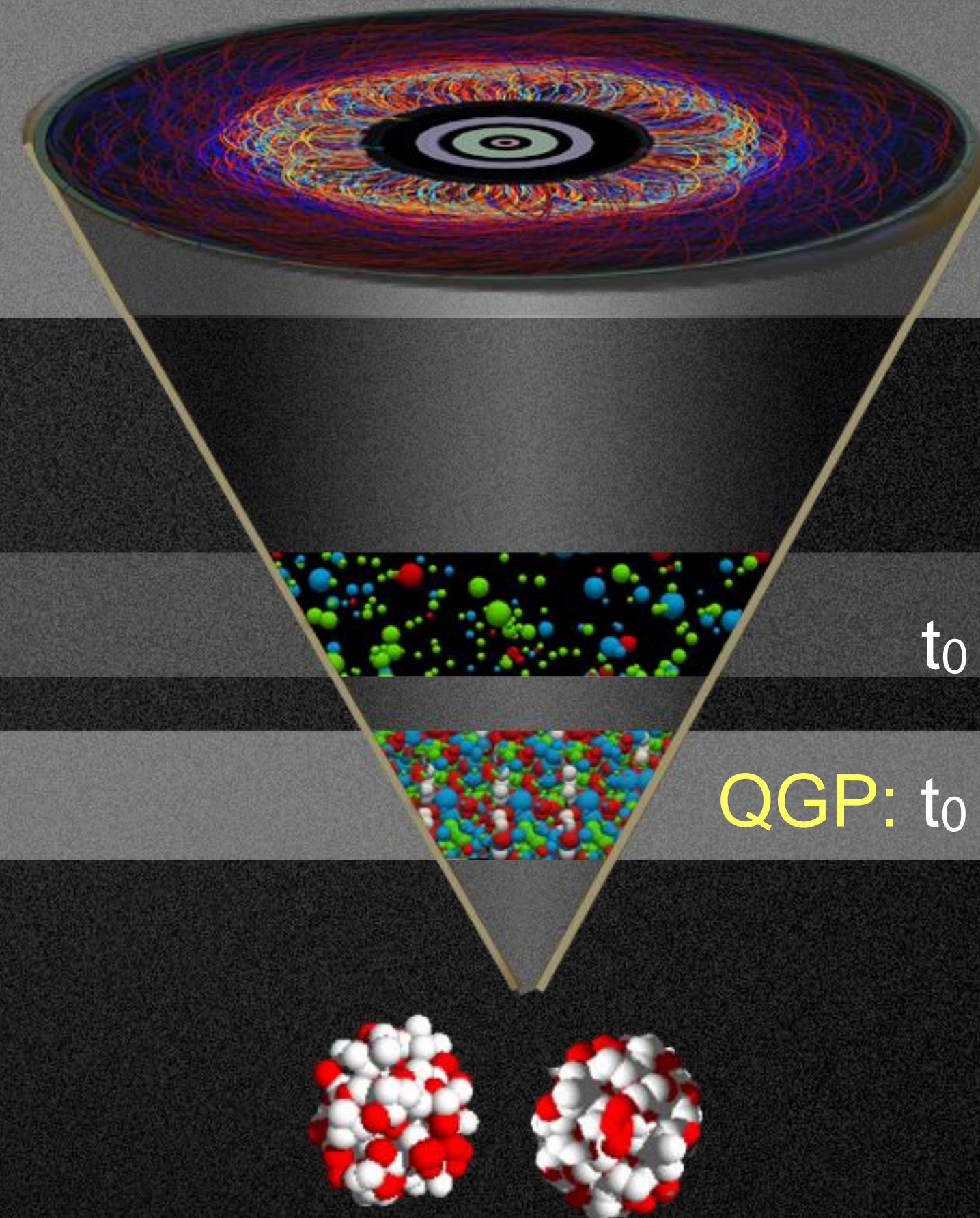
t_0



Gaz de hadrons:
 $t_0 + 10^{-23}$ secondes

QGP: $t_0 + 10^{-24}$ secondes

t_0



QU'AVONS-NOUS
APPRIS JUSQU'À
PRÉSENT?

DE LA MATIÈRE NUCLÉAIRE A ÉTÉ CRÉÉE DANS DES CONDITIONS EXTRÊMES

TEMPÉRATURE SUPÉRIEURE
À 5'500 MILLIARDS DE DEGRÉS



DE LA MATIÈRE NUCLÉAIRE A ÉTÉ CRÉÉE DANS DES CONDITIONS EXTRÊMES

S'ÉTEND DANS UN VOLUME
MICROSCOPIQUE 10^{35} FOIS PLUS
PETIT QUE LA TAILLE DE L'UNIVERS
PRIMORDIAL

DE LA MATIÈRE NUCLÉAIRE A ÉTÉ CRÉÉE DANS DES CONDITIONS EXTRÊMES

DURE UN INSTANT
INFINIMENT BREF,
 10^{17} FOIS PLUS
COURT QUE LA
MATIÈRE PRIMITIVE
DU BIG BANG


DE LA MATIÈRE NUCLÉAIRE A ÉTÉ CRÉÉE DANS DES CONDITIONS EXTRÊMES



A LES PROPRIÉTÉS
D'UN LIQUIDE
PARFAIT (VISCOSITÉ
NULLE)

DE LA MATIÈRE NUCLÉAIRE A ÉTÉ CRÉÉE DANS DES CONDITIONS EXTRÊMES

EST OPAQUE POUR LA MATIÈRE
MAIS TRANSPARENTE POUR LA
LUMIÈRE

A black oval is centered in the frame. A bright white beam of light enters from the left, passes through the center of the oval, and exits on the right. The beam is slightly blurred, suggesting motion or a long exposure. The background is a dark, textured grey.

QUE SAVONS-NOUS DE LA MATIÈRE ?

LA MATIÈRE EST
CONSTITUÉE DE VIDE

LA MATIÈRE
EST IMMATÉRIELLE

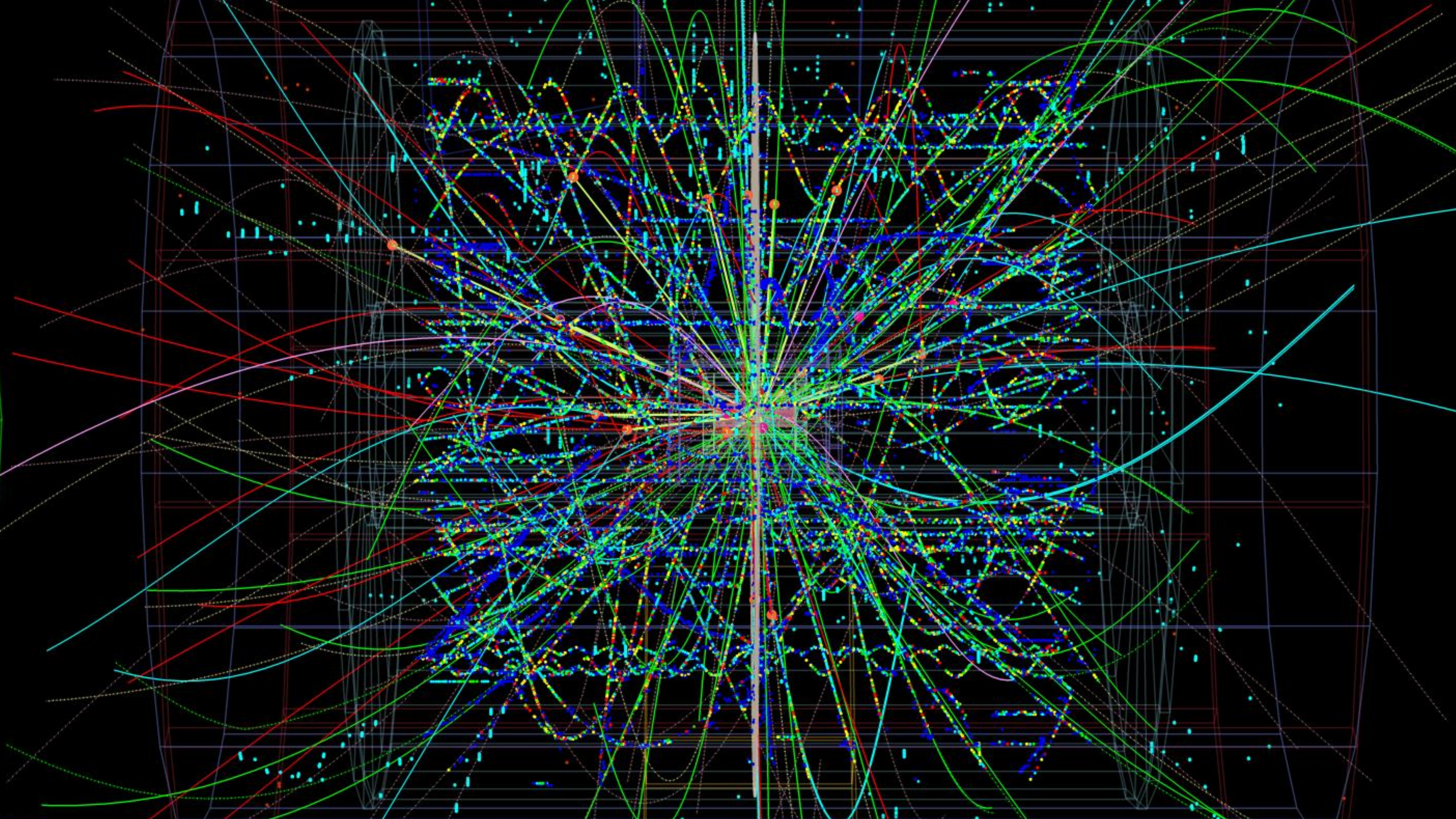
LA MATIÈRE EST STRUCTURÉE
PAR 4 FORCES

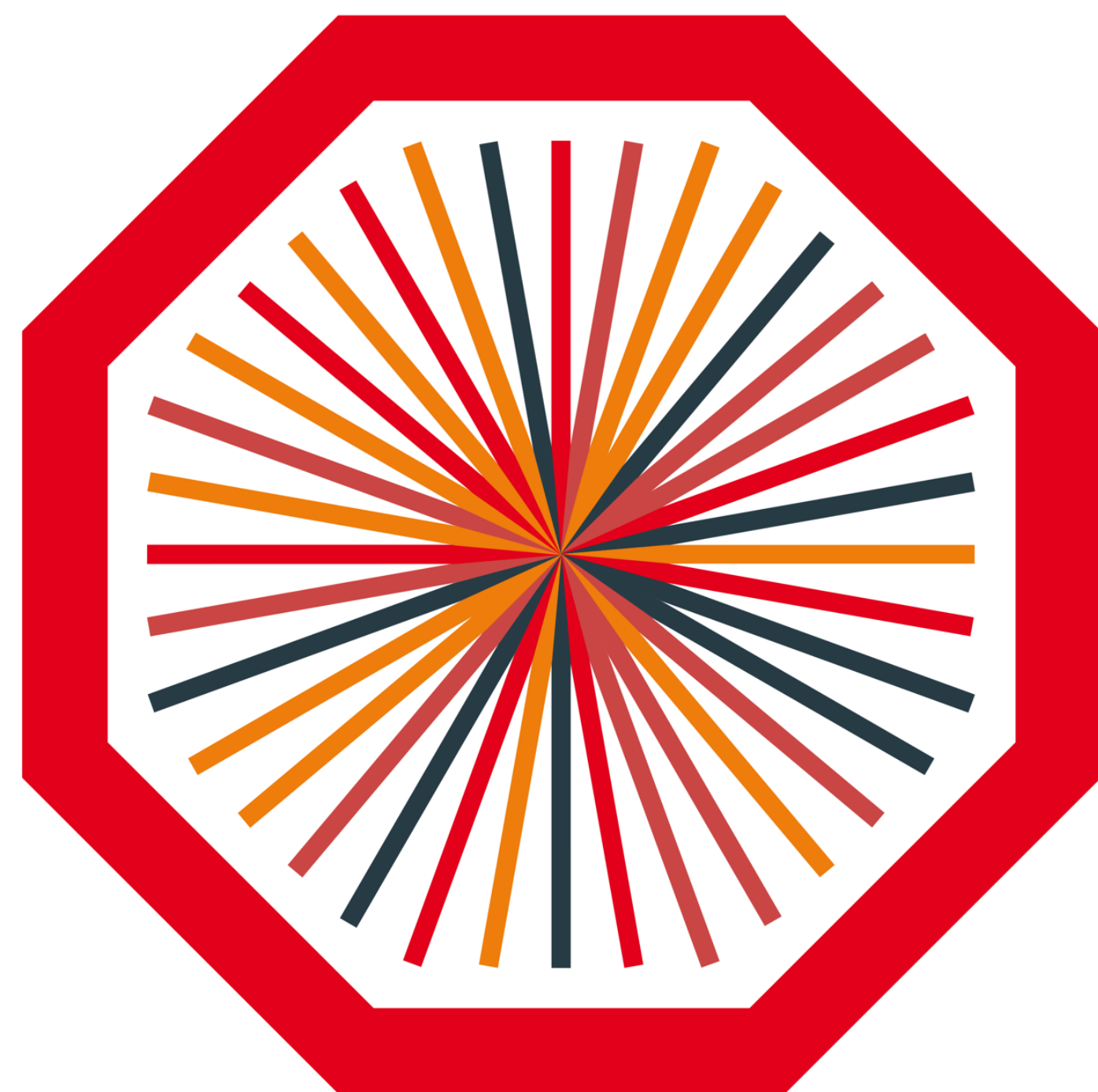
4 PARTICULES ÉLÉMENTAIRES
CONSTITUENT LA MATIÈRE
ORDINAIRE...

LA MATIÈRE ORDINAIRE
REPRÉSENTE
4,8% DE L'UNIVERS

99% DE LA MATIÈRE ACTUELLE A
ÉTÉ SYNTHÉTISÉE
EN 3 MINUTES

LA MATIÈRE S'EST STRUCTURÉE
À PARTIR D'UN PLASMA DE
QUARKS ET DE GLUONS





ALICE

A JOURNEY OF DISCOVERY

