

SOUS-TITRAGE SCIENTIFIQUE

ÉNERGIE NOIRE ET MATIÈRE NOIRE :

Sous-titrage de deux épisodes de la série *How the Universe Works*

Annexe n°1
Script

Épisode 5 «The Dark Matter Enigma »

1	00:00:02:26	00:00:06:20	- Tout autour de nous les villes, les gens,	Everything we see, from people to cities,
2	00:00:07:02	00:00:10:08	les millions d'étoiles qui illuminent la nuit	to the millions of stars that fill the night's sky.
3	00:00:10:23	00:00:15:01	sont faits de la même chose : des atomes de matière.	They're all made of the same stuff - atoms of matter.
4	00:00:15:19	00:00:17:15	Mais il existe autre chose.	But there's something else out there.
5	00:00:17:24	00:00:21:20	Quelque chose d'étrange, d'invisible, la matière noire.	Something weird. Invisible dark matter.
6	00:00:22:03	00:00:23:24	Notre univers en regorge.	It fills our universe too.
7	00:00:24:00	00:00:28:18	Et elle pourrait être la clé de l'existence de toute chose.	And it could be the key to the existence of everything.
8	00:00:29:05	00:00:30:27	Nous inclus.	Including us.
9	00:00:46:03	00:00:49:14	Un fait sur notre univers pourrait vous surprendre.	There's something about our universe that might surprise you.
10	00:00:50:24	00:00:54:20	Nous existons côte à côte avec des fantômes cosmiques.	We exist side by side with cosmic ghosts.
11	00:00:56:22	00:01:00:11	Ce qui constitue les étoiles, les gens et les planètes	Normal matter, the stuff that makes stars, planets and people,
12	00:01:00:17	00:01:04:02	n'est qu'une fraction de ce qui existe vraiment.	accounts for just a fraction of what's really out there.
13	00:01:06:20	00:01:12:02	Une toile de matière invisible connecte les galaxies de l'univers.	An invisible web of strange material connects the galaxies that make up our universe.
14	00:01:12:19	00:01:15:28	On ne peut ni la voir ni la toucher,	We can't see or feel this mysterious stuff,
15	00:01:16:04	00:01:20:12	mais elle existe certainement, car on peut mesurer sa gravité.	but we're pretty sure it's there, because we can measure its gravity.
16	00:01:21:07	00:01:24:11	- C'est un peu bizarre de découvrir	-It's a little weird to discover
17	00:01:24:18	00:01:28:21	que tout ce qu'on voit, tout ce qu'on connaît,	that what you see, what you know, everything in your experience,
18	00:01:29:03	00:01:34:14	est la plus petite partie de ce qui existe dans l'univers.	is actually the tiniest fraction of what's actually out there in the universe.
19	00:01:35:18	00:01:41:06	La plupart de la matière est faite d'une substance inconnue.	Most of the matter in the universe is made of a substance that we haven't even discovered yet.
20	00:01:45:17	00:01:50:03	- Cette matière fantôme étrange est appelée matière noire.	-This strange ghostly stuff is called dark matter.

21	00:01:52:00	00:01:56:13	Les chercheurs estiment que c'est une particule élémentaire,	Most scientists believe dark matter is a kind of elementary particle,
22	00:01:56:23	00:02:00:23	qui forme de vastes réseaux de nuages ou de halos	hanging in vast networks of clouds or halos,
23	00:02:00:28	00:02:05:04	reliant les 2 milliards de galaxies présentes dans l'univers.	that like the 2 trillion galaxies that make up our universe.
24	00:02:07:05	00:02:11:17	- Si vous aviez des lunettes pouvant détecter la matière noire,	-If you could put On some sort of mask or goggles that could detect dark matter,
25	00:02:11:21	00:02:15:01	vous en verriez des millions vous traverser,	you would see millions of them passing through you every second,
26	00:02:15:05	00:02:18:07	des milliards, partout, tout le temps.	millions of them, billions all around you all the time.
27	00:02:18:18	00:02:21:20	On ne les voit pas, mais leur effet est bien réel.	You can't see them, but their effect is very real.
28	00:02:24:04	00:02:29:22	- Nous découvrons aujourd'hui que des filaments de matière noire	-Crucially, we are now beginning to understand that ghostly tendrils of dark matter
29	00:02:30:00	00:02:33:15	ont sculpté l'univers d'aujourd'hui.	have shaped everything we see in our universe today.
30	00:02:35:15	00:02:40:06	Ils pourraient même avoir influencé notre évolution.	They may have even played a key role in the evolution of us.
31	00:02:41:13	00:02:44:11	- La matière noire est une marionnettiste,	-Dark matter is kind of like an invisible puppet master.
32	00:02:44:16	00:02:48:10	elle tire sur ses fils invisibles, et contrôle l'univers.	With invisible strings, controlling the movement of everything we can see.
33	00:02:49:06	00:02:52:10	Elle est la cause principale de notre existence.	It is the central reason for our existence.
34	00:02:52:19	00:02:56:01	- S'il y a une galaxie dans laquelle on peut vivre,	-The fact that our galaxy exists for us to exist in
35	00:02:56:06	00:03:00:07	c'est grâce à la matière noire. - En fait, la matière noire	is due to the fact that dark matter exists. - If you were to think about it,
36	00:03:00:14	00:03:02:21	est la matière à réflexion.	dark matter is the matter that matters.
37	00:03:04:04	00:03:07:27	- Comment la matière noire a-t-elle construit l'univers ?	So how did dark matter shape the universe we see today?
38	00:03:08:14	00:03:13:04	Comment le savoir ? Remonter jusqu'au tout début :	Best way to find out? Take a trip back to the beginning of everything.
39	00:03:13:14	00:03:14:19	le Big Bang.	The big bang.
40	00:03:17:08	00:03:19:28	Il y a 13,8 milliards d'années,	13.8 billion years ago,
41	00:03:20:02	00:03:25:24	Un point infiniment chaud et infiniment dense explose.	An infinitely hot and infinitely dense spec bursts into existence.
42	00:03:27:06	00:03:30:02	Ce point est l'univers primitif.	This spec is the infant universe.

43	00:03:30:10	00:03:34:11	Il est chaud, et ne contient que de l'énergie pure.	It's hot, and filled with nothing but pure energy.
44	00:03:35:21	00:03:37:19	Il refroidit en grandissant,	As it expands, it cools,
45	00:03:37:25	00:03:42:25	et une partie de l'énergie se concentre en particules.	and some of the energy condenses to form tiny subatomic particles
46	00:03:43:27	00:03:47:22	Mais ce ne sont pas les particules qui nous constituent,	But these aren't the protons or electrons that make up you and me.
47	00:03:48:03	00:03:50:22	ce sont des particules de matière noire.	They're particles of dark matter.
48	00:03:52:16	00:03:56:07	- Si la matière noire est faite de particules étranges,	-If dark matter is made up of strange subatomic particles,
49	00:03:56:14	00:03:59:26	elle a été créée très tôt dans l'univers primitif,	these were probably created in the very, very early universe,
50	00:04:00:04	00:04:02:18	juste un instant après le Big Bang.	moments after the big bang itself.
51	00:04:02:27	00:04:06:20	Même la matière normale n'existait peut-être pas encore.	Even normal matter may not have existed when dark matter did.
52	00:04:09:00	00:04:12:00	Moins d'une seconde après le Big Bang,	The universe is still less than a second old.
53	00:04:12:27	00:04:15:04	l'univers est chaud et dense.	It's incredibly dense and hot.
54	00:04:16:17	00:04:21:28	Dans cet univers étroit, la matière noire est comprimée.	In this confined space, the dark matter particles are crammed tightly together.
55	00:04:22:15	00:04:24:26	Les collisions sont inévitables.	Collisions are inevitable.
56	00:04:25:03	00:04:29:10	Les particules s'anéantissent en entrant en collision,	The particles annihilate each other as they smash together,
57	00:04:29:25	00:04:32:03	et libèrent de l'énergie.	releasing a burst of energy.
58	00:04:33:13	00:04:38:16	Et quelque chose d'autre : des particules de matière normale.	Plus something new. Subatomic particles of ordinary matter.
59	00:04:39:09	00:04:42:25	Elles constituent l'univers que nous voyons.	The stuff that makes up the universe we can see.
60	00:04:44:25	00:04:50:07	- Il est probable qu'une collision dans l'univers primitif	-It's very plausible that two dark matter particles that collided and annihilated in the early universe
61	00:04:50:18	00:04:53:16	ait créé un électron qui fait partie de moi.	produced an electron that's now part of my body.
62	00:04:53:22	00:04:57:26	Je serais donc littéralement un enfant de la matière noire.	So I might actually be a child of dark matter, even in the very direct and literal sense.
63	00:05:00:25	00:05:06:25	- Des collisions de matière noire ont-elles créé tout dans l'univers ?	Did colliding dark matter particles really make all the ordinary matter we see in the universe today?
64	00:05:08:03	00:05:11:26	Ça dépend de la nature des particules de matière noire.	It depends on what dark matter particles are made of.
65	00:05:13:09	00:05:18:27	Elles sont sûrement 100 fois plus massives qu'un proton,	The best bet is that dark matter is a particle 100 times the mass of a proton

66	00:05:20:01	00:05:22:08	mais à l'inverse de la matière,	but, unlike ordinary matter,
67	00:05:22:14	00:05:26:16	elles n'interagissent ni avec la lumière, ni rien d'autre.	it doesn't interact with light or anything else.
68	00:05:27:10	00:05:32:11	- Une des meilleures hypothèses est celle des WIMPs.	-One of The top contenders for dark matter is something called a WIMP,
69	00:05:32:26	00:05:37:10	Ces particules du Big Bang sont encore présentes aujourd'hui.	a Weakly Interacting Massive Particle.
70	00:05:38:04	00:05:39:27	- Les WIMPs sont Les favoris	This is particle that was made in the big bang, that's left over today.
71	00:05:40:01	00:05:44:23	parce qu'en insérant leur propriétés dans des simulations du Big Bang,	-WIMPs are the leading contender,
72	00:05:45:10	00:05:49:25	on obtient un univers très proche du nôtre :	because if you plug their properties into computer simulations of the big bang,
73	00:05:50:09	00:05:55:09	fait de 84% de matière noire et seulement 16% de matière normale.	you end up with a universe that looks just like the universe we see today.
74	00:06:00:10	00:06:04:07	- Ça correspond plus ou moins aux proportions qu'on calcule.	With 84% dark matter, and just 16% ordinary matter.
75	00:06:04:13	00:06:07:06	Il y a donc de bonnes preuves indirectes	-We get numbers that correspond roughly to the amount of dark matter we infer in the universe.
76	00:06:07:11	00:06:10:20	que ces particules sont la matière noire.	So there's good evidence, indirectly, that these particles may be the dark matter.
77	00:06:11:28	00:06:15:19	-Si c'est le cas, la structure subatomique de l'univers	-If current thinking is right, the subatomic building blocks of the universe
78	00:06:15:24	00:06:18:01	résulte des collisions de WIMPs.	were forged from colliding WIMPs.
79	00:06:18:17	00:06:23:01	Mais pour la matière noire, ce n'est que le début.	But dark matter's role in building the cosmos was just getting started.
80	00:06:23:15	00:06:28:04	En fait, elle pourrait résoudre un des mystères de la cosmologie :	In fact, dark matter may answer on the great mysteries of cosmology-
81	00:06:28:18	00:06:32:05	comment le gaz primordial dans l'univers primitif	how the primordial gas that filled the early universe
82	00:06:32:10	00:06:35:23	s'est-il effondré pour créer les premières étoiles ?	clumped together to form the first stars.
83	00:06:36:05	00:06:40:01	Le mystère débute juste après le Big Bang.	The mystery begins when the universe is less than a second old.
84	00:06:42:03	00:06:43:28	Soudain, il gonfle.	It suddenly expands.
85	00:06:45:13	00:06:49:03	- En un millionième de milliardième de milliardième de seconde,	-In a period of about millionth of a billionth of a billionth of a billionth of a second,
86	00:06:49:24	00:06:54:27	notre univers a grandi de 90 ordres de grandeur :	our universe puffed up by over 90 orders of magnitude in volume.
87	00:06:55:01	00:06:58:23	de la taille d'un atome à celle d'une balle de basket.	It went from the size of a single atom to the size of a basketball.

88	00:06:59:16	00:07:02:28	En une fraction de seconde.	In a fraction of a fraction of a fraction of a second.
89	00:07:04:18	00:07:10:01	- L'expansion a créé des particules uniformément distribuées,	-This rapid expansion creates a vast sea of evenly spread particles
90	00:07:10:06	00:07:14:07	qui refroidissent et s'assemblent en hydrogène et en hélium.	which cool to form atoms of hydrogen and helium.
91	00:07:15:03	00:07:21:14	Ces gaz, sous l'effet de la gravité, s'effondrent et forment les étoiles.	The gases that will one day collapse under the force of gravity to become the first stars.
92	00:07:22:15	00:07:24:12	Mais il y a un problème.	But there's a problem.
93	00:07:24:25	00:07:29:12	Le gaz dans l'univers primitif est trop homogène, trop uniforme,	The gas of the early universe is too evenly spread, too smooth
94	00:07:29:20	00:07:32:24	pour que la gravité soit plus forte par endroits,	for gravity to pull on some parts more than others,
95	00:07:33:00	00:07:36:16	et pour que certaines régions puissent s'effondrer.	and trigger regions of the gas to collapse and clump.
96	00:07:37:01	00:07:39:19	- Si l'univers était vraiment uniforme,	-If the universe was completely smooth,
97	00:07:40:03	00:07:45:21	il serait beau, mais ennuyeux. Il n'y aurait que du gaz.	It would be beautiful but boring. Because nothing would exist that we could see.
98	00:07:47:29	00:07:53:10	- Quelque chose a fait s'effondrer le gaz uniforme, créant les étoiles.	-Something must have made The smooth sea of gas collapse and build the first stars.
99	00:07:54:29	00:07:59:07	- Quelque chose d'étrange, qui opère dans l'infiniment petit.	Something weird, operating on the tiniest of scales.
100	00:08:00:20	00:08:05:04	- Ce qui est vraiment intéressant, c'est qu'à cette échelle,	-One thing that really interesting about that, is that on very small scales
101	00:08:05:09	00:08:09:16	le principe d'incertitude de Heisenberg a des effets étranges.	due to the Heisenberg uncertainty principle, strange things can happen.
102	00:08:10:24	00:08:16:29	- On peut calculer le mouvement d'une voiture, ou d'un joggeur.	-When we see a car, a runner, or even a spacecraft, we can calculate their motions.
103	00:08:19:10	00:08:24:21	Mais dans le monde quantique, cette certitude est perdue.	In the tiny quantum world of the infant universe, that certainty is missing.
104	00:08:25:12	00:08:30:17	Rien n'a un mouvement ou une position sûrs, et donc,	Nothing has a definite momentum or position, and because nothing was locked in place,
105	00:08:30:23	00:08:34:20	des fluctuations ont pu apparaître dans l'univers.	fluctuations or grooves could develop in the expanding universe.
106	00:08:35:19	00:08:41:04	Durant l'expansion, ces fluctuations sont restées figées,	And when the universe expanded rapidly, these fluctuations became frozen in place,
107	00:08:41:22	00:08:45:19	créant des points denses où le gaz peut s'effondrer,	creating dense points around which the gas could collapse,
108	00:08:46:01	00:08:50:02	comme un terreau pour étoiles.	acting like gravitational seeds for star formation.
109	00:08:51:21	00:08:56:04	- Heureusement, ces fluctuations originelles,	-Fortunately, there were these seed fluctuations, which

110	00:08:56:12	00:09:01:00	un peu comme une ADN cosmique, ont déterminé où et quand	acted kind of like a cosmic DNA, determining where and when and how
111	00:09:01:04	00:09:03:28	se sont formées les structures du cosmos,	structure later grew into the stars, the planets,
112	00:09:04:03	00:09:07:21	telles que les étoiles et les planètes.	and all the other awesome structures we see around us in today's world.
113	00:09:08:02	00:09:11:08	C'est une des plus belles idées de toute la science,	I think it's one of the most beautiful ideas in all of science, that something
114	00:09:11:17	00:09:16:24	que le principe d'Heisenberg, qui s'applique au niveau quantique,	like the Heisenberg uncertainty principle, which we thought applied only to tiny things in quantum mechanics,
115	00:09:17:00	00:09:21:29	a créé les plus grandes structures qu'on connaisse dans l'univers.	ultimately is responsible for the biggest structures that we know of in the cosmos.
116	00:09:22:18	00:09:24:12	Donc merci, Heisenberg.	So, thank you Heisenberg.
117	00:09:30:02	00:09:33:17	- Ces fluctuations semblent résoudre le mystère	-The development of The fluctuations seems to solve the mystery
118	00:09:33:26	00:09:36:15	de la structure de l'univers.	of how the universe evolved its structure.
119	00:09:37:11	00:09:42:18	Mais il y a un autre problème. Selon les calculs, la masse du gaz	But there's another problem. If you do the math, the mass of the gas alone
120	00:09:42:26	00:09:48:05	n'a pas assez de gravité pour former les étoiles.	doesn't pack enough gravity to create all the stars we see in the universe today.
121	00:09:49:20	00:09:54:10	De la masse a dû être ajoutée aux nuages de gaz.	Something else must have added mass to the collapsing gas clouds.
122	00:09:54:23	00:09:58:19	Est-ce l'œuvre de la matière noire ?	Could that something have been dark matter?
123	00:10:09:14	00:10:13:12	- Les cosmologistes font face à un paradoxe déconcertant :	- Today, cosmologists are grappling with the puzzling paradox -
124	00:10:13:22	00:10:17:17	comment le gaz primordial se serait-il effondré	how did the gas that once filled the universe collapse so quickly
125	00:10:17:23	00:10:22:10	pour former étoiles, s'il n'y avait pas assez de gaz ?	to form the stars we see today when there wasn't enough gas to begin with?
126	00:10:23:01	00:10:27:03	La seule réponse : autre chose devait être présent,	The only answer - something other than normal matter
127	00:10:27:14	00:10:32:24	donnant de la masse au gaz, et catalysant leur effondrement.	must have been out there, adding mass to the gas clouds, helping the collapse into stars.
128	00:10:33:08	00:10:35:21	- La matière normale seule, en fait,	-If you only have normal matter, it turns out,
129	00:10:35:29	00:10:39:29	ne suffit pas à former la structure de l'univers.	things just don't grow fast enough you don't have enough structure in the universe.
130	00:10:40:07	00:10:43:03	- On peut calculer qu'il n'y a pas assez de temps	-We can calculate that there wouldn't have been enough time
131	00:10:43:15	00:10:46:19	depuis le Big Bang pour que la matière normale	since the beginning of the universe, for normal matter to collapse

132	00:10:46:22	00:10:50:04	puisse former les étoiles et les planètes.	to form galaxies, stars, planets and people.
133	00:10:51:12	00:10:52:26	- On pense aujourd'hui	Many scientists now believe
134	00:10:53:05	00:10:56:19	que le catalyseur accéléralant la formation d'étoiles	the extra push speeding up the formation of stars
135	00:10:56:26	00:11:00:05	est la gravité de la matière noire.	was the gravity of invisible dark matter.
136	00:11:00:21	00:11:04:19	- Même si elle n'interagit pas avec la matière normale,	-Even though dark matter and normal matter can't interact directly,
137	00:11:04:29	00:11:07:02	elle interagit via la gravité.	they do interact via gravity
138	00:11:07:07	00:11:10:28	Et c'est crucial pour notre existence.	, and it turns out that is critically important to our existence.
139	00:11:11:25	00:11:16:16	- En incluant la matière noire, tout marche, et c'est incroyable	-If you put that dark matter in, everything works out and it's kind of amazing how well
140	00:11:16:21	00:11:18:16	à quel point on y voit clair.	we can make the universe work.
141	00:11:22:01	00:11:26:00	- En grandissant, l'univers refroidit.	-As the universe expands, it also cools.
142	00:11:27:02	00:11:30:13	Il est rempli de gaz d'hydrogène et d'hélium.	It's now a sea of hydrogen and helium gas.
143	00:11:33:20	00:11:36:04	Il y a aussi beaucoup de matière noire,	There's also lots of dark matter around,
144	00:11:36:12	00:11:41:07	qui s'est agglomérée dans les fluctuations de l'univers,	which has built up in the fluctuations or grooves in the expanding universe,
145	00:11:41:25	00:11:44:19	créant des régions à haute gravité.	crating regions of high gravity.
146	00:11:46:03	00:11:49:05	- La matière noire était libre d'agir,	-The dark matter was free to actually start doing its own thing.
147	00:11:49:11	00:11:53:23	et développa ses groupements avant la matière normale.	and started growing its patterns and its clustering.
148	00:11:54:00	00:11:57:07	Elle joua donc un rôle essentiel	before the ordinary matter did. That's why dark matter actually played such a key role in
149	00:11:57:15	00:12:00:26	dans la création de l'univers riche où nous vivons.	creating this much more interesting universe that we live in today.
150	00:12:03:04	00:12:06:07	- La gravité de ces groupements	-The gravitational pull of these clumps of dark matter
151	00:12:06:13	00:12:10:07	attire d'énormes nuages d'hydrogène et d'hélium.	drags in huge clouds of hydrogen and helium.
152	00:12:12:01	00:12:14:13	Les nuages se condensent,	The clouds get denser and denser,
153	00:12:14:18	00:12:17:15	jusqu'à provoquer une fusion nucléaire.	until they trigger nuclear fusion.

154	00:12:18:13	00:12:24:11	Les premières étoiles naissent grâce à la matière noire.	And the first stars in our universe are born, thanks to dark matter.
155	00:12:26:27	00:12:32:27	- En s'agglomérant, elle aide la matière normale à se regrouper.	-It clumped and collapsed, and that would later allow all the normal matter to fall in.
156	00:12:34:14	00:12:37:22	Elle donne la première impulsion aux étoiles,	Dark matter is what gave the initial kick to form stars,
157	00:12:38:03	00:12:42:09	aux trous noirs, aux planètes, et à tout le reste.	black holes, planets, aliens, people, and everything else.
158	00:12:48:03	00:12:52:22	- Comprenez bien, la matière noire est la matière prépondérante.	-You really have to understand that dark matter is the dominant form of matter in the universe.
159	00:12:53:03	00:12:56:11	Elle a tout mis en marche au commencement,	At the very beginning of the universe, that's what got everything started,
160	00:12:56:16	00:12:59:25	la matière normale suivait juste le courant.	and regular matter was just along for the ride.
161	00:13:02:19	00:13:07:08	- La matière noire explique la naissance des premières étoiles.	-Dark matter explains how the first stars in the universe burst into life.
162	00:13:09:25	00:13:13:25	Mais quand les astronomes étudient l'univers primitif,	But when astronomers gaze back to the early universe,
163	00:13:14:03	00:13:18:24	ils trouvent aussi autre chose : des monstres de l'univers,	they see these stars weren't alone. They lived alongside monsters,
164	00:13:19:14	00:13:21:24	les trous noirs supermassifs.	supermassive black holes.
165	00:13:22:27	00:13:26:14	- C'est problématique de trouver ces trous noirs	-A real puzzle is that we see some of these supermassive black holes
166	00:13:26:19	00:13:28:09	aussi tôt dans l'univers.	in the very early universe.
167	00:13:28:14	00:13:32:15	- Ces trous noirs n'auraient pas dû avoir le temps	-So there really wasn't enough time between the big bang and when we're studying these things
168	00:13:32:20	00:13:35:23	de devenir aussi massifs.	for them to grow to such large sizes.
169	00:13:37:21	00:13:41:29	- Les trous noirs supermassifs sont les poids lourds de l'univers.	-Supermassive black holes are the heavyweights of the early universe.
170	00:13:43:01	00:13:47:16	Certains font 12 milliards de fois la masse de notre Soleil.	Some weight in at 12 billion times the mass of our Sun.
171	00:13:48:26	00:13:54:16	C'est un grand mystère de l'univers. Comment ont-ils grossi aussi vite ?	How they grew so gigantic so quickly has been one of the biggest mysteries in cosmology.
172	00:13:55:09	00:13:57:28	Nous avons peut-être la réponse.	Until, perhaps, now.
173	00:14:00:10	00:14:04:08	Certains chercheurs pensent que ces trous noir précoces	Some scientists believe the beginning of these early black holes
174	00:14:04:13	00:14:07:19	pourraient provenir d'une super étoile étrange	could have been formed by a strange super-star
175	00:14:07:24	00:14:09:22	appelée étoile noire.	called a dark star.

176	00:14:11:00	00:14:16:04	- Ces étoiles seraient les premières à prendre forme dans l'univers.	-Dark stars would be The very first stars to form in the universe.
177	00:14:16:15	00:14:20:01	Elles seraient apparues après 200 millions d'années.	So they formed when the universe is about 200 million years old.
178	00:14:20:16	00:14:22:16	Des astres très précoces,	These are very early objects,
179	00:14:22:23	00:14:26:08	faits de matière normale, d'hydrogène et d'hélium,	they are made of ordinary matter, they are made of hydrogen and helium,
180	00:14:26:22	00:14:29:08	mais alimentés par la matière noire.	But they're powered by dark matter.
181	00:14:31:28	00:14:37:21	- Selon Katherine Freese, l'énorme gravité des étoiles géantes	-Katie Freese believes that as these giant early stars formed in the early universe
182	00:14:38:09	00:14:43:15	attire de la matière noire dans leur noyau.	their enormous gravity dragged dark matter particles into their cores.
183	00:14:46:05	00:14:50:27	Ces particules entrent en collision, et libèrent beaucoup d'énergie.	These particles smashed into each other, releasing bursts of energy.
184	00:14:52:16	00:14:54:08	- En entrant en collision,	-Whenever they encounter each other,
185	00:14:54:14	00:14:58:04	elles s'annihilent, et se transforment en autre chose.	they annihilate and turn into something else.
186	00:14:58:10	00:15:01:00	Ça libère beaucoup d'énergie.	That means a lot of heat is released, a lot of energy.
187	00:15:01:05	00:15:04:25	Et cette énergie pourrait alimenter les étoiles.	And it's that energy that could power stars.
188	00:15:07:17	00:15:10:14	- Les réaction internes de certaines étoiles	-So it's possible that in some stars,
189	00:15:10:19	00:15:14:14	pourraient être alimentées par la matière noire.	their internal reactions are actually being powered by dark matter.
190	00:15:14:25	00:15:19:21	L'annihilation de la matière noire entretient leurs réactions.	Effectively dark matter annihilation is providing energy to keep these stars lit up.
191	00:15:24:16	00:15:29:09	- C'est assez remarquable, car 0,01% de matière noire suffit	-It's quite remarkable because you only need one part in 10.000 of dark matter
192	00:15:29:14	00:15:32:07	pour alimenter une étoile géante.	to power an entire giant star.
193	00:15:35:22	00:15:42:16	- Ceci permet aux étoiles noires d'atteindre une taille gigantesque.	-The energy from dark matter annihilations allowed the dark stars to become super large.
194	00:15:43:04	00:15:45:17	- Ces astres précoces sont étranges.	-These early objects are really strange.
195	00:15:45:22	00:15:49:16	Ils sont très froids, et ils sont vraiment énormes.	They're very cool, and they're really really big.
196	00:15:49:24	00:15:53:21	Leur taille est dix fois supérieure	The size of these things is 10 times the size
197	00:15:53:28	00:15:56:20	à la distance entre le Soleil et la Terre.	the distance between the Sun and the Earth.

198	00:15:56:25	00:16:01:26	Elles sont donc énormes, froides, et alimentées par la matière noire.	So they're really big, puffy, cool, and powered by dark matter annihilation.
199	00:16:04:27	00:16:10:25	- Mais quand la matière noire est épuisée, l'équilibre est rompu.	-But when their dark matter fuel ran out, these huge stars had nothing left to hold them up.
200	00:16:11:20	00:16:14:05	- Plus rien n'entretient les réactions.	-There's nothing to sustain this big puffy object.
201	00:16:14:10	00:16:16:00	L'étoile va s'effondrer.	It's gonna collapse.
202	00:16:16:11	00:16:19:23	Si elle est assez massive, elle devient un trou noir.	If it's big enough, you collapse directly to a black hole.
203	00:16:21:24	00:16:24:12	- Puisque l'étoile est très massive,	-Because The collapsing star was so huge
204	00:16:24:19	00:16:28:23	le trou noir qu'elle forme est aussi supermassif.	the new black hole it formed was also supermassive.
205	00:16:30:14	00:16:35:09	- Si les étoiles noires existent, un trou noir pourrait naître massif.	-If dark stars exist, then black holes could be born big.
206	00:16:35:26	00:16:38:07	La matière noire pourrait engendrer	So because of dark matter, you could start with
207	00:16:38:12	00:16:41:04	ces trous noirs très tôt dans l'univers.	very very massive black holes early in the universe.
208	00:16:41:10	00:16:45:19	Mais seulement si la matière noire alimente ces étoiles précoces.	But that's only because you have the dark matter to power these early stars.
209	00:16:46:27	00:16:50:20	La matière noire aurait posé les fondations de l'univers :	-dark matter may have helped form the basic units of our universe -
210	00:16:51:20	00:16:53:24	les étoiles et les trous noirs.	stars and black holes.
211	00:16:55:29	00:17:01:09	Mais son influence serait-elle plus grande encore ?	But did the reach of this mysterious puppet master stretch even further?
212	00:17:02:00	00:17:06:06	La distribution des galaxies suit certaines tendances	There are patters in the distribution of galaxies and galaxy clusters
213	00:17:06:18	00:17:10:20	que la matière normale ne peut pas expliquer.	that normal matter alone can't explain.
214	00:17:20:04	00:17:25:25	Le Soleil n'est qu'une étoile parmi 200 milliards dans la galaxie.	Our home star, the Sun, is just one of 200 million stars that make up our galaxy.
215	00:17:27:19	00:17:30:29	Mais d'où vient ce vaste groupe d'étoiles ?	But how did this vast collection of stars first form?
216	00:17:33:09	00:17:37:04	Si on applique un filtre imaginaire à matière noire,	View the milky way with imaginary dark matter goggles,
217	00:17:37:15	00:17:39:14	on trouve un indice :	and you'll find a clue.
218	00:17:41:05	00:17:45:04	un halo de matière noire entourant la galaxie.	A halo of dark matter surrounding the galaxy.
219	00:17:46:08	00:17:51:20	- Un halo de matière noire apporte plus de gravité,	-A dark matter halo helps a galaxy form simply by

220	00:17:51:25	00:17:54:23	ce qui favorise la formation de la galaxie.	providing gravity to pull things together, catalysing it.
221	00:17:54:28	00:17:59:17	- Elle s'est peut-être formée ainsi. La gravité de cette structure	-And that may have allowed our galaxy to form. The gravity from this huge construct
222	00:17:59:22	00:18:03:06	a attiré la matière et formé la galaxie en son milieu.	Brought regular matter in to form the milky way in the middle.
223	00:18:05:23	00:18:07:09	- Auparavant, on pensait	-Astronomers used to think
224	00:18:07:14	00:18:11:20	que la répartition des galaxies dans l'univers était aléatoire.	the distribution of galaxies throughout the universe was random.
225	00:18:12:05	00:18:16:08	Mais des observation récentes révèlent une chose incroyable :	Bu recent observations have discovered something extraordinary-
226	00:18:16:22	00:18:21:11	des filaments de galaxies qui s'étendent à travers l'univers	walls of interlinked galaxies that stretch trough space
227	00:18:21:16	00:18:24:08	sur des millions d'années-lumière.	for millions and millions of light-years.
228	00:18:25:13	00:18:28:04	- On a fait une découverte importante :	-One of The most amazing discoveries of the last few decades
229	00:18:28:14	00:18:33:04	les galaxies s'assemblent en filaments gigantesques.	is that galaxies formed these vast superstructures that actually span the known universe.
230	00:18:33:08	00:18:35:17	Le Grand Mur est un de ces filaments,	The Great Wall is a filament of galaxies
231	00:18:35:22	00:18:39:09	long de centaines de millions d'années-lumière.	that stretches hundreds of millions of light-years.
232	00:18:40:25	00:18:44:20	- Pour comprendre comment ces filaments se forment,	-To understand how these vast galactic structures formed
233	00:18:44:25	00:18:46:25	on utilise des télescopes	astronomers use telescopes
234	00:18:47:03	00:18:51:29	tels que l'ALMA, Atacama Large Millimeter Array.	like the Atacama Large Millimeter Array, or ALMA for short.
235	00:18:53:18	00:18:56:28	C'est un réseau de 66 radiotélescopes,	It's an array of 66 radio telescopes.
236	00:18:57:06	00:19:01:10	si puissant qu'il peut voir des milliards d'années en arrière,	It's so powerful, it can peer back billions of years,
237	00:19:01:26	00:19:05:15	jusqu'à la formation des premiers filaments.	to the formation of the earliest galactic structures.
238	00:19:06:10	00:19:09:23	- ALMA peut remonter dans l'histoire de l'univers	-Now ALMA can actually look back into the history of the universe
239	00:19:09:29	00:19:13:22	et observer les jeunes galaxies former ces structures,	and see similar structures being formed by these giant baby galaxies,
240	00:19:13:28	00:19:16:21	comme un proto Grand Mur.	sort of a proto Great Wall.
241	00:19:19:16	00:19:24:08	- ALMA nous donne un aperçu de l'adolescence de l'univers.	-ALMA gives us a snapshot of how the adolescent universe evolved.

242	00:19:26:00	00:19:28:15	Lors de l'expansion de l'univers,	It shows us that as the universe expanded,
243	00:19:28:21	00:19:32:02	les galaxies s'alignent sur leurs voisines,	the new-born galaxies aligned with their neighbours.
244	00:19:33:19	00:19:38:27	comme si l'expansion de l'univers produisait des filaments collants.	It was as if the expanding universe was producing sticky filaments.
245	00:19:39:04	00:19:43:21	La matière construisant les galaxies adhère à ces filaments,	And the materials building new galaxies were sticking to this threads,
246	00:19:44:00	00:19:46:23	comme une mouche sur une toile d'araignée.	like flies to a spider's silk.
247	00:19:47:08	00:19:51:14	Il s'avère que ces filaments sont de la matière noire.	It turns out, these invisible filaments are dark matter.
248	00:19:52:13	00:19:57:24	- Comme un échafaud de matière noire qui attire la matière normale.	-It's like a scaffolding of dark matter that was pulling normal matter into it.
249	00:20:00:16	00:20:01:29	- Durant l'expansion ,	-As the universe expanded,
250	00:20:02:04	00:20:06:26	les amas de matière noire ont grandi moins vite que le reste.	the original clumps of dark matter didn't expand as quickly as the rest.
251	00:20:07:28	00:20:10:11	Ils collent comme un caramel gluant,	They stuck together like sticky toffee,
252	00:20:10:17	00:20:14:06	et leur puissante gravité les étire en filaments.	with their powerful gravity shaping them into filaments.
253	00:20:15:16	00:20:19:15	Ces filaments ont tissé une toile de brins de matière noire	The filaments formed a sprawling web of dark matter strands
254	00:20:19:23	00:20:22:09	qui s'étend à travers l'univers.	stretching throughout the universe.
255	00:20:23:29	00:20:28:10	La gravité de cette toile a ensuite attiré la matière normale.	The gravity of this dark matter web then dragged in normal matter,
256	00:20:28:17	00:20:31:07	Elle s'agglomère aux croisements,	which built up where the filaments meet,
257	00:20:32:06	00:20:35:28	et finit par s'effondrer pour former les galaxies.	and eventually collapsed to form galaxies.
258	00:20:37:09	00:20:39:29	Les filaments épais attirent plus de gaz,	The thicker filaments pulled in the most gas.
259	00:20:40:04	00:20:43:20	servant de fondations aux amas de galaxies.	providing the building blocks for galaxy clusters.
260	00:20:45:09	00:20:48:03	- Le gaz est attiré par ces filaments,	-They actually fall On these tremendous filaments across the universe.
261	00:20:48:08	00:20:52:00	qui sont longs de millions d'années-lumière.	Hundreds of millions of light-years across
262	00:20:52:03	00:20:57:20	Ce sont des structures titanesques, impossibles sans la toile.	We're talking about tremendously large structures. But they would not exist if it weren't for dark matter.

263	00:20:58:02	00:21:02:10	Et les galaxies ont pu se former grâce à cette structure.	And the galaxies themselves were able to form because of this structure.
264	00:21:02:22	00:21:06:29	Les galaxies, les étoiles, les planètes et vous aujourd'hui	There are galaxies and stars and planets, and you here today,
265	00:21:07:07	00:21:11:06	existent tous grâce à elle, et à son rôle d'architecte.	that's because of the dark matter providing the framework
266	00:21:13:05	00:21:17:11	- Tout comme la trame d'une ville détermine où sont les bâtiments,	-Just like a grid system In a city defines where the buildings are going to be,
267	00:21:17:21	00:21:21:22	les galaxies s'agrègent autour de la trame cosmique.	galaxies assemble themselves around the cosmic grid.
268	00:21:22:01	00:21:27:01	- Les urbanistes sur terre s'inspirent de l'univers, on dirait.	-It seems like city planners here On Earth have been following the lead of the universe.
269	00:21:27:11	00:21:31:22	Sauf qu'ils utilisent des routes, pas de la matière noire.	Except those planners use road in place of dark matter.
270	00:21:32:06	00:21:34:16	New York est l'exemple parfait.	New York is the perfect example.
271	00:21:35:05	00:21:38:01	- Imaginez New York sans routes.	-Let's imagine New York City without roads.
272	00:21:38:20	00:21:43:17	Il n'y aurait plus aucune structure. Tout s'effondrerait.	There would be no structure, no foundation. And the whole thing would fall apart.
273	00:21:44:26	00:21:49:01	Quand on a conçu la ville, on a commencé par la trame,	When people first designed the city, they laid down the grid,
274	00:21:49:12	00:21:52:20	on a construit les rues, les fondations de la ville.	they built the roads, and that was really the foundation.
275	00:21:52:29	00:21:55:16	Les bâtiments sont arrivés après.	And then later on they built the buildings.
276	00:21:56:18	00:22:01:14	- Tout comme la matière noire transporte la matière des galaxies,	-Just like The dark matter web transported the building materials for galaxies,
277	00:22:02:02	00:22:06:00	les rues de New York ont amené le ciment et l'acier	New York's grid of roads brought the steel and concrete
278	00:22:06:05	00:22:08:11	pour construire ses bâtiments.	to build its city blocks.
279	00:22:08:25	00:22:13:11	- La matière noire est la fondation, la structure cosmique,	-It's the dark matter that gives you the foundation, gives you the cosmic structure
280	00:22:13:22	00:22:17:07	et ce n'est que plus tard que la matière normale	and then later on, the normal matter fell into
281	00:22:17:12	00:22:19:20	forme les galaxies et les amas.	the galaxies and the clusters that we see today.
282	00:22:20:28	00:22:24:26	- L'élégance de ces découvertes me laisse sans voix.	-The elegance of This newly discovered structure of the universe really astounds me.
283	00:22:25:06	00:22:28:24	Cette toile de matière noire crée une sorte d'autoroute	You have this web of dark matter, and it almost creates highways
284	00:22:28:29	00:22:31:29	qu'emprunte la matière normale.	for regular matter to fall into these nexuses.

285	00:22:32:08	00:22:35:28	Et c'est là que se forment les plus grandes galaxies.	And that's where you form the biggest, brightest galaxies.
286	00:22:38:25	00:22:41:08	- Plus on étudie la matière noire,	-The more cosmologists study dark matter,
287	00:22:41:14	00:22:46:29	plus on comprend son importance dans l'évolution de l'univers.	the more they see the crucial role it's played in shaping the universe we see today.
288	00:22:48:05	00:22:51:25	Mais malgré ces découvertes,	But despite these insights into our origins,
289	00:22:52:02	00:22:56:23	les chercheurs ne savent pas encore ce qu'est vraiment la matière noire.	scientists still don't know what dark matter actually is.
290	00:22:58:09	00:23:02:18	Comment mesurer quelque chose qu'on ne peut ni toucher ni sentir ?	How do you measure something that you can't see or feel?
291	00:23:14:15	00:23:19:25	Ces 50 dernières années, une découverte inouïe a été faite.	In the last 50 years, astronomers have discovered something incredible about our universe-
292	00:23:21:20	00:23:26:13	Une force invisible contrôle l'univers : la matière noire.	it's controlled by an invisible puppet master called dark matter.
293	00:23:29:03	00:23:33:13	Elle a créé et organisé la structure de l'univers.	Dark matter created and organized the large-scale structure of our universe.
294	00:23:36:01	00:23:39:19	Elle a même peut-être créé les atomes dans votre corps.	It may have even created the atoms that make up your body.
295	00:23:42:03	00:23:45:09	Mais elle est insondable, car on ne peut ni la voir,	But it remains a mystery because we can't see it, feel it,
296	00:23:45:14	00:23:48:00	ni la mesurer directement.	or measure it directly.
297	00:23:51:10	00:23:56:00	- Mais on sait une chose : elle n'interagit pas avec la lumière.	-One of The properties of dark matter that we know for sure is that it doesn't interact with light.
298	00:23:56:03	00:24:01:19	Elle ne brille pas, n'interagit pas, donc si on pointe un laser dessus,	It doesn't shine, it doesn't interact with light, and so if you shine a laser beam on dark matter
299	00:24:01:24	00:24:05:04	il passe à travers, il ne fait rien du tout.	the laser beam goes right through, it doesn't do anything.
300	00:24:06:06	00:24:08:22	- «Matière noire» est un peu trompeur.	-The term dark matter might be a little bit misleading.
301	00:24:08:26	00:24:12:05	Ce serait plutôt une «matière transparente».	maybe the real term for this stuff is transparent matter.
302	00:24:12:10	00:24:15:27	Mais c'est une peut moins cool que «matière noire».	But somehow that doesn't sound quite as cool as dark matter.
303	00:24:16:20	00:24:18:29	- Mais si on ne peut pas la voir,	-So if we can't see dark matter,
304	00:24:19:09	00:24:22:07	pourquoi est-on si sûr qu'elle existe ?	why are scientists so sure it's there?
305	00:24:23:07	00:24:28:04	- On utilise la gravité pour détecter la matière noire.	- We know dark matter's there the same way many things are there that we can't see. We use gravity

306	00:24:28:11	00:24:32:16	La lumière ne l'influence pas, mais elle obéit à la gravité.	Dark matter may not interact with light, but it interacts with gravity.
307	00:24:33:18	00:24:36:02	- En étudiant	-It's only by studying the motions of stars,
308	00:24:36:08	00:24:39:21	des galaxies et des amas, on s'est rendu compte	even the motion of galaxies, and the clustering of galaxies do we know
309	00:24:39:27	00:24:43:02	que quelque chose manque, qui a de la masse,	that there's a lot of extra stuff out there that has mass,
310	00:24:43:07	00:24:48:14	qui oriente les étoiles et galaxies dans des directions inattendues.	that's directing these stars and galaxies to move in ways that are somewhat unexpected.
311	00:24:50:11	00:24:54:12	- Le premier à découvrir le mouvement inhabituel des galaxies	-The first person to detect this unusual movement in galaxies
312	00:24:54:18	00:24:57:25	fut l'astronome Fritz Zwicky, dans les années 30.	was astronomer Fritz Zwicky, in the 1930s.
313	00:24:59:04	00:25:02:03	Avec un télescope de 16 pouces personnalisé,	Using a custom-built 16-inch telescope,
314	00:25:02:08	00:25:07:27	il étudie l'interaction des galaxies dans un groupe compact de galaxies,	he studied how multiple galaxies interact inside a tight grouping of galaxies,
315	00:25:08:10	00:25:09:23	qu'on appelle un amas.	known as a cluster.
316	00:25:11:09	00:25:14:09	- Zwicky étudiait le mouvement des galaxies,	-Fritz Zwicky studying The motions of galaxies and clusters, and what he saw
317	00:25:14:15	00:25:18:17	et il a remarqué qu'elles bougeaient trop vite.	is that these galaxies were moving too fast.
318	00:25:20:18	00:25:24:16	Chaque concentration de masse a une vitesse de libération.	Every concentration of matter has, associated with it, an escape velocity.
319	00:25:24:29	00:25:29:23	Si on dépasse cette vitesse, on échappe à la gravité du système.	And if you're moving faster than the escape velocity, you should no longer be a part of that system.
320	00:25:32:05	00:25:36:11	- Si une fusée va assez vite, elle échappe à la gravité terrestre.	-Just as a rocket can escape Earth's gravity if it's traveling fast enough,
321	00:25:37:24	00:25:41:04	Une galaxie devrait pouvoir échapper à son amas	A galaxy should break away from a galaxy cluster
322	00:25:41:10	00:25:43:09	si elle se déplace assez vite.	if it's moving with enough speed.
323	00:25:44:08	00:25:47:12	Zwicky a remarqué que les galaxies de l'amas Coma	Zwicky noticed that the galaxies in the Coma cluster
324	00:25:47:17	00:25:52:07	se déplaçaient assez vite pour se détacher de leurs voisines.	should be moving fast enough to escape the gravitational pull of their neighbors.
325	00:25:53:01	00:25:56:12	Mais au lieu d'être éparpillées dans l'univers,	But instead of speeding off into different parts of the universe,
326	00:25:56:26	00:26:00:11	elles restaient liées ensemble.	the galaxies remained bound together.

327	00:26:03:27	00:26:07:24	Zwicky a émit l'hypothèse qu'une matière massive inconnue	Zwicky thought some unknown material was adding mass,
328	00:26:08:01	00:26:13:23	ajoutait de la gravité au système et maintenait les galaxies ensemble.	and therefore, extra gravity to the system, holding the galaxies in place.
329	00:26:18:17	00:26:21:02	- Il y a peut-être quelque chose en plus,	-Maybe there's something extra there
330	00:26:21:07	00:26:25:02	qui est responsable de cette gravité supplémentaire.	that's providing more gravity than we can account for based on what we see.
331	00:26:26:24	00:26:32:06	- À l'époque, l'hypothèse de Zwicky sur cette gravité mystérieuse	At the time, Zwicky's ideas for this unexplained source of extra gravity
332	00:26:32:19	00:26:34:10	est totalement ignorée.	fell on deaf ears.
333	00:26:34:24	00:26:37:18	- Zwicky n'était pas très aimable,	-Zwicky was a very unlikable fellow.
334	00:26:37:27	00:26:41:05	et exaspérait nombre de ses collègues.	and I think infuriated many of his colleagues, and that
335	00:26:41:15	00:26:45:24	Cela peut avoir contribué à ce qu'on ignore ses idées.	perhaps, was another reason they were less willing to accept his suggestion.
336	00:26:46:04	00:26:50:03	Mais il était aussi très en avance sur son temps,	The other is that I think he was so ahead of his time as a scientist
337	00:26:50:10	00:26:53:14	et la communauté scientifique a dû le rattraper.	that it just took time for the rest of the community to catch up.
338	00:26:57:03	00:26:59:01	- Il aura fallu 30 ans	-It took another 30 years,
339	00:26:59:06	00:27:02:25	et une découverte cruciale par l'astronome Vera Rubin	and a crucial discovery by astronomer Vera Rubin
340	00:27:03:00	00:27:06:04	pour que la matière noire soit reconnue.	before dark matter made it into the textbooks.
341	00:27:08:06	00:27:10:17	- Vera Rubin étudiait les galaxies.	-Vera Rubin was looking at galaxies themselves,
342	00:27:10:29	00:27:15:23	Le gaz et les étoiles des galaxies vont dans une certaine direction.	Now galaxies are collections of gas and stars and dust, and they have an overall motion.
343	00:27:16:00	00:27:21:05	Notre Voie lactée est un disque, orbitant autour de son centre.	Our milky was galaxy is a disk, and that disk is moving around the center of the galaxy.
344	00:27:21:29	00:27:25:09	- Donc les étoiles au centre devraient aller vite,	-The stars In The middle of The galaxy you expect to go very fast,
345	00:27:25:15	00:27:28:28	et les étoiles plus éloignées devraient être lentes.	and the starts at the outskirts of the galaxy you expect to go around very slowly.
346	00:27:29:03	00:27:34:12	Comme autour du Soleil, les planètes proches vont plus vite.	Just like the inner planets go around the Sun very quickly and the outer planets go around the Sun much more slowly.

347	00:27:35:07	00:27:37:14	- Elle découvre que la périphérie	- What she found was that the outskirts of a galaxy
348	00:27:37:19	00:27:41:22	orbite à la même vitesse que les régions plus centrales.	were spinning around the galaxy at the same speed as parts that were closer in,
349	00:27:41:27	00:27:44:03	Ça n'avait aucun sens.	and that didn't make any sense.
350	00:27:45:02	00:27:47:28	- Les étoiles semblaient figées,	-The stars of the galaxy appeared to be fixed,
351	00:27:48:05	00:27:51:21	comme si elles collaient sur le disque galactique.	almost as if they were glued to a giant spinning wheel.
352	00:27:54:27	00:27:59:26	- La seule explication est qu'il y a de la gravité supplémentaire,	-And The only way that can be is if there's some additional gravity there, some additional stuff there,
353	00:28:00:04	00:28:04:24	qui ajoute de la masse et accélère les étoiles périphériques.	that's adding mass, that's adding gravity, that's making those outer stars go faster.
354	00:28:06:21	00:28:09:24	- La seule solution est que ce disque galactique	-The only conclusion was that the spinning wheel
355	00:28:09:29	00:28:15:07	est influencé par quelque chose de massif, totalement invisible.	was being affected by something very massive. And completely invisible.
356	00:28:16:16	00:28:22:12	Quand les chercheurs ont vérifié l'existence de cette masse,	When astronomers turned their telescopes to see for themselves if this invisible mass was real
357	00:28:23:01	00:28:27:16	ils ont trouvé des preuves presque partout où ils cherchaient.	they found evidence for it almost everywhere they looked.
358	00:28:30:25	00:28:34:04	- De plus en plus de monde a reproduit ces résultats,	-As more and more other people were able to replicate what they had done,
359	00:28:34:23	00:28:38:15	et on s'est rendu compte que Fritz et Vera avaient raison.	people started to realize wow, you know, «Fritz and Vera were right».
360	00:28:39:02	00:28:42:12	Cette matière bizarre existe.	This weird stuff is really out there.
361	00:28:43:15	00:28:45:12	- Et il n'y en a pas qu'un peu.	-And there's not only just a little bit.
362	00:28:46:10	00:28:50:29	- En fait, la matière noire représente la majorité des galaxies.	Every galaxy, essentially, is dominated by dark matter.
363	00:28:53:03	00:28:55:21	- Donc on sait qu'elle existe.	-Now, we know the dark matter is out there.
364	00:28:56:07	00:29:00:29	Mais on est toujours très loin de comprendre ce qu'elle est.	But we're still no closer to working out what it actually is.
365	00:29:02:01	00:29:05:23	Ce pourrait être une particule WIMP,	We think it may be a particle called a WIMP.
366	00:29:06:08	00:29:08:24	ou bien toute une famille de particules	But it could be a whole family of particles,
367	00:29:09:02	00:29:12:23	qui forment des atomes et des molécules de matière noire.	that form dark atoms and dark molecules.
368	00:29:13:01	00:29:17:02	Peut-être qu'il y a tout un univers de matière noire,	Perhaps an entire dark universe is out there,

369	00:29:17:11	00:29:19:29	rempli de planètes noires invisibles,	filled with invisible dark planets,
370	00:29:20:13	00:29:25:14	et illuminé par la lumière noire de ses étoiles noires.	and illuminated by the dark light of their dark stars.
371	00:29:35:27	00:29:40:14	Les chercheurs s'échinent à révéler la nature de la matière noire.	Scientists are struggling to uncover the true identity of dark matter.
372	00:29:43:15	00:29:48:06	Aujourd'hui, le meilleur candidat est la particule théorique, le WIMP.	To date, the best candidate is a theoretical particle walled a WIMP.
373	00:29:49:03	00:29:52:25	Mais un WIMP peut traverser la matière, tel un fantôme,	But because WIMP can pass through ordinary matter like a ghost,
374	00:29:53:01	00:29:56:03	et les chercheurs rentrent bredouilles.	the researchers have been left empty-handed.
375	00:30:00:20	00:30:04:21	- À l'instant, de la matière noire pourrait me passer à travers,	-Not only could dark matter be going through me right now, but...
376	00:30:05:10	00:30:09:00	c'est en fait presque certain, mais je ne la remarque pas.	it almost certainly is, and I'm just not noticing it.
377	00:30:11:12	00:30:16:03	C'est pour ça qu'on construit tous ces détecteurs sur Terre.	This is why we're building these very fancy detectors here on Earth.
378	00:30:16:11	00:30:17:29	On veut en attraper.	To try to catch them.
379	00:30:20:14	00:30:23:27	- Jusqu'à ce qu'on capture et qu'on analyse un WIMP,	-Until scientists can capture or analyse a WIMP,
380	00:30:24:07	00:30:25:29	tout est possible.	all bets are off.
381	00:30:28:14	00:30:32:28	- Le problème de la théorie WIMP est qu'on en a trouvé aucun.	-The main challenge for The WIMP theory is that we simply haven't found any WIMPs yet.
382	00:30:33:11	00:30:36:18	Et ça fait longtemps qu'on cherche.	And we've been looking pretty hard, for a lot of years, and...
383	00:30:37:00	00:30:38:29	Ça commence à devenir gênant.	pretty soon it's gonna start to get embarrassing.
384	00:30:40:24	00:30:43:23	- La solution n'est peut-être pas là.	-Perhaps dark matter isn't made of WIMPs.
385	00:30:44:08	00:30:46:26	La nature de la matière noire	Perhaps the stuff that makes up dark matter
386	00:30:47:02	00:30:51:01	pourrait être plus complexe et bizarre qu'on ne l'imaginait.	is stranger and more complex than we ever thought possible.
387	00:30:51:16	00:30:53:28	- La matière a de nombreuses formes :	-We know that regular matter comes in many different forms
388	00:30:54:02	00:30:58:00	les électrons, les protons, les neutrons, les quarks...	There are electrons and protons, neutrons, quarks, all of those.
389	00:30:59:02	00:31:02:09	Pourquoi imaginer un seul type de matière noire ?	Why should we assume there's only one kind of dark matter?
390	00:31:02:27	00:31:06:18	- On se trompe peut-être. Plutôt qu'une seule particule,	-Our approach could be all wrong, instead of looking a single type of particle,

391	00:31:06:24	00:31:09:18	il pourrait y en avoir une myriade.	there could be an entire zoo of dark matter particles.
392	00:31:12:15	00:31:17:14	- Les particules normales forment des atomes et des molécules,	-Particles of ordinary matter interact with each other to form atoms and molecules.
393	00:31:17:22	00:31:19:27	la matière que nous connaissons.	The stuff we touch and see.
394	00:31:21:16	00:31:26:05	Plusieurs types de matière noire pourraient faire la même chose :	If dark matter is made from different particles, it could do the same.
395	00:31:27:00	00:31:31:10	interagir, créer des atomes ou des molécules de matière noire.	Interacting and building dark atoms of dark stuff.
396	00:31:32:26	00:31:37:01	Peut-être même tout un univers de matière noire.	Perhaps even a universe of dark materials.
397	00:31:39:29	00:31:43:10	- Si la matière noire interagit avec elle-même,	-If We can show that dark matter interacts with itself,
398	00:31:43:16	00:31:48:28	cela signifie qu'elle peut former des étoiles et des galaxies,	that means there really could be dark matter galaxy, dark matter stars and people
399	00:31:49:05	00:31:52:07	partout autour de nous, totalement inconnues.	all around us right now, that we weren't aware of.
400	00:31:54:22	00:31:58:08	- Un tel secteur noir pourrait-il vraiment exister ?	-Could This shadowy dark universe really exist?
401	00:32:03:22	00:32:06:26	En 2012, le télescope à rayons X Chandra	In 2012, the Chandra X-ray telescope
402	00:32:07:04	00:32:11:21	apporte un premier indice sur cette interaction.	gave astronomers the first clue to whether dark matter interacts.
403	00:32:14:27	00:32:19:02	Il a observé la collision de deux amas de galaxies,	The telescope observed the collision of two galaxy clusters,
404	00:32:19:07	00:32:22:04	contenant chacun des centaines de galaxies.	each packed with hundreds of galaxies.
405	00:32:26:23	00:32:32:05	Son but: examiner la matière noire des amas.	Astronomers hope to see what would happen to the dark matter inside those clusters.
406	00:32:32:15	00:32:35:15	Va-t-elle montrer un signe d'interaction ?	Would it show any signs of interacting?
407	00:32:36:12	00:32:39:14	- Que fera la matière noire lors de la collision ?	-What does The dark matter do when these clusters collide?
408	00:32:39:23	00:32:41:19	C'est là la question.	Well, that's the big question.
409	00:32:42:02	00:32:45:22	Va-t-elle s'entrechoquer et ralentir ?	When the clusters come together, does the dark matter smack and drag?
410	00:32:45:27	00:32:47:28	Va-t-elle se passer au travers ?	Or does it go right on through?
411	00:32:48:03	00:32:52:15	Si on peut mesurer la différence, on aura notre réponse.	If we can measure that difference, we can tell does the dark matter self-interact or not.
412	00:32:55:09	00:32:58:09	- Les galaxies se passent au travers.	-The galaxies pass through each other.

413	00:32:59:28	00:33:01:29	Mais elles laissent une trace :	But something is left behind -
414	00:33:04:10	00:33:06:26	un fragment de matière noire.	A tangle of dark matter.
415	00:33:08:20	00:33:12:13	- Un peu de matière noire s'est détachée, on dirait.	-It looks like there's some extra dark matter that's been left behind in the middle.
416	00:33:12:21	00:33:17:27	Comme si, lors de la collision, il y avait eu une attraction	So it looks like as these two dark matter balls have come together, there's been some extra drag,
417	00:33:18:02	00:33:22:22	qui aurait détaché un peu de matière noire des amas.	and that drag has deposited, has left a bit of dark matter kind of sitting in-between.
418	00:33:25:05	00:33:31:02	-Cela signifie que la matière noire dans les amas a dû interagir.	-To produce the drag, the dark matter in the colliding galaxy clusters must have interacted.
419	00:33:33:29	00:33:36:10	Si cette observation est confirmée,	If this observation turns out to be correct,
420	00:33:36:15	00:33:40:24	cela signifie que certains types de matière noire interagissent.	it means that some dark matter interacts with itself.
421	00:33:42:22	00:33:44:10	- Si ça tient debout,	-If that signal holds up,
422	00:33:44:14	00:33:49:19	c'est une détection exceptionnelle d'interaction de la matière noire.	then it could be a really smoking-gun detection of self-interacting dark matter.
423	00:33:50:12	00:33:52:27	- Ça changerait tout.	-And that would be a game-changer.
424	00:33:54:06	00:33:58:25	- Des planètes ou des créatures de matière noire pourraient exister.	-Perhaps there could be dark matter planets, and dark matter living entities.
425	00:33:59:04	00:34:04:11	- Tout un univers de matière noire, si vous voulez, d'objets cachés.	-There could be a hidden dark matter universe if you wish, of hidden dark matter objects.
426	00:34:04:17	00:34:09:08	Ça va un petit peu loin, mais ce n'est pas impossible.	It stretches the limits of plausibility, but it's not impossible.
427	00:34:12:12	00:34:17:11	- Si ce secteur noir existe, même la lumière noire est possible.	-If this dark sector really exists, there could even be dark light.
428	00:34:18:15	00:34:20:29	- Donc Imaginez ce secteur noir.	-So imagine you have this dark matter universe,
429	00:34:21:09	00:34:23:11	Il a son propre rayonnement,	and it has this dark matter radiation,
430	00:34:23:22	00:34:27:16	qui peut voyager en une onde qu'on appelle «lumière noire».	and this dark radiation can travel in waves that we call dark light,
431	00:34:27:20	00:34:32:28	Avec des lunettes appropriées, vous pourriez le voir	then maybe you can put on your dark glasses and actually view this dark universe
432	00:34:33:06	00:34:35:02	grâce à la lumière noire.	via the dark light.
433	00:34:37:01	00:34:41:15	- L'interaction de la matière noire suggère un secteur caché.	-Interacting dark matter suggests invisible worlds next to our own.
434	00:34:43:22	00:34:48:04	Mais ces idées sont-elles sensées, ou juste de la science-fiction ?	But are these visions real? Or just a sci-fi fantasy?

435	00:34:50:19	00:34:54:06	- Selon moi, des planètes, des étoiles de matière noire	-I think dark matter stars, dark matter planets,
436	00:34:54:12	00:34:58:06	ou encore des gens, c'est plutôt de la science-fiction.	dark matter people are more in the realm of science fiction at this point.
437	00:34:59:16	00:35:02:14	- Il est tout de même extrêmement improbable	-It would require a plethora of tooth fairies
438	00:35:02:25	00:35:05:28	que ce secteur noir soit aussi complexe	to imagine that the dark sector is that complicated
439	00:35:06:03	00:35:08:17	et qu'il ressemble au nôtre.	to actually reproduce something like our sector.
440	00:35:08:23	00:35:12:15	Des planètes, des gens, des séries télé noires...	In order to have dark planets and dark people and dark TV shows,
441	00:35:12:25	00:35:16:02	C'est vrai, certains en font l'hypothèse,	It's... people have imagined it, I'm not saying they haven't,
442	00:35:16:08	00:35:20:26	mais c'est tout de même une grande extrapolation.	but it certainly stretches the realm of possibility.
443	00:35:21:06	00:35:25:14	- Il y a tant de matière noire que l'avenir de l'univers en dépend.	-there is So much dark matter out there that it controls the very fate of our universe.
444	00:35:25:19	00:35:29:23	Si même une petite fraction de la matière noire peut interagir,	If even a tiny fraction of it can interact with other forms of dark matter,
445	00:35:29:29	00:35:31:26	tout peut être possible.	then maybe all bets are off.
446	00:35:33:15	00:35:36:27	- Même une minorité de matière noire qui interagit	-Even a tiny percentage of dark matter interacting
447	00:35:37:06	00:35:41:14	pourrait grandement influencer le futur de la vie sur Terre.	could have huge implications for the future of life on Earth.
448	00:35:43:02	00:35:47:12	Une nouvelle idée controversée suggère que, dans le futur,	Because a controversial new idea suggests that in the future,
449	00:35:47:25	00:35:53:04	cette matière noire pourrait causer une pluie de météorites sur Terre.	self-interacting dark matter could hail send a hail of comets our way.
450	00:35:54:04	00:35:58:10	Comment le sait-on ? Cela s'est peut-être déjà produit.	How do we know? Because dark matter may have done it before.
451	00:36:12:10	00:36:16:17	La matière noire est la force créatrice de l'univers.	Dark matter is the dominant creative force in our universe.
452	00:36:17:09	00:36:20:27	Aurait-elle joué un rôle dans notre création ?	But could it have helped to create us too?
453	00:36:23:06	00:36:27:05	Selon certains chercheurs, la matière noire de la Voie lactée	Some scientists believe that a key moment in human evolution
454	00:36:27:11	00:36:31:24	pourrait avoir influencé une étape clé dans notre évolution.	may have been directly affected by dark matter in the Milky Way.
455	00:36:37:23	00:36:39:12	Cette théorie contestée	This controversial theory
456	00:36:39:19	00:36:43:13	se base sur l'un des pires jours de l'histoire de la Terre.	is inspired by one of the most violent days in Earth's history.

457	00:36:49:04	00:36:51:04	Il y a 65 millions d'années,	65 million years ago,
458	00:36:51:10	00:36:55:10	un objet de la taille de l'Everest s'écrase sur Terre.	an object the size of mount Everest slammed into the Earth.
459	00:36:59:06	00:37:04:11	L'impact noircit le ciel et enflamme les continents.	The impact turned the sky black, and set the continents on fire.
460	00:37:06:09	00:37:09:14	- L'impact libère autant d'énergie	-The amount of energy released in that explosion is about
461	00:37:09:21	00:37:15:05	qu'un milliard de bombes atomiques similaires à celle d'Hiroshima.	a billion times the Hiroshima atom bomb that was dropped in World War II.
462	00:37:15:27	00:37:16:28	Un milliard.	A billion times.
463	00:37:23:18	00:37:27:05	- Cet événement catastrophique marque la fin des dinosaures,	-This catastrophic event ended the age of dinosaurs
464	00:37:27:29	00:37:33:28	et ouvre la voie aux mammifères. Mais était-ce exceptionnel ?	and paved the way for our mammalian ancestors to flourish. But was it a one-off?
465	00:37:34:12	00:37:37:21	- Les grandes extinctions sont nombreuses sur Terre.	-Mass extinctions have happened on Earth multiple times
466	00:37:37:29	00:37:41:01	On peut se demander s'il y a un cycle prévisible.	So an obvious question to ask - is there any pattern?
467	00:37:41:07	00:37:45:18	Y a-t-il une période dangereuse où les extinctions sont probables ?	Is there any time that we know is more dangerous, more likely to have a mass extinction event?
468	00:37:45:26	00:37:49:26	Peut-on établir un lien entre cette période et l'univers ?	And is there anything we can link it to in the larger universe?
469	00:37:51:12	00:37:54:24	- Mike Rampino, un géologue, pense qu'il y a un cycle.	-Geologist Mike Rampino thinks there is a pattern.
470	00:37:55:10	00:37:57:19	Un cycle lié à la matière noire.	And it could be linked to dark matter.
471	00:37:58:15	00:38:01:29	- Nous étudions l'hypothèse de cycles géologiques.	-We were looking at The possibility of cycles in the geological record.
472	00:38:02:09	00:38:05:11	Un cycle de 30 millions d'années semble exister	And we found what seemed to be a 30 million-year cycle
473	00:38:05:16	00:38:07:15	dans de nombreux phénomènes.	in many kinds of geological phenomena.
474	00:38:07:21	00:38:11:16	Mais quelle pourrait être la cause d'un tel cycle ?	So what could be causing this kind of a cycle of 30 million years?
475	00:38:12:29	00:38:17:13	- Le trajet du Soleil dans la galaxie comporte un indice.	-A clue comes from the passage of The Sun around The Milky Way.
476	00:38:18:20	00:38:23:18	- Le Soleil orbite la galaxie en 250 millions d'années.	-It takes The Sun about a quarter billion years to move once around the Milky Way galaxy.
477	00:38:24:01	00:38:26:13	Mais en plus d'orbiter le centre,	But as we spin around the galaxy's centre,
478	00:38:26:20	00:38:30:10	il oscille de haut en bas à travers le disque galactique.	we also kind of bob up and down through the larger disk of the galaxy.

479	00:38:32:15	00:38:34:24	- Comme un cheval de manège,	-Weaving like a carousel horse,
480	00:38:35:01	00:38:40:26	il traverse le disque galactique tous les 30 millions d'années.	our Sun passes through the galactic place around once every 30 million years.
481	00:38:41:08	00:38:43:29	Peut-être qu'en le traversant,	And as it does this, it may also be
482	00:38:44:07	00:38:48:22	il traverse aussi une couche de matière noire.	passing through a layer of self-interacting dark matter.
483	00:38:50:17	00:38:52:05	C'est un peu spéculatif,	It's a little bit speculative, but
484	00:38:52:13	00:38:57:12	mais une partie de la matière noire pourrait former un disque,	the idea is that a very small fraction of the dark matter is able to form a disk,
485	00:38:58:02	00:39:00:04	parallèle au disque galactique.	along with the disk of our galaxy.
486	00:39:00:09	00:39:03:19	Donc sur le même plan que le soleil,	So in-between the stars, in the disk where the Sun lives,
487	00:39:03:25	00:39:08:21	il y a un disque de matière noire qui aurait des effets intéressants.	is a very very think dis of dark matter, and this could do very exciting things.
488	00:39:12:17	00:39:15:29	- Ce disque a une gravité élevée.	-This disk has a strong gravitational pull.
489	00:39:18:19	00:39:20:20	Quand le Soleil le traverse,	When our solar system passes though it,
490	00:39:20:27	00:39:24:00	la gravité du disque peut perturber l'orbite	the disk's gravity may disrupt the orbits
491	00:39:24:09	00:39:26:24	des comètes dans le système solaire,	of comets in the outer solar system
492	00:39:27:12	00:39:30:01	et les envoyer dans notre direction.	and send them hurling towards the Earth.
493	00:39:34:19	00:39:37:14	L'impact qui a tué les dinosaures	Perhaps the object that killed the dinosaurs
494	00:39:37:24	00:39:40:04	et permis l'évolution humaine	and paved the way for human evolution
495	00:39:40:22	00:39:44:00	pourrait faire partie d'un cycle d'extinctions	was just one of a series of extinction-level events
496	00:39:44:05	00:39:46:07	causées par la matière noire.	trigger by dark matter.
497	00:39:47:02	00:39:51:28	- On appelle ça l'hypothèse Shiva, d'après le dieu hindou	-We call this the Shiva hypothesis, because the god Shiva in the Hindu religion
498	00:39:52:04	00:39:54:10	de la destruction et du renouveau.	is the god of destruction and renewal.
499	00:39:54:19	00:39:58:04	Un monde est détruit, celui des dinosaures,	So on world is destroyed, the dinosaur world is destroyed,
500	00:39:58:14	00:40:01:24	et le monde des mammifères naît.	and the world of mammals and birds begins.
501	00:40:02:07	00:40:07:22	- Si c'est vrai, la matière noire est essentielle à notre existence.	-If that's true, then dark matter has played an important role in us being here.

502	00:40:07:27	00:40:10:16	Depuis le Big Bang et le début de l'univers	From the very beginning, right after the big bang,
503	00:40:10:21	00:40:15:05	jusqu'à l'évolution humaine.	all the way through the evolution of humans themselves.
504	00:40:17:17	00:40:21:19	- L'idée que la matière noire provoque des extinctions sur Terre	-The idea that dark matter caused mass extinctions on Earth is
505	00:40:22:03	00:40:23:28	est vraiment terrifiante.	frankly, terrifying.
506	00:40:25:01	00:40:29:14	Le système solaire oscille toujours à travers le disque galactique.	The Solar System is still bobbing up and down through the galactic plane.
507	00:40:30:02	00:40:34:00	Peut-être que la prochaine comète nous sera adressée.	Perhaps the next destructive comet will have our name on it.
508	00:40:37:01	00:40:41:11	Heureusement, une matière noire qui extermine les dinosaures	Fortunately for us, the theory that dark matter helped wipe out the dinosaurs
509	00:40:42:16	00:40:44:00	n'est qu'une théorie.	is just that.
510	00:40:46:05	00:40:49:10	- Là, vraiment, on spéculer sur de la spéculation.	-We are talking about speculation on top of speculation.
511	00:40:49:15	00:40:51:19	Si la matière noire agit ainsi,	If dark matter exists in this manner,
512	00:40:51:24	00:40:55:06	si ses particules interagissent entre elles	If it's made of some sort of particle that interacts with itself
513	00:40:55:11	00:41:00:19	juste assez pour former un disque, si le disque existe, si, si, si.	just enough that it forms a disk, if this disk exists, if, if, if, if.
514	00:41:01:01	00:41:04:07	L'idée est intéressante. - Si j'étais parieur,	This idea is interesting. - If I was a bookmaker here in New York,
515	00:41:04:11	00:41:07:18	je ne parierais pas sur cette théorie.	I would bet against dark matter killing the dinosaurs.
516	00:41:07:23	00:41:11:06	Mais je trouve génial qu'on se penche sur les maths et...	But I think it's great that people are doing the math more carefully and...
517	00:41:11:14	00:41:14:28	qu'on envisage ces scénarios.	Really testing these scenarios.
518	00:41:19:14	00:41:23:13	- Nos théories restent floues, mais une chose est sûre.	-The outlook is unclear, but one thing's for sure.
519	00:41:24:27	00:41:28:10	Sans la matière noire, nous n'existerions pas.	Without dark matter, we wouldn't even be here.
520	00:41:30:03	00:41:34:05	- Si l'univers aujourd'hui est plein de galaxies et d'étoiles,	-The fact that there's a universe full of matter and stars and galaxies
521	00:41:34:11	00:41:37:16	c'est grâce à la matière noire.	is due to the fact that dark matter exists.
522	00:41:38:06	00:41:42:23	- D'une certaine façon, si un enfant me demande : «D'où venons-nous ?»,	-So if some young person, in some ways, asks me «where do I come from?»,
523	00:41:43:20	00:41:46:00	je dois dire : «De la matière noire».	I have to say «from dark matter».

524	00:41:48:10	00:41:52:23	- La matière noire forme les galaxies et les dirige.	-Dark matter dictates how the galaxies form, and where they move, and where we'll go in the future.
525	00:41:54:15	00:41:58:03	- C'est l'univers de la matière noire. Pas le nôtre.	We're actually in dark matter's universe, not ours.

Épisode 7 «Battle of the Dark Universe »

1	00:00:06:18	00:00:10:18	- Une guerre sans fin sévit à travers l'univers.	-Across the universe, an endless war rages,
2	00:00:11:07	00:00:14:24	Une lutte acharnée entre deux forces invisibles.	a bitter struggle between invisible forces.
3	00:00:15:04	00:00:18:26	- Cette bataille fait rage depuis 14 milliards d'années.	-We've seen this cosmic battle go on for the past 14 billion years.
4	00:00:19:28	00:00:23:10	- Comme deux armées guerroyant dans l'espace-temps.	-Like two navies, fighting it out in the ocean of space time.
5	00:00:25:13	00:00:31:28	-La matière noire et l'énergie noire se battent pour contrôler l'univers.	Dark matter and dark energy battling for control of the universe.
6	00:00:32:19	00:00:36:27	- Elles ont façonné l'univers. Elles ne vont pas s'arrêter là.	They've shaped the entire history of the universe. They're not about to stop now.
7	00:00:37:20	00:00:40:19	Des forces obscures dictent notre passé,	Shadowy forces dictating our past,
8	00:00:41:06	00:00:43:19	notre présent, et notre futur.	our present, and our future.
9	00:00:44:04	00:00:46:28	- Telles des marionnettistes,	-The dark universe is kind of a puppet master behind the scenes,
10	00:00:47:03	00:00:48:28	elles dirigent l'univers.	guiding the universe that we can see.
11	00:00:50:09	00:00:51:26	-Elles ont la mainmise,	It's taken over the universe
12	00:00:52:01	00:00:55:07	et pourraient bien détruire l'univers un jour.	and, eventually, it may well destroy the universe.
13	00:01:17:03	00:01:19:29	- Lorsqu'on admire l'univers,	-As we look out across the universe
14	00:01:20:13	00:01:22:10	on rencontre des nébuleuses,	we see nebulas,
15	00:01:23:19	00:01:27:23	des étoiles et des planètes,	stars and planets,
16	00:01:28:11	00:01:31:10	toutes constituées de matière visible.	all constructed from visible matter.
17	00:01:32:17	00:01:37:00	Mais ce qui est visible n'est qu'une brîbe du cosmos.	But what we see is just a small part of the cosmos.
18	00:01:37:27	00:01:41:19	Le reste est invisible, inconnu.	The rest is invisible, unknown.
19	00:01:43:07	00:01:45:14	Le secteur noir.	The dark universe.

20	00:01:46:21	00:01:49:24	- Le secteur noir est une expression qui décrit	-Dark universe is a very common phrase to describe
21	00:01:49:29	00:01:55:08	notre univers, parce qu'en fait, la majorité de l'univers est noir.	our universe, because it turns out most of our cosmos is dark.
22	00:01:56:04	00:01:57:26	Pas noir comme la nuit,	Dark not as in night.
23	00:01:58:03	00:02:01:09	mais parce qu'il n'interagit pas avec la lumière	dark as in, doesn't interact with light,
24	00:02:01:13	00:02:04:14	et noir parce qu'il est inconnu.	and dark as in, we don't really understand it.
25	00:02:04:25	00:02:10:23	- Tout, dans la vie quotidienne, nos corps, l'air, votre chaise,	-All the objects in our daily experience, our bodies, the air, the chair that you're sitting in,
26	00:02:11:13	00:02:13:08	les étoiles et les planètes,	the planets and stars,
27	00:02:13:13	00:02:16:17	ne représentent que 5 pour cent de l'univers.	all of that only adds up to 5 percent of the universe.
28	00:02:19:13	00:02:23:27	Les autres 95 pour cent sont «noirs», c'est le secteur noir.	It's the other 95 percent that is the dark stuff, the dark universe.
29	00:02:26:28	00:02:30:07	- Le secteur noir est constitué de deux forces :	-The dark universe is made of two forces -
30	00:02:31:15	00:02:34:19	la matière noire et l'énergie noire.	dark matter and dark energy.
31	00:02:36:19	00:02:41:01	- D'une certaine manière, ces deux forces s'opposent.	-In a way, the dark matter and dark energy sort of oppose each other.
32	00:02:43:25	00:02:47:12	La matière noire a une gravité positive qui attire,	Dark matter has positive gravity that pulls things together,
33	00:02:47:27	00:02:51:16	et l'énergie noire a une gravité négative qui repousse.	and dark energy has repulsive gravity that pushes things apart.
34	00:02:53:00	00:02:57:28	- Pour résumer ça en une phrase, l'une attire et l'autre repousse.	-To encapsulate that in one sentence, dark matter is attractive, dark energy is repulsive.
35	00:02:59:01	00:03:00:23	- Depuis la nuit des temps,	-Since the dawn of time,
36	00:03:00:23	00:03:04:26	deux forces s'affrontent pour contrôler l'univers.	two forces slugging it out for control of the universe.
37	00:03:05:03	00:03:08:06	- Elles s'enlisent dans un conflit constant.	-Dark matter and dark energy are locked in this epic struggle.
38	00:03:08:11	00:03:14:04	La matière noire veut rassembler. L'énergie noire essaye de disperser.	The dark matter is trying to bring things together. The dark energy is trying to drive everything apart.
39	00:03:14:24	00:03:17:04	- C'est une bataille. Qui va gagner ?	-So it's basically a battle. Who's going to win?
40	00:03:21:23	00:03:26:03	-Une lutte qui a commencé il y a 13,8 milliards d'années,	-It's a struggle that started 13.8 billion years ago
41	00:03:26:20	00:03:29:11	dans la fournaise du Big Bang.	in the cosmic furnace of the big bang.
42	00:03:32:03	00:03:36:15	L'univers primitif était un point extrêmement chaud et radioactif.	The infant universe was a super hot ball of intense radiation.
43	00:03:36:22	00:03:40:25	Mais soudain, il se mit à changer.	But suddenly, it started to transform.

44	00:03:41:14	00:03:43:08	Il gonfla et se refroidit,	It cooled and expanded,
45	00:03:43:27	00:03:46:22	donnant naissance à l'univers visible,	triggering the birth of the regular universe
46	00:03:47:19	00:03:50:12	et au secteur noir.	and the dark universe.
47	00:03:50:29	00:03:54:25	Les chercheurs pensent que ces deux forces	Scientists believe that both dark matter and dark energy
48	00:03:55:05	00:03:58:14	sont apparues un instant après le Big Bang.	formed in the first moments of the big bang.
49	00:03:58:24	00:04:03:11	- Elles seraient apparues après une fraction de seconde,	-It would have formed probably just fractions of a second after the big bang,
50	00:04:03:22	00:04:06:05	à peu près en même temps que la matière.	around the time that normal matter formed,
51	00:04:06:12	00:04:09:19	La matière noire et la matière normale	and the processes that created the normal matter we know all about -
52	00:04:09:26	00:04:13:29	ont probablement été créées par des processus similaires.	similar processes probably created the dark matter.
53	00:04:15:08	00:04:16:24	- À cette période,	-During these first microseconds,
54	00:04:17:02	00:04:20:28	l'univers était une fournaise de matière et d'énergie.	the universe was a hot, dense ball of matter and energy.
55	00:04:22:05	00:04:24:16	Les deux sont interchangeables.	They're two sides of the same coin.
56	00:04:24:29	00:04:27:21	La matière peut être convertie en énergie.	Matter can convert into energy,
57	00:04:29:00	00:04:32:08	Et l'énergie peut être convertie en matière,	and energy can convert directly into matter,
58	00:04:32:20	00:04:35:15	convertie en particules visibles,	visible particles of regular matter
59	00:04:35:23	00:04:39:29	qui forment les atomes, les planètes, et nous,	forming atoms, planets, stars, and us.
60	00:04:41:12	00:04:46:17	ou en particules invisibles. En particules de matière noire.	And other particles, they are invisible. They are dark matter.
61	00:04:46:28	00:04:50:09	- Un des plus grands mystères qui restent à élucider	-One of the big mysteries that we as astronomers have to solve
62	00:04:50:16	00:04:54:01	est la nature de la matière noire. On ne sait pas du tout.	is what this dark matter is. We just don't know.
63	00:04:54:28	00:05:00:21	- La notion d'une matière invisible et qui se comporte différemment,	-The idea of a type of matter that you can't see and that acts differently than normal matter
64	00:05:00:27	00:05:03:02	c'est plutôt bizarre.	is sort of out there. It's sort of weird.
65	00:05:04:24	00:05:08:01	- Mais le secteur sombre laisse des traces.	-But the dark universe does leave clues.
66	00:05:08:21	00:05:12:19	- C'est une scène de crime. On sait qu'un crime a été commis,	-It's like a crime scene. You know that a crime has been committed,
67	00:05:12:22	00:05:15:04	même si on ne connaît pas le coupable.	even though you don't know the perpetrator yet.

68	00:05:15:13	00:05:19:20	Il y a des indices, des signes, des signaux	We see the hints, we see the signs, we see the signals
69	00:05:19:26	00:05:23:06	que quelque chose d'étrange se passe dans l'univers	that something funny is happening in our universe,
70	00:05:23:11	00:05:25:24	même si on n'en connaît pas la cause.	even though we don't know exactly what's causing it.
71	00:05:27:05	00:05:30:23	- L'origine de la matière noire a plusieurs candidats.	-There are several contenders for what dark matter could be.
72	00:05:31:05	00:05:34:02	- C'est peut-être de la matière normale,	-It could be normal matter that we just don't see,
73	00:05:34:08	00:05:39:07	ou bien une matière exotique, une particule pas encore découverte.	or it could be some sort of exotic matter, a particle of some sort that we haven't detected yet.
74	00:05:39:12	00:05:42:20	- Ce pourrait être un type de particule,	-It could be a species of particle,
75	00:05:43:02	00:05:47:19	comme un électron, un proton ou un quark,	like an electron, like a proton, like a quark,
76	00:05:48:03	00:05:51:23	mais un type spécial qui n'interagit pas avec la lumière.	but a special kind that doesn't interact with light.
77	00:05:52:02	00:05:55:12	- Un des modèles privilégiés est celui des WIMPs,	-One of the favourite possible models of dark matter are WIMPs,
78	00:05:55:17	00:05:58:12	les <i>Weakly Interacting Massive Particles</i> .	weakly interacting massive particles.
79	00:05:58:29	00:06:03:03	- Les WIMPs n'interagiraient pas avec la matière ou la lumière,	-WIMPs may not interact strongly with other matter or light,
80	00:06:03:18	00:06:06:23	mais ils interagiraient bien avec la gravité.	but they do exert a gravitational pull.
81	00:06:08:28	00:06:11:28	Ils conviennent donc pour une matière noire	So they're the best candidates for the particles of dark matter
82	00:06:12:03	00:06:13:28	créée lors du Big Bang.	that formed in the big bang.
83	00:06:16:29	00:06:20:19	L'univers primitif était incroyablement chaud et dense,	The early universe was intensely hot and dense,
84	00:06:21:01	00:06:26:12	empli de nouvelles particules de matière visible et invisible.	full of new particles of both visible matter and invisible dark matter.
85	00:06:27:27	00:06:32:22	Mais une autre force était présente : l'énergie noire.	But another force was present - dark energy.
86	00:06:34:12	00:06:37:16	- L'énergie noire existe depuis le Big Bang.	-Dark energy has existed since the time of the big bang.
87	00:06:37:26	00:06:41:18	- Elle a toujours existé. On ne sait pas en quelle quantité,	-Dark energy was always there. We don't know how much of it there was,
88	00:06:41:26	00:06:45:26	il est possible qu'il y en ait toujours eu autant.	but it's possible that the same amount of dark energy was always there.
89	00:06:48:03	00:06:52:13	- La nature de l'énergie noire nous échappe largement.	-Our understanding of what that dark energy is is very limited.
90	00:06:53:12	00:06:56:17	- Si vous demandiez à 10 physiciens théoriciens	-If you were to ask a roomful of 10 theoretical physicists
91	00:06:56:22	00:07:00:17	ce qu'elle est, vous auriez 12 réponses différentes.	on the nature of dark energy, you'd get about 12 different answers.

92	00:07:01:03	00:07:04:13	- On ne sait pas vraiment ce qu'elle est.	-We're not sure what dark energy is.
93	00:07:05:20	00:07:08:13	- «Énergie noire» cache notre ignorance.	-Dark energy is just a fancy name for our ignorance.
94	00:07:08:26	00:07:12:12	- C'est un mot bouche-trou	-Dark energy is nothing more than a placeholder name
95	00:07:12:19	00:07:18:17	qui cache notre incompréhension. - Car on ne la comprend pas du tout.	for this enormous gap in our understanding of how the cosmos works. But we don't understand it at all.
96	00:07:20:06	00:07:21:16	C'est la vérité.	Well, it's true.
97	00:07:23:14	00:07:27:14	- Une réponse possible au mystère de la matière noire	- One potential answer to what dark energy actually is
98	00:07:27:17	00:07:31:08	pourrait se trouver dans le vide spatial.	may be found in so-called empty space.
99	00:07:31:18	00:07:34:23	Pourrait-il être la source de l'énergie noire ?	Could this be the source of dark energy?
100	00:07:35:02	00:07:39:20	- Avant, on pensait que l'espace était simplement vide, mais...	-We used to think of space as just boring emptiness, but now...
101	00:07:40:07	00:07:43:07	c'est plus correct d'imaginer une substance.	I think it's healthier to think of space as a kind of substance.
102	00:07:44:17	00:07:47:25	- Une substance qui porte une énergie étrange.	-A substance that carries a strange type of energy.
103	00:07:48:11	00:07:52:08	- Tout volume d'espace possède un peu d'énergie,	- Every small region of space has a little bit of energy in it,
104	00:07:52:13	00:07:54:15	associée au vide lui-même.	just associated with the vacuum itself.
105	00:07:55:09	00:07:57:25	- L'énergie du vide est la notion	-Vacuum energy is the idea that
106	00:07:58:06	00:08:02:13	que le vide spatial n'est pas vide, qu'il possède une énergie,	vacuum isn't empty, that there is something there. There's an energy in it,
107	00:08:02:29	00:08:05:12	qui ressemble à de l'antigravité.	with a kind of antigravity,
108	00:08:07:04	00:08:11:04	-Cette énergie du vide antigravitationnelle	- Perhaps this vacuum energy that pushes against gravity
109	00:08:12:29	00:08:17:20	pourrait être l'énergie noire. On ne sait vraiment pas.	is the mysterious dark energy. We simply don't know.
110	00:08:19:24	00:08:23:09	- On ne sait pas si c'est la même énergie.	-We're not sure that the dark energy is the vacuum energy.
111	00:08:23:22	00:08:29:21	Ce pourrait être une autre énergie. C'est ce qu'on essaye de mesurer.	It could be a new type of energy that permeates all of space. This is what we're trying to measure now.
112	00:08:31:08	00:08:36:10	- Deux forces forgées par les flammes du Big Bang.	-Dark energy and dark matter, forged in the intense heat of the big bang,
113	00:08:37:01	00:08:41:12	Des forces opposées, l'une attractive, l'autre répulsive.	opposing forces, one attractive, one repulsive.
114	00:08:42:01	00:08:44:27	Mais ensemble, en 13,8 milliards d'années,	But together, over 13.8 billion years,
115	00:08:45:02	00:08:48:21	elles ont écrit l'histoire de l'univers.	they will shape the history of the universe.

116	00:09:08:18	00:09:13:16	L'histoire de l'univers est dominée par deux forces opposées :	The story of the universe is dominated by two powerful opposing forces -
117	00:09:15:18	00:09:17:29	la matière noire et l'énergie noire.	dark matter and dark energy
118	00:09:18:26	00:09:21:09	Depuis 13,8 milliards d'années,	For 13.8 billion years,
119	00:09:21:22	00:09:25:02	elles s'affrontent pour contrôler l'univers.	they've battled it out for control of the cosmos.
120	00:09:25:22	00:09:27:22	- Ces deux forces	Dark matter and dark energy are out there,
121	00:09:27:27	00:09:33:03	déterminent l'histoire de l'univers. - Notre univers est un équilibre.	and they've shaped the entire history of the universe -Our universe is actually the balance between dark forces.
122	00:09:33:09	00:09:38:08	La matière noire veut rassembler, L'énergie noire essaye de disperser.	Dark matter is trying to draw everything together, and dark energy is trying to rip everything apart.
123	00:09:40:00	00:09:43:28	- Juste après le Big Bang, l'univers était petit,	-After the big bang, the infant universe was small,
124	00:09:44:07	00:09:47:09	incroyablement chaud et dense.	intensely hot and intensely dense.
125	00:09:49:13	00:09:53:28	La matière noire, la force qui rassemble, prospère.	Dark matter, the force bent on bringing things together, thrived.
126	00:09:55:10	00:09:57:08	Mais dans cet univers étroit,	But in this compressed space,
127	00:09:57:13	00:10:01:03	l'énergie noire, la force qui disperse,	dark energy, the force trying to drive things apart,
128	00:10:01:14	00:10:03:26	n'a pas sa place.	had no room to act.
129	00:10:04:02	00:10:08:21	- À l'époque, tout était si dense et comprimé	-When things were closer together, the density of matter and radiation was bigger,
130	00:10:09:00	00:10:11:22	que l'énergie noire n'importait pas.	so big that the dark energy didn't matter.
131	00:10:12:19	00:10:16:01	- Pour la matière normale, c'est un univers hostile.	-The environment was also tough for normal matter.
132	00:10:17:19	00:10:21:23	Les radiations intenses empêchaient la matière normale	It was so hot, intense radiation prevented visible matter
133	00:10:22:08	00:10:24:23	de s'assembler en atomes.	from bunching together to form atoms.
134	00:10:25:21	00:10:29:12	- Si la matière essayait de s'assembler,	-If any normal matter tried to clump together through gravity or some other force,
135	00:10:29:20	00:10:33:14	cette énergie la séparait. - Au tout début de l'univers,	this energy would just basically blast it apart. -In the very early universe,
136	00:10:33:18	00:10:37:02	lorsqu'il était bien plus petit, chaud et dense,	when our universe was a lot smaller and a lot hotter and a lot denser,
137	00:10:37:07	00:10:42:29	la matière normale voulait s'assembler,	matter, normal matter, tried to collect together, wanted to join the party.
138	00:10:43:07	00:10:48:17	mais les radiations ambiantes l'en empêchaient.	But it was prevented from doing so because there was also radiation that would throw it out.
139	00:10:50:24	00:10:56:09	- Incapable de s'assembler, la matière erre dans l'univers	-Unable to stick together, normal visible matter sped out across the infant cosmos

140	00:10:56:23	00:10:58:24	dans un torrent de particules.	in a blizzard of particles.
141	00:11:00:12	00:11:05:23	C'est là que la matière noire, la force qui rassemble, intervient.	But then dark matter, the force that brings things together, intervened.
142	00:11:07:23	00:11:10:09	- Elle ne se soucie pas des radiations,	-Dark matter doesn't talk to radiation,
143	00:11:10:17	00:11:14:21	elle fait ce qu'elle veut. Elle commence à se condenser.	doesn't talk to light. Can do whatever it wants. It starts clumping together.
144	00:11:16:16	00:11:21:24	- Les radiations empêchent la formation de régions denses.	-Radiation pushes normal matter apart, stopping it from forming dense regions.
145	00:11:22:25	00:11:26:21	Mais ces radiations passent à travers la matière noire,	But photons simply pass straight through the dark matter,
146	00:11:27:03	00:11:31:11	ce qui lui permet de se condenser en régions denses ou «puits».	allowing it to clump and fall into dense pockets or wells.
147	00:11:33:07	00:11:36:20	- Elle commence à s'associer gravitationnellement,	-The dark matter begins to clump together gravitationally,
148	00:11:37:02	00:11:41:10	et ces puits gravitationnels vont attirer la matière normale.	and this means that the matter is going to fall into those dark matter wells.
149	00:11:42:29	00:11:48:07	- De plus en plus de matière est attirée par ces régions denses.	-Over time, more and more regular matter is pulled into the dark matter wells.
150	00:11:48:27	00:11:52:02	- La gravité attire la matière vers ces zones,	-The regions that have a little bit more stuff, gravity makes them bigger,
151	00:11:52:08	00:11:54:23	et les zones moins denses se vident.	and the regions that have less stuff, those expand more.
152	00:11:55:00	00:12:00:21	Donc les zones un peu plus denses attirent de plus en plus de matière.	So you have little pockets of slight extra matter, have more and more and more matter over time.
153	00:12:03:02	00:12:08:04	- Les zones de matière noire rassemblent la matière normale.	-Gravity-rich pockets of dark matter pull particles of regular matter together.
154	00:12:10:06	00:12:15:04	Petit à petit, elles forment des nuages de gaz géants	Gradually, they form giant clouds of hydrogen and helium gas.
155	00:12:16:29	00:12:20:18	La matière noire a posé les fondations du cosmos.	Dark matter has laid the foundation stones of the cosmos.
156	00:12:21:18	00:12:26:01	Elle est invisible, mais elle est très créative.	This force may be dark, but it's highly creative.
157	00:12:29:13	00:12:33:28	180 millions d'années après le Big Bang,	And now, 180 million years after the big bang,
158	00:12:34:13	00:12:39:03	tout est prêt pour son prochain projet :	everything is in place for the next dark matter construction milestone -
159	00:12:39:14	00:12:41:23	la création d'étoiles.	the creation of stars.
160	00:12:42:27	00:12:46:09	- On sait que les étoiles, au tout début de l'univers,	-We know stars, in the very early universe at the edge of time,
161	00:12:46:15	00:12:50:11	sont nées de l'effondrement de nuages de gaz.	had to form from the collapse of gas clouds under their own gravity.
162	00:12:53:13	00:12:54:26	-Mais il y a un problème.	-But there's a problem.
163	00:12:55:02	00:12:59:24	À cette époque, un nuage de gaz ne devrait pas s'effondrer.	The clouds of hydrogen in the infant universe can't collapse,

164	00:13:00:20	00:13:04:08	Et sans effondrement, pas d'étoiles.	and no collapse means no stars.
165	00:13:04:21	00:13:09:11	- Le gaz est sous pression, ce qui l'empêche de s'effondrer.	-The gas in the early universe has a lot of pressure and this pressure keeps it from collapsing.
166	00:13:09:16	00:13:12:02	Mais ça n'affecte pas la matière noire.	The dark matter doesn't experience that kind of pressure.
167	00:13:12:07	00:13:16:11	Elle s'assemble et crée des zones propices à la formation.	So the dark matter can clump up and make sites for structure formation.
168	00:13:17:13	00:13:22:07	- Elle vient donc à la rescousse, en créant des zones à haute gravité.	-So dark matter comes to the rescue, creating regions of higher gravity,
169	00:13:23:07	00:13:25:02	Ces zones attirent le gaz,	dragging in hydrogen gas,
170	00:13:25:10	00:13:29:06	et condensent les nuages de plus en plus,	forcing the clouds to get denser and denser,
171	00:13:29:25	00:13:34:08	ce qui crée les conditions nécessaires à l'effondrement.	creating the conditions for collapse and then creation.
172	00:13:41:03	00:13:46:00	- C'est seulement quand la gravité surpasse cette pression	-So it's only when the gravity of the dark matter overwhelms the pressure of gases
173	00:13:46:23	00:13:50:07	que le gaz peut s'effondrer et former les étoiles.	that the gas can collapse to form stars.
174	00:13:51:00	00:13:55:17	- Dès que le gaz refroidit, il peut tomber dans un de ces puits,	-As soon as the gas cools down, it can fall into those potential wells that the dark matter created,
175	00:13:56:01	00:14:00:17	comme des crèches pour étoiles, où elles commencent à se développer.	almost like little nurseries for stars, and they start forming in earnest.
176	00:14:02:24	00:14:05:07	-La matière noire accroît la gravité,	-Dark matter provides a boost of gravity
177	00:14:05:11	00:14:09:22	amorçant la construction des premières étoiles.	to kick-start hydrogen into constructing the first stars,
178	00:14:10:27	00:14:14:15	Ces étoiles seront à l'origine des premières galaxies.	stars that are the seeds of the first galaxies.
179	00:14:14:23	00:14:20:16	- C'est donc la matière noire qui se réunit tôt dans l'univers.	-So it's dark matter that would have coalesced in the early universe and grown from there,
180	00:14:20:27	00:14:26:05	Et ce que nous connaissons, les étoiles, les galaxies,	and then the luminous component of the universe, the things that we think of as being the universe itself, like stars and galaxies,
181	00:14:26:21	00:14:28:26	étaient portées par le courant.	would have just been along for the ride.
182	00:14:29:01	00:14:34:02	- Si la matière noire n'avait pas aidé cette formation,	-Without the presence of dark matter to seed structures
183	00:14:34:13	00:14:40:02	les galaxies n'auraient pas eu le temps de se former,	there wasn't enough time in the early universe to form galaxies, which means
184	00:14:40:10	00:14:43:27	nous devons donc notre existence à la matière noire.	which means you and me have to thank dark matter for our existence.
185	00:14:45:07	00:14:50:27	- Mais la matière noire prévoit un projet plus ambitieux encore :	-And dark matter now begins a much more ambitious architectural project -
186	00:14:52:02	00:14:55:03	façonner l'univers même,	to shape the entire universe itself,
187	00:14:56:11	00:15:00:06	construire la plus grande structure de tous les temps :	to build the biggest structure ever constructed -

188	00:15:00:20	00:15:01:27	la toile cosmique.	the cosmic web,
189	00:15:20:21	00:15:26:10	La matière noire et l'énergie noire luttent depuis la nuit des temps.	The war between dark matter and dark energy has been raging since the birth of time.
190	00:15:29:06	00:15:33:07	Mais au départ, c'est un combat inégal.	But in the early years, it's a one-sided contest.
191	00:15:34:02	00:15:38:17	- Dans l'univers primitif, l'énergie noire est insignifiante.	-In the early universe, the only thing that really mattered was the dark matter and the normal matter.
192	00:15:39:27	00:15:44:23	La matière noire, la force qui rassemble,	Dark matter, the force that brings things together,
193	00:15:45:22	00:15:47:18	fait la loi.	is in the driver's seat.
194	00:15:51:04	00:15:56:07	L'énergie noire, la force qui sépare, est perdante.	Dark energy, the force that pulls things apart, is the underdog.
195	00:15:57:05	00:16:01:18	- Cette bataille cosmique fait rage depuis 14 milliards d'années.	-We've seen this cosmic battle go on for the past 14 billion years.
196	00:16:01:27	00:16:05:10	Heureusement, l'énergie noire a démarré lentement.	Fortunately for us, the dark energy got off to a slow start
197	00:16:06:29	00:16:11:21	- Pendant ce temps, la matière noire façonne l'univers.	-Meanwhile, dark matter is busy at work, building the universe.
198	00:16:12:28	00:16:16:16	Elle a non seulement fait naître les premières étoiles,	Not only does it trigger the birth of the first stars,
199	00:16:17:28	00:16:21:12	mais elle commence un projet encore plus formidable :	it embarks on an even more formidable construction project -
200	00:16:23:05	00:16:24:20	la toile cosmique.	the cosmic web.
201	00:16:26:20	00:16:30:17	- Les galaxies semblent se former	-There's this large-scale structure of filaments
202	00:16:30:21	00:16:35:06	sur une structure gigantesque qu'on appelle la toile cosmique.	that galaxies seem to form on, and that's what we call the cosmic web.
203	00:16:35:21	00:16:40:24	La formation de cette toile remonte à l'univers primitif.	And we can trace the formation of this cosmic web all the way back to the early universe.
204	00:16:41:14	00:16:47:09	- La matière n'aurait pas le temps de créer une structure si énorme.	-Now this is such a huge structure, we don't think there's time in the universe for matter's gravity alone to do this.
205	00:16:47:14	00:16:50:28	La matière noire a dû servir de support.	There must have been an underlying scaffold of dark matter.
206	00:16:51:12	00:16:55:07	- Elle s'est groupée en filaments, et en refroidissant,	-The dark matter started forming into these filaments, and when the universe cooled enough,
207	00:16:55:20	00:17:00:11	la matière normale a pu s'engouffrer dans ces puits gravitationnels.	normal matter could start to stream into this gravitational attraction of the dark matter.
208	00:17:00:19	00:17:04:24	Et c'est devenu l'échafaudage sur lequel s'est formée la toile.	That became the scaffolding on which this large-scale structure was built.
209	00:17:06:02	00:17:08:25	- Les filaments se rejoignent,	-The filaments of dark matter joined together,
210	00:17:09:00	00:17:11:20	attirant toujours plus d'hydrogène.	drawing in more and more hydrogen gas.
211	00:17:12:24	00:17:16:21	Là où ils se rejoignent, de denses nuages s'agglomèrent,	Dense clouds of gas build up at the junctions of the filaments,

212	00:17:16:29	00:17:19:27	l'endroit où la gravité est la plus forte.	the point where gravity is at its strongest.
213	00:17:23:05	00:17:28:10	Lentement mais sûrement, une structure familière apparaît.	Slowly and surely, a familiar-looking structure starts to take shape.
214	00:17:29:18	00:17:31:22	- Si vous avez déjà vu	-If you've ever gone outside, and you can see
215	00:17:31:29	00:17:37:00	la rosée sur une toile d'araignée, c'est un peu le même phénomène.	a spider web covered in dew, that's kind of like what happened with the universe.
216	00:17:37:17	00:17:42:07	Ici, la toile représente les filaments de matière noire,	In this case, the spider web is the structure of the dark matter, it's all of these filaments,
217	00:17:42:15	00:17:45:12	et l'humidité ambiante s'agglomère dessus,	and the moisture in the air is what condenses around them, just like
218	00:17:45:18	00:17:50:28	comme la matière sur la toile, formant ces gigantesques structures.	the normal matter fell into the dark matter web to form these gigantic structures in the universe.
219	00:17:51:27	00:17:55:07	- La matière noire, architecte de l'univers,	-Dark matter, the universe's master builder,
220	00:17:55:15	00:17:59:04	a tissé une toile cosmique.	succeeds in stitching together a cosmic web.
221	00:17:59:24	00:18:03:21	Elle sera l'armature de l'univers tout entier.	This will be the framework for the entire universe.
222	00:18:04:24	00:18:07:19	- Donc La matière noire chorégraphie	- And so it is dark matter that would choreograph
223	00:18:07:24	00:18:10:02	et sculpte l'univers lui-même.	and sculpt the shape of the universe itself
224	00:18:10:07	00:18:13:29	- Sans la matière noire, nous n'existerions pas.	-One of the amazing things about dark matter is, without it, we wouldn't be here.
225	00:18:14:10	00:18:18:23	Sans elle, difficile d'imaginer que l'univers ait une structure.	It's hard to imagine how you could have structure in the universe without dark matter.
226	00:18:20:00	00:18:25:03	- Aux croisements des filaments, des galaxies et des amas se forment.	-Galaxies, and then galactic clusters, form at the junctions of the filaments
227	00:18:25:10	00:18:30:07	Lentement mais sûrement, l'univers prend forme.	Slowly, but surely, the universe begins to take shape.
228	00:18:30:23	00:18:33:21	- Si on observe la toile à l'échelle cosmique,	-When we look at this structure over a cosmic scale,
229	00:18:33:27	00:18:36:12	elle ressemble un peu à une éponge.	we see that it looks kind of like a sponge.
230	00:18:36:20	00:18:39:10	Des vides entourés de galaxies.	Voids with galaxies all over the edges of them.
231	00:18:39:18	00:18:44:09	C'est la structure que la matière noire a créée.	That is the structure that was formed by the dark matter in the early universe.
232	00:18:45:22	00:18:49:14	- La matière noire a fourni assez de gravité	-Dark matter is the thing that enabled, that provided enough gravity
233	00:18:49:25	00:18:53:07	pour que la matière puisse se rassembler,	for the initial seeds of structure formation to coalesce,
234	00:18:53:16	00:18:55:16	et que les galaxies se forment.	for galaxies themselves to form.
235	00:18:58:03	00:19:02:06	Bien sûr, sans galaxies, pas d'étoiles, et pas de nous.	And, of course, without galaxies, there are no stars, and there's no planets, and there's no us.

236	00:19:03:02	00:19:08:06	- La matière noire édifie l'univers pendant 9 milliards d'années.	-For 9 billion years, dark matter orchestrates the construction of the universe.
237	00:19:10:03	00:19:12:26	Les premières batailles du cosmos	In these, the first battles of the cosmos,
238	00:19:13:03	00:19:16:15	sont clairement remportées par la force créatrice.	this constructive force is the clear victor.
239	00:19:17:08	00:19:19:20	- Pour l'instant, elle l'emporte.	-For the time being, the dark matter has won.
240	00:19:19:25	00:19:24:23	De nouvelles galaxies sont formées. Les amas de galaxies grandissent.	Galaxies continue to form. Clusters of galaxies are getting bigger over time.
241	00:19:27:06	00:19:30:01	- Mais le succès créatif de la matière noire	-But dark matter's success in building up the universe
242	00:19:30:07	00:19:33:11	pourrait aussi être la raison de sa chute.	sets in motion its potential downfall.
243	00:19:38:01	00:19:41:28	- Alors que la toile cosmique devient plus complexe,	-As the cosmic web evolves into a more complex structure,
244	00:19:44:16	00:19:47:12	des trous apparaissent entre les filaments,	gaps form between the filaments,
245	00:19:47:17	00:19:49:14	les vides cosmiques.	the cosmic voids.
246	00:19:50:29	00:19:56:19	- Ces vides apparaissent parce que d'autres régions plus denses	-The cosmic voids formed because other, more dense regions of the universe
247	00:19:56:26	00:20:00:01	ont absorbé leur matière via la gravité.	gravitationally stole material away from them.
248	00:20:00:18	00:20:04:03	Ces régions denses accumulent la matière	So the dense parts of the universe accumulated more matter
249	00:20:04:09	00:20:08:17	au détriment d'autres régions, qui deviennent des vides.	at the expense of the less dense parts, which then became voids.
250	00:20:10:09	00:20:13:19	- Et dans ces vides se cache l'énergie noire.	-And lurking in these voids, dark energy.
251	00:20:14:17	00:20:18:19	Depuis la nuit de temps, elle attendait une opportunité.	Since the dawn of time, it's been waiting for its opportunity.
252	00:20:19:26	00:20:25:18	Elle prépare une contre-attaque pour conquérir l'univers.	Now it's preparing an offensive that may help it conquer the universe.
253	00:20:26:16	00:20:27:23	- Au tout début,	-In the very earliest times,
254	00:20:27:29	00:20:32:20	la matière noire dominait tout. Une brute intimidant sa petite sœur.	the dark matter dominated everything. It was the big brother pushing the little brother around.
255	00:20:32:29	00:20:36:22	Mais à long terme, l'énergie noire va la surpasser.	But in the long run, the dark energy is going to overpower dark matter,
256	00:20:37:06	00:20:39:06	Donc leur relation s'inverse.	and so the relationship is entirely flipped.
257	00:20:41:03	00:20:45:28	- On pensait que notre destin dépendait de la matière noire,	-We used to think the fate of the cosmos itself depended on dark matter, and it turns out
258	00:20:46:06	00:20:47:26	mais en fait, pas du tout.	that's not the case at all.
259	00:20:48:01	00:20:50:27	Il dépend complètement de l'énergie noire.	The fate of the universe depends entirely on dark energy.

260	00:20:52:02	00:20:55:26	- Le règne de la matière noire pourrait bientôt prendre fin.	-The long reign of dark matter may be coming to an end.
261	00:20:56:10	00:21:00:23	L'énergie noire, destructrice, veut prendre le pouvoir.	Dark energy, the great destroyer, is hoping to take control.
262	00:21:02:01	00:21:05:26	Le but premier de cette force destructrice	This destructive force has one overriding aim
263	00:21:06:14	00:21:09:11	est de mettre l'univers en pièces.	to tear the universe apart.
264	00:21:25:07	00:21:27:15	- Une guerre sévit dans l'univers,	Our universe is at war,
265	00:21:28:08	00:21:31:09	un conflit entre deux forces obscures.	a relentless conflict between dark forces.
266	00:21:32:20	00:21:37:13	Pendant 9 milliards d'années, l'énergie noire est en retrait.	For the first 9 billion years, dark energy is subjugated.
267	00:21:38:15	00:21:41:02	La matière noire a l'avantage.	Dark matter has the upper hand.
268	00:21:42:23	00:21:44:20	- Tôt dans l'univers,	When the universe emerged from the big bang,
269	00:21:45:04	00:21:49:29	l'énergie noire n'intervenait pas, elle était insignifiante.	the dark energy played no role. It was insignificant.
270	00:21:50:25	00:21:54:20	- Mais depuis le Big Bang, au cours des milliards d'années,	-But at some stage in the 14 billion years since the big bang,
271	00:21:54:26	00:21:57:16	ces rôles se sont inversés.	these roles became reversed
272	00:21:58:12	00:22:01:26	L'énergie noire est devenue la plus puissante.	Dark energy came to be the more powerful force.
273	00:22:02:26	00:22:04:26	La question était : quand ?	The question was, when?
274	00:22:05:28	00:22:09:03	La réponse est apportée à la fin du XXe siècle.	The answer came at the end of the 20th century.
275	00:22:09:25	00:22:13:17	- C'est une découverte capitale, très importante.	-So it was an amazing breakthrough, really important.
276	00:22:14:13	00:22:19:05	- En 1999, les chercheurs calculent l'expansion de l'univers.	-In 1999, scientists measure the expansion of the universe.
277	00:22:20:18	00:22:22:26	Les résultats sont choquants.	What they find shocks them.
278	00:22:23:16	00:22:27:25	Ils pensaient que l'expansion ralentissait.	They expect the speed of expansion to be decreasing.
279	00:22:28:09	00:22:33:24	Mais en fait, elle accélère, et devient sans cesse plus rapide.	In fact, it's actually increasing and getting faster all the time.
280	00:22:34:27	00:22:39:09	- Selon les données, elle ralentit pendant 9 milliards d'années,	-The data indicates that for about the first 9 billion years, it was slowing down.
281	00:22:39:22	00:22:45:05	et puis elle se met à accélérer. De plus en plus vite.	But then, in the past 5 billion years, It started accelerating. Faster and faster.
282	00:22:46:13	00:22:49:00	-Alex Filippenko était dans l'équipe	-Alex filippenko was part of the team
283	00:22:49:05	00:22:52:01	qui a fait cette découverte étonnante.	that made this explosive discovery.

284	00:22:52:20	00:22:56:24	- Nous étions stupéfaits. La nature ne fonctionne pas ainsi.	-It befuddled us. This isn't how nature was supposed to be behaving,
285	00:22:57:03	00:22:58:18	D'ailleurs, au départ,	and, in fact, initially we thought that there was something wrong
286	00:22:58:23	00:23:02:28	nous pensions nous être trompés dans nos observations.	with either the observations or the measurements.
287	00:23:03:15	00:23:05:23	- Je n'y ai longtemps pas cru.	-I didn't believe it for the longest time.
288	00:23:06:00	00:23:09:08	À la publication des résultats, je n'y croyais pas.	When the first data came out, I'm like, nah, I don't believe this, no way.
289	00:23:09:13	00:23:12:17	Mais c'est les données. On ne peut pas y échapper.	but it's in the data. It's there. You can't escape it.
290	00:23:12:29	00:23:15:24	- C'est comme si vous preniez une pierre,	-This is as shocking as if you held up a rock,
291	00:23:15:29	00:23:18:12	la lâchiez, et qu'elle parte en l'air.	let go of it, and it went up into the air.
292	00:23:21:04	00:23:26:08	- Il y a 5 milliards d'années, l'expansion se met à accélérer.	-Five billion years ago, galaxies started moving apart faster than before.
293	00:23:26:16	00:23:28:16	La question est : pourquoi ?	The question is, why?
294	00:23:29:20	00:23:31:05	- Quelle en est la cause ?	-What could be causing that?
295	00:23:31:13	00:23:35:16	Une chose est sûre : quelque chose lui fournit de l'énergie.	Well, one thing is clear. It must be getting some extra energy from somewhere.
296	00:23:36:19	00:23:41:09	- Une hypothèse pourrait fournir cette énergie supplémentaire.	-There is one main contender for what may be supplying this extra energy,
297	00:23:41:22	00:23:44:11	Une force à gravité répulsive,	a force with repulsive gravity,
298	00:23:44:17	00:23:47:14	une force qui sépare la matière.	a force that pushes things apart.
299	00:23:48:00	00:23:53:03	- Ce qu'on appelle l'énergie noire, une force répulsive mystérieuse.	-This is what astronomers call dark energy. It's this mysterious repulsive force
300	00:23:53:08	00:23:57:14	On sait qu'elle existe, mais on ne sait rien d'elle.	that we know exists in the universe, and we have no idea what it is.
301	00:23:58:10	00:24:01:24	- Les physiciens ne s'accordent pas sur sa nature,	-Physicists may not agree on what dark energy is,
302	00:24:01:29	00:24:07:22	mais ils s'accordent sur les régions où cette force est la plus forte :	but there is a consensus on where this repulsive force has the most influence -
303	00:24:08:14	00:24:12:28	dans les régions entre les galaxies et les amas,	in the regions between galaxies and galaxy clusters,
304	00:24:13:11	00:24:14:22	les vides cosmiques.	the cosmic voids.
305	00:24:15:10	00:24:19:10	- Ils débordent d'énergie noire.	-They're actually filled to the brim with dark energy.
306	00:24:19:25	00:24:23:09	- L'énergie noire marque vraiment l'univers	-The first time dark energy is really going to make its mark in the universe
307	00:24:23:14	00:24:27:07	à partir du moment où les vides cosmiques apparaissent.	is going to be the time when the first cosmic voids begin to appear.

308	00:24:29:02	00:24:33:05	- On observe ses effets partout dans l'univers.	-We see dark energy's effects throughout the universe.
309	00:24:33:12	00:24:36:14	Mais c'est dans les vides cosmiques,	But when we look into the cosmic voids,
310	00:24:36:19	00:24:39:17	les régions les plus vides de notre univers,	which are the most empty regions of our universe,
311	00:24:39:23	00:24:43:02	que l'énergie noire est la plus puissante.	this is where dark energy is strongest.
312	00:24:45:13	00:24:48:24	- L'énergie noire est la force qui écarte les choses.	-Dark energy is the repulsive force pushing things apart.
313	00:24:49:05	00:24:52:24	Elle préfère les vides, où la gravité est faible.	It prefers the voids , where gravity is weak.
314	00:24:54:23	00:24:59:13	- Il y a moins de matière noire, et puisque la densité est basse,	-These are areas where there's a lot less dark matter, and because the overall density is low,
315	00:24:59:18	00:25:03:26	l'énergie noire se manifeste, et stimule l'expansion des vides.	that's where the dark energy starts to peek out and can really drive those voids to expand.
316	00:25:04:11	00:25:07:12	- L'expansion accélérée de l'univers	-So the expansion and acceleration of the universe
317	00:25:07:19	00:25:10:26	vient donc de l'énergie noire dans ces régions.	are driven by the dark energy in those regions.
318	00:25:11:20	00:25:14:08	L'énergie noire écarte les choses,	Dark energy pushes things apart,
319	00:25:15:04	00:25:20:27	tout ce qui est dans le chemin, comme la toile cosmique.	things that get in its way, things like the cosmic web.
320	00:25:21:23	00:25:25:23	La matière noire et la matière normale	Dark matter and normal matter are also in its path
321	00:25:27:05	00:25:30:09	sont elles aussi repoussées à travers le cosmos.	and are bulldozed out across the cosmos.
322	00:25:30:23	00:25:32:06	Lentement,	Slowly, but surely,
323	00:25:32:14	00:25:37:27	l'équilibre entre l'énergie noire et la matière noire s'inverse.	the balance between dark energy and dark matter is changing.
324	00:25:39:29	00:25:41:20	- Imaginez une piscine,	-Imagine you have a giant swimming pool,
325	00:25:41:26	00:25:45:17	avec un peu d'eau et un soupçon de whisky.	and at the very bottom there's a puddle of water with a splash of whiskey.
326	00:25:45:21	00:25:49:02	C'est une boisson plutôt forte au fond de la piscine.	So you have sort of a strong whiskey drink down at the bottom of your pool.
327	00:25:49:19	00:25:52:29	Remplissez-la d'eau, sans rajouter de whisky.	But now you start dumping water into your pool, no more whiskey,
328	00:25:53:04	00:25:54:28	Le whisky se dilue vite,	and it begins to get diluted and diluted,
329	00:25:55:03	00:25:59:21	et ça devient une piscine d'eau avec un petit shot de whisky.	and eventually, you just have a swimming pool full of water,
330	00:25:59:26	00:26:02:26	Pas très fort, comme boisson. C'est de l'eau.	with one shot of whiskey mixed in. That's not a very strong drink .It's basically a water swimming pool.
331	00:26:03:15	00:26:05:18	Il se passe la même chose.	That's pretty much happening with the dark energy.

332	00:26:05:23	00:26:08:28	Au départ, c'est un mélange égal,	At first, it's a one-to-one mixture of dark matter and dark energy.
333	00:26:09:03	00:26:13:07	Mais à long terme, il ne reste que l'énergie noire.	But in the long run, it's all dark energy and pretty much no dark matter left over.
334	00:26:15:19	00:26:20:09	- L'énergie noire devient incontrôlable,	-The forces of dark energy are on an unstoppable march,
335	00:26:20:21	00:26:25:13	l'énorme taille des vides cosmiques la rend toujours plus puissante.	picking up more and more power from the vast scale of the cosmic voids.
336	00:26:26:10	00:26:28:29	- Par nature, l'énergie noire est faible.	-Dark energy is intrinsically very weak.
337	00:26:29:04	00:26:32:13	Il n'y a qu'un peu de cet effet répulsif	There's very little dark energy and this repulsive effect
338	00:26:32:21	00:26:34:18	dans chaque centimètre cube.	in every cubic centimeter.
339	00:26:35:01	00:26:38:09	Mais l'univers est vaste. Le cosmos est grand.	But the universe is vast. Space is big.
340	00:26:38:29	00:26:42:14	Donc cumulativement, ce peu d'énergie	So cumulatively, all this small amount of stuff
341	00:26:42:23	00:26:45:07	s'accumule en grande quantité,	adds up to a very large amount,
342	00:26:45:12	00:26:51:02	et à l'échelle de l'univers entier, l'énergie noire domine.	and over a scale encompassing the entire universe, the dark energy dominates.
343	00:26:53:14	00:26:55:18	- Mais tout cela a pris du temps.	-But it's been a very long process.
344	00:26:56:03	00:27:01:14	Après le Big Bang, la matière noire domine pendant 9 milliards d'années.	After the big bang, dark matter dominates for the first 9 billion years.
345	00:27:03:21	00:27:08:26	Puis, il y a 5 milliards d'années, l'énergie noire prend l'avantage.	Then, 5 billion years ago, dark energy starts to get the upper hand.
346	00:27:09:04	00:27:12:14	Elle accélère l'expansion de l'univers	It causes the expansion of the universe to accelerate
347	00:27:12:29	00:27:16:03	et l'élargissement des vides cosmiques.	and the space in the voids to grow more rapidly.
348	00:27:16:21	00:27:20:17	- L'univers grandit, donc il y a plus d'énergie noire,	-As the space expands, there's more and more dark energy
349	00:27:20:21	00:27:25:23	puisqu'il y a plus d'espace. L'énergie noire se crée elle-même.	because you have a bigger space. It sort of creates itself with the expansion of space.
350	00:27:26:27	00:27:29:17	- L'énergie noire est assez sournoise,	-Dark energy has a sneaky way of taking over
351	00:27:29:22	00:27:33:22	elle double le volume de l'univers, ce qui veut dire	because it causes the space to stretch out and get twice as big, so now there's...
352	00:27:34:04	00:27:36:02	qu'elle se double elle-même.	twice as much dark energy.
353	00:27:36:29	00:27:39:15	- L'énergie noire gonfle l'univers,	-Dark energy just can't stop pushing,
354	00:27:39:26	00:27:44:09	les vides deviennent de plus en plus étendus.	causing the empty space of the voids to continuously expand.
355	00:27:47:16	00:27:50:19	- L'énergie noire provoque l'expansion,	-As the universe expands because of dark energy,

356	00:27:50:26	00:27:56:03	qui crée plus d'énergie noire. - Et elle prend l'avantage.	more and more dark energy is being created. - Dark energy is definitely gaining the upper hand on dark matter.
357	00:27:56:19	00:27:58:12	- Elle a toujours existé,	-It was always there,
358	00:27:58:20	00:28:02:09	mais a pris le contrôle au fil du temps.	but it took over compared to other stuff.
359	00:28:03:03	00:28:08:25	- Jusqu'à créer assez d'énergie pour surcharger l'expansion.	-Eventually creating enough energy to supercharge the expansion of the universe.
360	00:28:11:07	00:28:15:21	Cette accélération continue. L'univers s'étend toujours plus,	This acceleration continues. The universe is getting bigger and bigger,
361	00:28:16:04	00:28:20:20	alimenté par la force répulsive de l'énergie noire.	and it's all powered by the forces of repulsion, dark energy.
362	00:28:21:00	00:28:25:19	Ça pourrait mal tourner pour l'univers.	And for the universe, that could be very bad news.
363	00:28:25:28	00:28:29:25	- L'énergie noire pourrait détruire l'univers.	-If that's the case, dark energy may destroy the universe.
364	00:28:30:12	00:28:34:22	Elle gagnerait en puissance jusqu'à déchirer l'espace-temps.	It will get stronger and stronger until it literally rips apart the fabric of space-time.
365	00:28:50:00	00:28:55:28	L'énergie noire et la matière noire livrent bataille depuis le Big Bang.	Dark matter and dark energy have been battling each other for 13.8 billion years.
366	00:28:56:20	00:29:00:11	Pendant 9 milliards d'années, la matière noire domine.	For the first 9 billion years, dark matter dominates.
367	00:29:01:12	00:29:04:00	La matière noire a une gravité positive,	Dark matter exerts positive gravity,
368	00:29:04:27	00:29:09:27	mais rassembler la matière ne peut avoir qu'une seule issue.	but pulling everything together leads to one inevitable outcome.
369	00:29:10:04	00:29:14:04	- Si l'univers était dominé par la matière,	-If the universe was totally dominated by matter,
370	00:29:14:11	00:29:19:28	l'expansion ralentirait, s'arrêterait puis s'inverserait,	eventually our expansion would slow down glide to a stop, and then turn around.
371	00:29:20:08	00:29:25:10	s'effondrant en un petit point dense similaire à ses début.	and collapse into a small, dense state from where it came from
372	00:29:25:17	00:29:28:02	C'est ce qu'on appelle le <i>Big Crunch</i> .	an event we call the big crunch.
373	00:29:29:02	00:29:34:01	-Durant le <i>Big Crunch</i> , la gravité ravagerait le cosmos.	-During the big crunch, gravity would play havoc with the cosmos.
374	00:29:34:22	00:29:37:01	Les galaxies s'attireraient,	Galaxies would be dragged together.
375	00:29:38:18	00:29:42:03	les étoiles et les planètes entreraient en collision.	Stars and planets would smash into each other
376	00:29:42:20	00:29:44:21	L'univers s'effondrerait	The universe would collapse
377	00:29:44:26	00:29:48:17	en une fournaise de matière et d'énergie.	in a blazing inferno of superdense matter and energy.
378	00:29:53:04	00:29:56:11	Heureusement, tout cela est improbable.	Fortunately, none of this will probably happen.
379	00:29:59:08	00:30:03:07	Les chercheurs ont écarté la possibilité d'un <i>Big Crunch</i> .	Scientists have now dismissed the possibility of a big crunch.

380	00:30:06:12	00:30:10:15	- Ça n'arrivera pas. L'univers déborde d'énergie noire.	-We don't face that, because we have a universe filled with dark energy.
381	00:30:11:10	00:30:16:28	- L'énergie noire a un autre effet. Un effet indésirable.	-Dark energy is causing the universe to do something else, something it would prefer not to do.
382	00:30:17:03	00:30:20:09	Elle accélère l'expansion de l'univers.	It is accelerating the expansion of the universe.
383	00:30:20:26	00:30:26:11	-En devenant plus puissante, elle surcharge l'expansion.	-As dark energy gets stronger, it supercharges this expansion.
384	00:30:26:24	00:30:29:24	L'énergie noire est un peu comme	The presence of dark energy is like
385	00:30:29:29	00:30:34:06	un additif d'octane dans un réservoir.	a high-octane additive into a gas tank,
386	00:30:34:12	00:30:39:28	Il fait que la voiture n'avance pas, mais qu'elle fonce.	where a car isn't just coasting along, It's boosting along,
387	00:30:40:09	00:30:42:20	C'est ce qui se passe dans l'univers.	and that's what's happening with our universe.
388	00:30:43:04	00:30:48:26	- Si c'est vrai, cette accélération durera des milliards d'années.	-If that's correct, this supercharged expansion will continue for the next few billion years.
389	00:30:50:06	00:30:54:08	Cette énergie répulsive deviendra invincible,	The repulsive force of dark energy will become invincible,
390	00:30:54:20	00:30:59:01	mais un tel pouvoir a un coût élevé.	and such unbridled power will come with a high cost.
391	00:31:00:11	00:31:03:17	- Il existe trois armes apocalyptiques :	-I know of three ultimate doomsday weapons.
392	00:31:03:25	00:31:07:08	l'anéantisseur ultime de Galactus,	One is galactus' ultimate nullifier.
393	00:31:07:19	00:31:11:06	les gemmes de l'infini entre les mains de Thanos,	Another is the infinity stones in the hands of Thanos.
394	00:31:11:14	00:31:15:07	mais celles-là sont fausses. L'énergie noire est réelle.	But those two are make-believe. The real one is dark energy.
395	00:31:15:12	00:31:18:17	Le vrai destructeur d'univers.	It's the real ultimate universe destroyer.
396	00:31:20:28	00:31:23:22	- L'univers pourrait payer de sa vie	-The universe may pay the ultimate price
397	00:31:23:28	00:31:27:28	l'expansion exponentielle causée par l'énergie noire.	for this ever-increasing expansion driven by dark energy.
398	00:31:28:16	00:31:32:27	- Si elle accélère éternellement, le futur de l'univers est simple.	-And if that continues forever, the future of the universe is very, very simple.
399	00:31:33:10	00:31:35:16	Il continue son expansion.	It continues to expand, to accelerate.
400	00:31:35:21	00:31:40:00	Tout se sépare de tout, et l'univers devient vide.	Everything moves apart from everything else, and the universe becomes empty.
401	00:31:41:01	00:31:46:09	Un espace vide et froid, partout, c'est tout ce qu'il restera.	There'll be nothing left but cold, desolate, empty space forever.
402	00:31:47:25	00:31:51:27	- L'énergie noire triomphera enfin.	-Dark energy will finally win the long war with dark matter.
403	00:31:52:14	00:31:54:17	Mais ce ne sera pas beau à voir.	But the result won't be pretty.

404	00:31:55:10	00:31:59:29	Cet univers futur sera noir, froid et vide.	This future universe will be cold, dark, and empty.
405	00:32:00:26	00:32:02:26	- Il finira par faire si froid	-Eventually it's going to get so cold that
406	00:32:03:05	00:32:07:18	que rien ne pourra s'y produire. - <i>Le Big Chill.</i>	really nothing can happen in it. -It's the big chill. It gets...
407	00:32:07:27	00:32:11:26	De plus en plus froid et noir. - Tout s'évanouit.	colder and colder and darker and darker. -Everything will fade out,
408	00:32:12:01	00:32:14:26	Il naît dans les flammes mais meurt de froid.	and though it began with a bang, it's going to die in a whimper.
409	00:32:15:05	00:32:18:01	- L'énergie noire tue l'univers.	- The universe flatlines because of dark energy.
410	00:32:19:09	00:32:21:28	- L'univers se termine en <i>Big Chill.</i>	-The universe dies in a big chill.
411	00:32:22:20	00:32:28:03	Les galaxies, bien trop éparpillées, sont seules dans l'obscurité.	Galaxies are so far apart, they're distant islands in a sea of darkness.
412	00:32:29:09	00:32:32:01	Les galaxies s'éteignent à leur tour.	Gradually, the galaxies dies, too.
413	00:32:32:14	00:32:37:04	Les étoiles ne naissent plus, et l'univers s'éteint.	Star birth stops, and the universe fades away.
414	00:32:39:02	00:32:40:15	Mais peut-être pas.	Or maybe not.
415	00:32:40:28	00:32:44:07	Il existe un scénario bien plus violent,	There's another, far more violent scenario.
416	00:32:45:19	00:32:49:21	où l'énergie noire est plus puissante encore.	Here, dark energy just goes from strength to strength.
417	00:32:50:22	00:32:54:21	- Elle pourrait être si puissante	-It could be that dark energy is so strong
418	00:32:54:27	00:33:00:13	que plus l'univers grandit, plus elle gagne en intensité.	that it will multiply upon itself as the universe gets bigger,
419	00:33:00:18	00:33:04:24	On appelle cette variante l'énergie fantôme.	This is a process that we call phantom dark energy.
420	00:33:05:08	00:33:09:11	- C'est une version sous stéroïdes.	-Phantom energy is dark energy on steroids.
421	00:33:09:26	00:33:12:26	Elle se multiplie librement dans les vides	It multiplies uncontrollably in the voids,
422	00:33:13:24	00:33:19:03	et déchire la fabrique de l'univers, un phénomène appelé <i>Big Rip.</i>	tearing at the fabric of the universe in a process called the big rip.
423	00:33:20:22	00:33:25:15	- L'énergie noire est déjà bizarre, mais imaginez un instant	-Dark energy is weird enough, but imagine the possibility that
424	00:33:25:24	00:33:30:26	qu'il y en ait de plus en plus, ce qu'on appelle l'énergie fantôme.	there is more and more of it as time goes on, and it's called phantom energy,
425	00:33:31:17	00:33:36:23	Dans ce cas, même les trous noirs ne survivraient pas.	and in that case, it would rip everything apart, even black holes.
426	00:33:39:29	00:33:43:17	- Les galaxies elles-mêmes seront déchirées.	-It will start to rip apart galaxies themselves.
427	00:33:45:25	00:33:48:13	Les systèmes stellaires.	Rip apart solar systems.

428	00:33:51:19	00:33:55:00	Les gens, les atomes.	Rip apart people, rip apart atoms.
429	00:33:56:23	00:33:58:20	Les noyaux atomiques.	Rip apart nuclei.
430	00:34:01:09	00:34:04:19	- Enfin, l'espace lui-même serait déchiré.	-Until finally, space itself is pulled apart.
431	00:34:05:06	00:34:08:11	- L'univers que nous connaissons serait détruit.	-The universe, as we know it, will be destroyed.
432	00:34:08:16	00:34:11:20	Mais ce ne sera peut-être pas la fin de tout.	But the big rip may not be the end of everything.
433	00:34:15:29	00:34:19:24	Sans matière noire ni matière normale à conquérir,	There will be no normal matter and no dark matter.
434	00:34:21:04	00:34:25:19	l'énergie fantôme pourrait se transformer	And with nothing left to conquer, phantom energy may use its powers
435	00:34:25:25	00:34:29:18	en une force créatrice, engendrant un renouveau.	to become a creator, triggering a rebirth.
436	00:34:31:00	00:34:35:11	- Lorsqu'on aboutit à ce stade de vide ultime,	-Eventually, when you get to this ultimate stage of emptiness,
437	00:34:35:16	00:34:38:26	l'énergie fantôme pourrait inverser le processus.	because of the phantom energy, we're actually able to turn the universe around
438	00:34:39:01	00:34:44:04	L'univers s'effondrerait, créant un cycle de rebonds.	and get it to collapse again, and then go through a series of bounces.
439	00:34:44:10	00:34:46:14	On appelle ça le <i>Phantom Bounce</i> .	So we call it the phantom bounce.
440	00:34:47:21	00:34:52:00	- Via ce phénomène, l'énergie restante dans l'univers	-With this phantom bounce, all life energy left in this dead universe
441	00:34:52:15	00:34:54:06	commence à s'effondrer.	starts to collapse.
442	00:34:54:18	00:34:57:23	- Tout est de plus en plus chaud, de plus en plus dense.	-And eventually it becomes hotter and hotter and denser and denser
443	00:34:58:00	00:35:01:07	Et cette fournaise infernale finit par exploser	and then the fiery inferno eventually pushes you back out
444	00:35:01:12	00:35:05:11	en un nouveau Big Bang. Et le cycle continue à jamais.	into another big bang, and this just keeps going on indefinitely.
445	00:35:07:13	00:35:10:11	- Donc l'énergie annihilatrice et répulsive	-So the destructive and repulsive dark energy
446	00:35:10:19	00:35:14:14	devient une force qui recycle l'univers.	spawns a force that becomes the ultimate universe recycler.
447	00:35:16:14	00:35:18:15	- La fin de l'univers	The end state of our universe
448	00:35:18:22	00:35:23:05	vous mène à un nouveau cycle, à un tout nouveau Big Bang.	would lead you back into another cycle, a whole new big bang from the beginning.
449	00:35:28:14	00:35:31:28	- L'énergie noire pourrait détruire l'univers	-In the end, dark energy may kill the cosmos,
450	00:35:32:03	00:35:34:19	ou en créer un nouveau.	or it may create a new one.
451	00:35:35:11	00:35:38:11	- L'énergie noire est mystérieuse et inconnue.	-Dark energy is mysterious. Dark energy is unknown.

452	00:35:38:16	00:35:43:19	Elle fait ce qu'elle veut. Peut-être qu'elle disparaîtra.	Dark energy is going to do whatever it feels like. Maybe dark energy will go away.
453	00:35:43:25	00:35:45:26	Elle pourrait se désintégrer	Maybe dark energy will decay,
454	00:35:46:01	00:35:48:27	en une soupe de particules et de radiations.	and become a flood of new matter and radiation.
455	00:35:49:03	00:35:53:18	Peut-être qu'elle se renforcera. On ne sait pas.	Maybe dark matter will get stronger. We don't know.
456	00:35:56:19	00:36:01:16	- Aujourd'hui, l'avenir de l'univers semble être entre ses mains.	-For now, we think dark energy will determine the fate of the universe.
457	00:36:02:10	00:36:05:06	Mais nos théories sont spéculatives.	But all of our evidence is speculative.
458	00:36:06:03	00:36:07:23	Et si nous nous trompions ?	What if we have it all wrong?
459	00:36:07:28	00:36:11:23	Et si le secteur noir n'existait pas ?	What if there is no dark universe at all?
460	00:36:30:12	00:36:34:24	Une bonne partie de notre savoir sur l'histoire de l'univers	A large part of our understanding of the universe's past, present, and future
461	00:36:35:07	00:36:40:11	se base sur l'hypothèse de deux forces invisibles,	is based on educated guesswork about two invisible forces -
462	00:36:42:10	00:36:45:00	la matière noire et l'énergie noire.	Dark matter and dark energy.
463	00:36:46:00	00:36:48:04	Mais ce n'est qu'une conjecture.	But it's pure speculation.
464	00:36:49:05	00:36:53:08	- Ces forces n'existent peut-être pas.	-Perhaps dark matter and dark energy don't exist.
465	00:36:53:22	00:36:57:14	L'univers n'a rien d'étrange. - Tout est possible.	There's not new stuff in the universe. -Anything is possible.
466	00:36:57:21	00:37:00:14	Pour l'énergie noire, surtout.	Dark energy, in particular, might not be real,
467	00:37:00:19	00:37:03:12	Autre chose pourrait stimuler l'expansion.	so maybe there's something else that could be pushing the universe apart.
468	00:37:03:17	00:37:07:07	- Donc nous pourrions complètement nous tromper.	-So we could absolutely be wrong about dark energy and dark matter.
469	00:37:07:12	00:37:09:00	Et elles n'existent pas.	Maybe they don't exist.
470	00:37:09:05	00:37:13:17	Demain, on découvrira peut-être qu'on se trompe depuis le début.	Maybe tomorrow we'll discover that our understanding was wrong all along.
471	00:37:14:26	00:37:18:13	- Il y a beaucoup de «peut-être». Ajoutons-en un autre.	-That's an awful lot of maybes. Let's add one more.
472	00:37:19:07	00:37:24:11	Nous cherchons peut-être au mauvais endroit.	When it comes to finding answers, maybe we're looking in the wrong place.
473	00:37:26:17	00:37:30:17	- D'autres univers pourraient exister,	-One possibility is that there are other universes out there
474	00:37:30:26	00:37:33:26	qui «étirent» notre univers en l'attirant.	pulling outward, so to speak, on our universe.
475	00:37:34:19	00:37:39:16	Cela pourrait être la réponse. Mais la plupart des chercheurs	That might be the answer. But most theoretical physicists and astrophysicists these days

476	00:37:39:24	00:37:44:20	pensent que l'énergie noire existe car c'est la plus simple explication	think that dark energy is real because that seems to be the simplest explanation
477	00:37:44:29	00:37:48:08	à de nombreuses observations.	for a wide variety of observations.
478	00:37:49:03	00:37:52:18	- Personne ne sait vraiment ce qu'est l'énergie noire.	-No one really knows what dark energy is made of.
479	00:37:52:28	00:37:55:16	La réponse vient peut-être du passé.	Maybe the answer lies in the past.
480	00:37:56:13	00:38:00:26	- La meilleure théorie est la plus simple et ancienne,	-The best theory for dark energy we have right now is the simplest one and the oldest one,
481	00:38:01:01	00:38:04:02	l'idée de la constante cosmologique.	and that's the idea that it's a cosmological constant.
482	00:38:05:09	00:38:11:04	-En 1917, Albert Einstein a l'idée d'une constante cosmologique .	-Albert einstein came up with the idea of a cosmological constant in 1917.
483	00:38:12:16	00:38:16:02	Il propose que l'espace possède une énergie propre,	He suggested that space has its own energy,
484	00:38:16:10	00:38:19:01	qui peut influencer son expansion.	energy that can affect the way the universe expands.
485	00:38:22:02	00:38:24:29	Quand Hubble prouve l'expansion de l'univers,	When edwin hubble proved the universe is expanding,
486	00:38:25:04	00:38:29:21	Einstein pense que la constante est sa plus grande erreur.	einstein thought the cosmological constant was his biggest blunder.
487	00:38:30:07	00:38:34:29	Mais l'accélération observée de l'expansion de l'univers	But observations that the expansion of the universe is accelerating
488	00:38:35:14	00:38:38:18	prouve qu'Einstein avait raison.	reveal einstein was right all along.
489	00:38:39:04	00:38:45:23	- Et voilà. On reprend son idée. La plus grande erreur d'Einstein	-Well, here we are. We've reintroduced the idea. So einstein's biggest blunder
490	00:38:46:03	00:38:49:07	pourrait en fait être son plus grand triomphe.	may have actually conceptually been his greatest triumph.
491	00:38:53:01	00:38:55:19	-Mais pour comprendre le secteur noir,	-But to understand the true nature of the dark universe,
492	00:38:56:10	00:39:00:19	nous devons peut-être reconsidérer nos théories sur la gravité.	we may need to re-evaluate what we think we know about gravity.
493	00:39:02:24	00:39:05:18	- Il faut aussi prendre en compte	When we're trying to understand dark energy and dark matter,
494	00:39:05:26	00:39:10:01	la possibilité que nos théories sur la gravité soient fausses,	there's a chance that just our fundamental theories of gravity are wrong,
495	00:39:10:06	00:39:12:15	que la relativité soit incomplète.	that general relativity isn't quite right.
496	00:39:14:03	00:39:18:14	- La relativité générale d'Einstein révèle l'action de la gravité,	-Einstein's theory of general relativity explains how gravity works,
497	00:39:18:19	00:39:23:20	comment elle dicte l'orbite des étoiles et des planètes.	how stars orbit in galaxies, and planets orbit stars.
498	00:39:25:18	00:39:28:13	Certains pensent qu'amender cette théorie	Some scientists wonder if altering this theory
499	00:39:28:18	00:39:32:00	pourrait nous aider à comprendre le secteur noir.	will help us understand the dark universe.

500	00:39:32:27	00:39:37:29	- Ce n'est pas que la matière noire doit exister,	-So you need not absolutely believe that there is something actually called dark matter.
501	00:39:38:04	00:39:42:18	mais plutôt que l'univers contient quelque chose qui agit comme tel.	You need to only understand that there is something in the universe which behaves like dark matter.
502	00:39:42:27	00:39:46:20	On pourrait par exemple répliquer ses effets	For example, you could effectively mimic the behaviour of dark matter
503	00:39:46:25	00:39:49:26	en modifiant nos théories sur la gravité.	by modifying our current theory of gravity.
504	00:39:50:10	00:39:55:21	- Or, modifier la théorie d'Einstein n'est pas mince affaire.	'-But successfully modifying Einstein's theories on gravity is a big challenge.
505	00:39:56:21	00:39:58:24	- Ses équations sont robustes.	Einstein's equations are very robust.
506	00:39:59:00	00:40:02:11	On n'y chipote pas impunément.	You don't fluff around with Einstein with impunity.
507	00:40:05:09	00:40:10:00	- Depuis des décennies, les théoriciens veulent les modifier	-For decades, theoretical physicists have toyed with Einstein's equations,
508	00:40:10:21	00:40:14:17	pour trouver une réponse à ce secteur noir,	looking for ways to explain dark matter and dark energy,
509	00:40:14:29	00:40:19:19	ou pour le faire disparaître. Jusqu'ici, personne n'a réussi.	or make them go away. As yet, no one has managed.
510	00:40:19:26	00:40:22:24	Le secteur noir persévère.	The dark universe persists.
511	00:40:23:26	00:40:27:10	- Pour moi, la meilleure explication qu'on ait	-I think that the best description of the observations we have today
512	00:40:27:17	00:40:30:10	est que la matière noire existe.	is that dark matter exists. It's out there,
513	00:40:30:17	00:40:36:12	Et l'énergie noire aussi. - Pour moi aussi, mais je dois dire	as well as dark energy. I think dark energy exists. -I think dark energy is real, but I must admit
514	00:40:36:18	00:40:40:03	que parfois, à 3 heures du matin, je me réveille en sueur	that sometimes, at 3 o'clock in the morning, I wake up screaming,
515	00:40:40:09	00:40:44:22	terrifié à l'idée que nous nous trompions.	worried that, in fact, we've settled on the wrong answer,
516	00:40:44:29	00:40:48:24	Que dans des siècles, on se moquera de nous.	and that in a couple hundred years, they're going to be laughing at us.
517	00:40:51:26	00:40:57:03	- D'ici là, nos observations indiquent que le conflit entre ces deux forces	-Until then, our observations tell us the battle between dark matter and dark energy
518	00:40:57:16	00:40:59:14	a bien façonné l'univers.	has shaped the universe.
519	00:41:03:05	00:41:05:10	La matière noire a régi le passé,	Dark matter dictated the past,
520	00:41:06:20	00:41:10:20	construit les galaxies, les étoiles et les planètes.	built the galaxies, the stars, and the planets.
521	00:41:11:21	00:41:14:19	L'énergie noire dirigera l'avenir,	Dark energy will determine its future,
522	00:41:14:25	00:41:17:16	jusqu'au potentiel <i>Big Rip</i> .	potentially tearing the universe apart.
523	00:41:18:07	00:41:21:16	-Même si on ne les observe pas directement,	-Just because we can't see dark matter and dark energy directly

524	00:41:21:24	00:41:24:11	ces forces ont joué un rôle important	doesn't mean they have not had a profound effect
525	00:41:24:18	00:41:30:03	dans le développement de l'univers. - Depuis le commencement,	on the evolution of the entire universe. -The dark universe was there at the beginning of the universe,
526	00:41:30:09	00:41:33:27	elles ont façonné l'univers, et l'ont rendu habitable.	shaping it, and actually creating the conditions for us to be here,
527	00:41:34:02	00:41:39:10	Elles ont pris le contrôle, et pourraient détruire l'univers.	and it's taken over the universe. And, eventually, it may well destroy the universe.
528	00:41:41:13	00:41:46:28	- L'univers n'est peut-être que leur champ de bataille.	-Our universe may be dominated by the long struggle between dark matter and dark energy.
529	00:41:47:19	00:41:51:03	Mais le dénouement de cette bataille est créatif.	But all of this conflict has led to a creative outcome,
530	00:41:51:15	00:41:55:02	Un dénouement qui joue en notre faveur.	an outcome for which we should all be grateful.
531	00:41:55:26	00:42:01:07	- Le nom «matière noire» suggère quelque chose de néfaste.	-The name dark matter suggests that it's something nefarious and somehow bad for us,
532	00:42:01:09	00:42:04:18	Mais en fait, la matière noire est notre alliée,	but actually it's turned out that dark matter is very much our friend.
533	00:42:05:05	00:42:09:22	puisque sans elle, nous n'existerions pas.	Because if it weren't for the dark matter, we wouldn't be here.
534	00:42:10:09	00:42:13:03	- Le nom «secteur noir» est ironique,	-There's a wonderful irony to calling it the dark universe,
535	00:42:13:09	00:42:16:16	car il clarifie les mystères de nos origines,	because now we're actually beginning to shed light on how the universe began,
536	00:42:16:21	00:42:18:29	et des structures de l'univers.	how the largest structures in the universe evolved.
537	00:42:19:04	00:42:22:04	Sans lui, nous n'existerions pas.	We wouldn't be here without this dark universe. It's not dark at all.
538	00:42:22:10	00:42:25:08	En fait, le secteur noir nous éclaire.	It's shedding light on our own reality.