|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Texte Français – anglais** | | Inyandiko mu kinyarwanda |
| **1** | | |
| **Les aventures d'Anselme Lanturlu**  Big Bang  Big Bang  Jean-Pierre Petit  Jean-Pierre Petit  Traduit par :  Translated by : | | Ingyendo nshakisha z’Anselimi Lanturulu  Bigi Bange  Johani-Petero Petit  Byahinduwe na :  Mohamed Abdel aziz Kamanzi |
|  | | |
| **1** | | |
| Parlez-moi un peu…hum…de cette peur du changement que vous éprouvez… | | Cyo mbwira gato ….hume…hume… ku bijyanye n’ubwo bwoba ugira burebana n’impinduka … |
| Tell me more…mmm…about this fear of the unknown from which you are suffering… | |
| **2** | | |
| PROLOGUE | | INKOMOKO Y’INKURU |
| PROLOGUE | |
| Tu sais, Sophie, souvent je me demande d’où viennent les choses, comment s’est fait l’Univers… | | Urabizi, Sofi, kenshi njya nibaza aho ibintu byose bituruka, uko Iniveri yaremwe, …. |
| You know, Sophie, I sometimes wonder where everything came from. How the Universe was made… | |
| Est-ce que TOUT a toujours été ainsi ? La terre, le ciel ? | | Ese IBINTU BYOSE byahozeho nk’uku bimeze ubu ? isi, ijuru ? |
| Has everything always been the same as it is now? The earth, the sky? | |
| Est-ce que le ciel a toujours été bleu ? | | Ese ijuru ryahoze, igihe cyose, risa n’ubururu ? |
| Has the sky always been blue? | |
| Les étoiles ont-elles toujours brillé sur un fond de ciel noir ? | | Ese inyenyeri zahozeho igihe cyose zicanye; inyuma ya zo hagaragara ijuru ryijimye ry’umukara ? |
| And have the stars always shone out of a black sky at night? | |
| Au TOUT COMMENCEMENT, notre Univers était tout petit et très chaud : un enfer minuscule. | | Kw’ITANGIRIRO RYA BYOSE, Iniveri yacu yari nto cyane kandi ishyushye by’umurengera: yari nk’itanure rito, rihora ryaka. |
| At the very beginning, our Universe was very small and very hot, like a concentrated hell. | |
| Et tout a pété ? | | Hanyuma rero, rimwe byose biraturika ? |
| And everything blew up? | |
| Oui, mais c’est une très longue histoire, et pour la raconter il faut remonter il y a très, très longtemps. | | Yego, ariko ni inkuru ndende cyane, kandi kugirango umuntu ayiganire ho, bisaba gusubira inyuma cyane, inyuma cyane pe. |
| Yes. But it’s a very long story, and to tell it, I’ll have to start a long, long time ago. | |
| Oh, venez voir ! | | Ohu, nimuze murebe ! |
| Hey! Come and see what I’ve found! | |
| **3** | | |
| Qu’est-ce que c’est que ce truc bizarre ? | | Ariko se icyo kiburagasani ni kintu nyabaki ? |
| It’s weird. I wonder what it is? | |
| EXPERIENCE EN COURS – NE PAS TOUCHER  ZERO – 1/100e seconde – 1/10e de seconde – 1 seconde – 13 secondes – 35 min – 700 000 ans - MAINTENANT | | AMAGEZA ARIHO ARAKORWA – NTUKOREHO  UBUSA – 1/100 ky’isogonde – 1/10 ky’isogonde –i segonde 1 – amasegonde 13 – iminota 35 – imyaka 700 000 – UBU NGUBU. |
| EXPERIMENT IN PROGRESS – DO NOT TOUCH  ZERO – 1/100 sec – 1/10 sec – 1 sec – 13 sec – 35 min – 700,000 years - NOW | |
| On dirait une sorte de CHRONOTRON. | | Wagirango ni ikintu cyo mu bwoko bwa KORONOTORONI. |
| I’d say it was a kind of chronotron. | |
| Ces graduations…vous ne trouvez pas cela étrange ? | | Ziriya ndasago… ntimubonako ziteye amakyenga ? |
| Yur..But don’t those markings look a bit strange? | |
| SOUDAIN… | | AKO KANYA… |
| SUDDENLY… | |
| Mi !!!! | | Mi !!!! |
| Eeee | |
| Tirésias, enlève-toi de là. !!!! | | Tireziasi, ikure aho ngaho vuba. !!! |
| Tiresias, watch out! | |
| KLONG ! | | KOLONGE ! |
| KLONG! | |
| **4** | | |
| LE COMMENCEMENT DE TOUT | | ITANGIRIRO RYA BYOSE |
| THE VERY BEGINNING | |
| Tirésias, tu n’as rien ? | | Tireziyasi, ntacyo ubaye ? |
| Tiresias, you ok? | |
| ZERO – 1/100e seconde – 1/10e de seconde – 1 seconde – 13 secondes – 35 min – 700 000 ans- 10 milliards d’années – 50 milliards d’années | | UBUSA – 1/100 ky’isogonde – 1/10 ky’isogonde –segonde 1 – amasegonde 13 – iminota 35 – imyaka 700 000 – imyaka miliyaridi 10 – imyaka miliyaridi 50 |
|  | |
| Moi, non. mais tu as changé la position du levier, sur cette bizarre machine… | | Jyewe, oya, ariko wahinduye icyicaro cy’interura, kuri iriya nyagwa y’imashini… |
| No bones broken…but you’ve changed the position of the lever on that gadget there. | |
| Et alors ? | | Hanyuma se ? |
| So? | |
| On dirait que tu l’as remise à zéro. | | Umuntu yagirango wayisubije kuri zero. |
| I’d say you’ve set it back to zero. | |
| Hé, il y a un type, là-bas… | | Hee, hari umuntu, hariya… |
| Eh, there’s a funny old geezer over there… | |
| Qu’est-ce qu’il fiche ? | | Arakora iki ? |
| What’s he up to? | |
| Hep, monsieur, s’il vous plaît ? .. | | Hepe, bwana we, Nyabuneka ?... |
| Excuse me, Sir, but I… | |
| Ah, nom de Dieu de nom de Dieu !.. | | Ahaa, mw’izina ry’Imana ryo mw’izina ry’Imana !.. |
| Oh my God my God my God! | |
| 5 | | |
| Ca y est, c’est encore raté ! | | Ngu ko, byanze kandi ! |
| That’s done it. Another failure! | |
| Je me suis fait avoir… | | Nishyize mu kagozi… |
| And I’d just finish it… | |
| Si c’est de la moquette que vous essayez de poser, vous vous y prenez comme un vrai manche, ça c’est vrai ! | | Nimba ari umusambi mugerageza kurambura, murabyifatamwo nabi, kandi uko ni ukuri ! |
| If you’re trying to lay the carpet, you’ve made a real pig’s breakfast of it, that’s true! | |
| Il a l’air d’avoir des problèmes avec sa moquette, votre copain. | | Inshuti ya nyu, irasa nifite ibibazo yatewe n’uriya musambi we. |
| the gentleman is having problems with his carpet, Archie. | |
| Quel désastre…des plis partout !.. | | Mbega amakuba… imikunjo ahantu hose !.. |
| It’s a disaster. Bumps everywhere! | |
| C’est normal qu’il y ait des plis. Vous avez voulu trop en mettre. La moquette est comprimée… | | Ni ibisanzwe ko haza imikunjo. Mwashatse gushyiraho myinshi. Umusambi wiyegeranije… |
| You’d expect to get bumps. You’ve tried to fit too much in, and the carpet’s got compressed… | |
| Tsss…s’il n’y avait pas de compression il n’y aurait pas d’énergie: il n’y aurait que de l’espace… | | Tisisii… iyo hatabaho itsindagira nta mbaraga zari kuhaboneka: hari kuba hari esipase gusa… |
| Tsss…without any compression there wouldn’t be any energy. Only empty space… | |
| Si encore c’était uniformément plissé ! Mais il y a des paquets de plis, qui se promènent anarchiquement, à une vitesse de trois cent mille kilomètres par seconde. | | Iyaba byari bitsindagiye kimwe hose ! ariko hari ahari amatsinda y’imikunjo, abungera uko yishakiye hirya no hino ntagahunda, k’umuvuduko wa kilometero ibihumbi magana atatu kw’isegonde. |
| I wouldn’t mind if the bumps were more evenly spaced. But there are hordes of bumps, wandering all over the place. At a speed of 300,000 kilometers per second. | |
| C’est quantique…c’est diablement quantique… | | Ibyo ni kwatikye… ni nk’idayimoni rya kwatikye… |
| It’s quantic…diabolically quantic… | |
| C’est quoi ?.. | | Ni iki ?.. |
| It’s what? | |
| 6 | | |
| Il n’y a pas grand CHOSE dans cet univers là ! | | Nta KINTU gikomeye muri iriya iniveri ! |
| If that’s a Universe, it hasn’t got many things in it! | |
| Mais si !  Ici les CHOSES sont ces espèces d’ondulations baladeuses. | | Yego ariko !  Hano ibintu bihari ni bwa bwoko bw’imihiro ibungera. |
| But it has!  Its things are these kinds of wandering waves. | |
| L’Univers présenté ici n’a que deux dimensions, c’est donc une SURFACE dont les reliefs figurent les particules, les masses, le rayonnement. Si tu appartenais à cet Univers bidimensionnel, voilà à quoi tu ressemblerais. | | Iniveri yerekanwe hano ifite gusa dimansiyo ebyiri, ubwo rero ni IKIBYATARARE cy’amabondo yerekana amaparitikile, amamase, umurasire. Iyaba wabaga muri iyi Iniveri nyadimansiyo ebyiri, dore uko wari kuba usa. |
| This particular Universe only has two dimensions, so it’s a surface. Bumps on the surface correspond to particles, masses, and radiation. If you were living in this two-dimensional world, this is what you would look like. | |
| Dans notre monde tridimensionnel, les particules sont aussi des variations locales de la courbure. | | Muri iyi si yacu nyadimansiyo-eshatu, amaparitikile ni kandi amahinduranya y’ubuhetame bw’aho ngaho. |
| In our actual three-dimensional world, particles are also local variations in curvature. | |
| C’est pas joli, c’est pas joli du tout… | | Ntabwo ari byiza, ntabwo ari byiza na gato… |
| It’s not pretty, not pretty at all… | |
| C’était mieux avant. | | Byari byiza kurushaho mbere. |
| It was better before. | |
| Avant quoi !? | | Mbere y’iki !? |
| Before what? | |
| Enfin…j’appellerai ces plis baladeurs des PHOTONS. | | Urebye… nakwita iyo mikunjo nzererezi, AMAFOTONI. |
| To heck with it…I’ll call these wandering waves photons. | |
| 7 | | |
| Ah, nom de Dieu de nom de Dieu !  Voilà autre chose maintenant… | | Ahaa, mw’izina ry’Imana ryo mw’izina ry’Imana!  Dore ikindi kintu noneho ubu… |
| Oh my God my God my God! There are more of the things! | |
| Quoi ? | | Iki ? |
| More? | |
| Non seulement ça flocule, mais ça turbule. Du beau travail ! | | Ntanubwo gusa bizunga bisubira inyuma, ahubwo biranizungurutsa. Ni umurimo mwiza ! |
| That’s not just a lump, either; It’s rotating. God help us all! | |
| Mais regardez cela !  Il y en a partout !!!! | | Ariko reba kiriya !  Biri hose !!! |
| Yes – Look at that! There’re all over the place! | |
| On dirait des petits tourbillons. Comme quand on fait comme cela dans un drap de lit. | | Wagirango ni twa serwakira duto. Ni nk’iyo ukoze gurtya mw’ishuka yo k’uburiri. |
| There is like the twists you sometimes get in the bedclothes. Or eddies in water. Crazy eddies. | |
| C’est curieux, il y en a qui tournent dans un sens, et d’autres dans le sens inverse. | | Biteye amatsiko, hari utuzenguruka dukurikije inzira imwe, kandi hari n’utundi tuzenguruka ndukurikije indi nzira inyuranye n’iyambere. |
|  | |
| Comme vos photons, ils vont à 300 000 km/s | | Ni nka yamafotoni yanyu, tugendera k’umuvuduko wa km 300 000 / s. |
| And just like photons, they move at 300,000 km/sec. | |
| J’appellerai ces tourbillons baladeurs NEUTRINOS, quand ils tourneront comme ceci : | | Nzita utwo twa serwakira nzererezi NETIRINO, igihe tuzaba tuzenguruka dukurikije iyi nzira: |
| I’ll call these eddies Neutrinos when they turn this way: | |
| Et ANTINEUTRINOS quand ils tourneront en sens inverse : | | Kandi izizenguruka zikurikije inzira ibusanije n’iyambere nzazita ANTINETIRINO. |
| And antineutrinos when they turn the other way. | |
| 8 | | |
| C’est vachement agité. Sur votre moquette, pas un seul endroit plat. Les plis sont littéralement les uns contre les autres (\*) | | By’ukuri turitingisa pe. Ku mu samba wanyu, nta nahamwe habyataraye. Imikunjo rwose iregeranye imwe ku yindi (\*) |
| It’s wobbling like jelly. There isn’t a single flat spot on the entire carpet. The bumps are jammed right next to each other (\*) | |
| Cet Univers est très, très instable. Complètement raté !.. | | Iyi Iniveri nta cyicaro kiri hamwe ifite, ntiyicaye hamwe na busa. Yarapfubye rwose !.. |
| This universe is very, very unstable. A total failure! | |
| S’il y avait encore un peu d’ordre dans tout cela ! Mais c’est la chienlit. Tout est distribué au hasard ! | | Iyaba byibuze, ibyo byose byari bipanze neza kuri gahunda. Ariko byose bigiye biri hirya no hino, wagirango ni mu buriri bw’imbwa. Biranyanyagire nta mupango ! |
| It only there were some order in there somewhere. But it’s a real dog’s dinner…everything wandering about at random. | |
| J’ai horreur des jeux de hasard ! | | Jye ngira ubwoba bw’imikino y’akavuyo ! |
| And I hate games of chance! | |
| Le hasard, mon ami, c’est le diable ! | | Nshuti ya njye, akavuyo, ni shitani ! |
| Chance, my friend, is utterly diabolical! | |
| Ah… | | Ahaa… |
| You said it… | |
| COSMOSOL LE REVÊTEMENT UNIVERSEL | | KOSIMOSOLE, IKIRINGITI CYA INIVERI YOSE. |
| Cosmosol the universal covering | |
| Je ne joue même pas aux dés… | | Yewe sinjya nkina n’akamari… |
| I don’t even like playing the dice… | |
| Oh, regardez ! Il se passe QUELQUE CHOSE par là-bas… | | Ohu, reba ! hari IKINTU kiriho kiraba hariya… |
| Hey, look! There’s something happening down there! | |
| (\*) Propriété de ce qu’on appelle le RAYONNEMENT DU CORPS NOIR (le diable sait pourquoi…) | | (\*) Imyitwarire y’icyo bita UMURASIRE W’IKINTU CYIRABURA (satani azi impamvu…) |
| (\*) A property known as black body radiation (God knows why). | |
| **9** | | |
| Voilà deux plis baladeurs qui vont à la rencontre l’un de l’autre. Ils vont se rentrer dedans. | | Dore imihiro ibiri y’inzererezi umwe wose igyenda usanga uwundi. Igiye kugongana. |
| Two of those perambulating protuberances are about to collide with each other. | |
| BLEB ! | | BELEBE ! |
| BLUNK! | |
| Quel TOHU-BOHU mes amis ! | | Nshuti zanjye mbega AKAVUYO ! |
| So much for your no-claims bonus. | |
| Maintenant cela fait des cloques. L’une vers le haut et l’autre vers le bas. | | Ubu biriho birasubira inyuma, kimwe kireba hejuru, ikindi kireba mu nsi. |
| Now they’ve turned back into separate bumps. Well, one bump and one dent. | |
| Elles s’éloignent l’une de l’autre à une vitesse qui est proche de 300 000 km/seconde | | Kimwe cyose kiritaza ikindi k’umuvuduko ujya kwegera km 300000/segonda. |
| They’re moving apart at a speed close to 300,000 km/sec. | |
| 10 | | |
| Bon. J’appellerai les bosses MATIERE, et les creux ANTIMATIERE. Il y a de la COURBURE, donc de la MASSE. | | Byiza. Nzita amapfupfu MATSIYERI, naho ibifukuye INDWANYAMATSIYERI.  Hariho u BUHETAME, ni ukuvuga MASE. |
| Fine. I’ll call the bumps matter and the dents antimatter. They posses curvature, which implies mass. | |
| Le photon, creux et bosse tout en même temps, est sa propre antiparticule. | | Fotoni yo irafukuye kandi ni ipfupfu, ubwo rero ni partikile ubwayo kandi ikongera ikaba indwanyapartikile yayo bwite. |
| The photon, a bump and dent at the same time, is its own antiparticle. | |
| MATIERE et ANTIMATIERE, nées des collisions entre photons, apparaissent à des vitesses relativistes. | | MATSIYERI n’ INDWANYAMATSIYERI, byaturutse mw’isekurana ry’amafotoni, bigaragarana imivuduko nyarolativite. |
| Matter and antimatter, born from the collisions of photons, appear at relativistic speeds. | |
| Bosse, creux, tout cela est arbitraire. | | ipfupfu, imfukure, ibyo byose ni ibyitiriro. |
| Bump, dent, that’s an arbitrary distinction. | |
| Quel est le sens de cette profonde réflexion, mon cher Tirésias ? Il y a des choses qui apparaissent en creux, et d’autres en bosses. Cela me paraît évident… | | Nshuti yanjye Tireziyasi, ni ikihe gisobanuro cy’icyo gitekerezo kirekire ?  Hari ibintu bigaragara nk’imfukure n’ibindi nk’amapfupfu. Ibyo bibonwa na buri wese… |
| Wot’s the point o’ that profound remark, Tiresias old fruit? There’s fings wot looks like bumps and uvver fings wot looks like dents. That seems h’obvious enough… | |
| C’est parce que nous sommes de ce côté-ci de la moquette. Si nous étions sur l’autre, les bosses deviendraient des creux et les creux des bosses. | | Ni uko turi kuri uru ruhande rw’umusambi. Iyo tuza kuba turi k’urundi ruhande, amapfupfu yahinduka imfukure; naho imfukure zigahinduka amapfupfu. |
| That’s because we’re on this side of the carpet. If we were on the other side, the bumps would become dents and the dents bumps. | |
| Mais… je ne vois qu’un seul côté !!! | | Ariko… jye ndabona uruhande rumwe gusa !!! |
| Yur…but I can only see one side! | |
| Tirésias !!! | | Tireziyasi !!! |
| Tiresias !!! | |
| **11** | | |
| Il n’y a plus moyen de rigoler un peu… | | Nta buryo na bucye bwo guseka bugihari… |
| Just my feeble little joke, officer… | |
| Encore un épistémoflic (\*) | | Dore kandi umupolisi w’ubumenyi(\*) |
| Another epistocop! (\*) | |
| Attendez ! Là…quand une bosse et un creux se rencontrent assez lentement, cela redonne deux plis baladeurs. C’est l’opération inverse. | | Buretse ! Hariya … iyo ipfupfu n’imfukure bihuye bigenda buhoro cyane, bitanga imihiro ibiri nzererezi. Ni igikorwa ncurikaburyo. |
| Look…there! If a bump and a dent collide slowly enough, you get back two wandering wavelets. It’s the inverse operation! | |
| Hum…simple ANNIHILATION d’une particule de matière et de son antiparticule. Cela redonne deux photons. | | Humu… IYONGA risanzwe rya paritikile ya matsiyeri na ndwanyaparitikile ya yo. Ibyo bitanga fotoni ebyiri. |
| Hmm…simple annihilation of one particle of matter and its antiparticle. That gives two photons. | |
| C’est le TOHU-BOHU | | Ako ni AKAVUYO ko muri kosimosi |
| Cosmic chaos | |
| Hmm… | | Humuu… |
| Hmmm… | |
| (\*) de Epistémé : la science et Flic : Flic | | (\*)umucunzi wa Episitemoloji:  Episitemoloji: imyigire k’ubumenyi  Umucunzi w’ubumenyi |
| (\*) From epistemology (theory of knowledge) and cop (cop) : thought police. | |
| **12** | | |
| Les créations et décréations de particules, à partir de paires de photons, se succèdent à un rythme effréné. Dans ce monde chaotique, ce monde du changement, pas de structures. Seulement un fourmillement serré de photons, de neutrinos, d’antineutrinos, et de nombreuses particules et antiparticules, fugaces et variées. C’est le TOHU-BOHU (\*) | | Ikorwa n’isenywa ry’amapartikile, uhereye kw’itsinda nyabibiri ry’amafotoni, bikurikirana ku karindi kihuse. Muri iyi si y’akavuyo, iyi si y’impinduka, nta mitererempagaze ibamwo.  Gusa habamwo inyuranamwo rya cyane rya za fotoni, rya za netirino, rya za ndwanyanetirino, hamwe na paritikile na ndwanyaparitikile byinshi, z’umuvuduko mwinshi n’uburambe bw’igihe gito cyane, kandi zinyuranye. Ni AKAVUYO (\*) |
| Creations and annihilations of particles, by means of pairs of photons, follow each other in a frantic rhythm. In this chaotic world of ceaseless change, there are no recognizable structures. Only a swarming mass of photons, neutrinos, antineutrinos, and a host of other particles and antiparticles, fleeting and varied. It’s chaos (\*). | |
| Moi ça me fait penser aux SEXONS | | Jye bintera gutekereza kuri za SEGISONI |
| That makes me wonder about sexons. | |
| C’est quoi les SEXONS ? | | SEGISONI ni iki ? |
| Wot the blazes are sexons? | |
| Ce sont des particules qui passent leur temps à se reproduire. | | Ni paritikile zimara umwanya wazo wose zibyaragura. |
| Particles that spend their time reproducing. | |
| Apparemment, il y a des plis baladeurs de largeurs très diverses, de même qu’il y a des bosses étroites et hautes ou larges et plates. | | Uko tubibona, hari imikunjo nzererezi y’ubugari bunyuranye cyane, nk’uko hari amapfupfu mato kandi maremare n’andi yagutse kandi abyataraye. |
| As far as I can see, you can have wandering waves of different sizes, as well as tall thin bumps or short fat ones. | |
| (\*) voir LA BIBLE | | (\*) reba BIBIRIYA |
| (\*) See The Bible | |
| 13 | | |
| J’appellerai LONGUEUR D’ONDE λ cette envergure des plis baladeurs, les PHOTONS. | | Nzita λ, UBUREBURE BWA ONDE naho indeshyo y’imikunjo nzererezi, ama FOTONI |
| call the size of these wandering waves –photons- their wavelength λ (lambda). | |
| Supposons que je crée une oscillation baladeuse en secouant cette corde. Je la secoue d’abord doucement, j’y mets peu d’énergie et la longueur d’onde λ est grande. | | Reka dutekereze ko nkoze umihiro nzererezi igihe nyeganyeje uyu mugozi. Ubwambere ndawuzunguza buhoro, nkoresheje imbaraga nkye noneho ubwo uburebure bwa onde λ buba burebure. |
| Suppose I create a traveling wave by shaking this rope. If I shake it gently I give it very little energy and the wavelength λ is large. | |
| Si je secoue maintenant plus sèchement la corde, si je lui communique plus d’ÉNERGIE, la longueur d’onde λ sera nettement plus courte. | | Ubu noneho reka nyeganyeze cyane uyu mugozi, ni nongera IMBARAGA zi wunyeganyeza, uburebure bwa λ buzaba buguvi pe ugereranije n’ubwambere. |
| Now if I shake the cord much harder, I give it a lot of energy and the wavelength λ is short. | |
| Mi ! | | Ye ! |
| Eeek! | |
| De sorte que plus une onde véhicule d’énergie et plus sa longueur d’onde est petite. | | K’uburyo rero, uko onde ijyenda itwaye imbaraga ni nako uburebure bwa yo buba bugufi. |
| So the more energy a traveling wave has, the shorter its wavelength must be. | |
| Je dirai que l’énergie véhiculée par un PHOTON, un grain de LUMIERE, sera INVERSEMENT PROPORTIONNELLE à sa LONGUEUR D’ONDE λ : E varie comme 1/λ | | Nzavuga ko imbaraga zitwawe na FOTONI, akamanyu k’URUMURI,zizajyenda zihinduka MU NCURIKABURYO ugereranije n’UBUREBURE BWA ONDE λ: E ihinduka bu burtyo bumwe na 1/λ |
| decided that the energy carried by a photon, a particle of light, will be inversely proportional to its wavelength λ. That is, E varies as 1/λ. | |
| Comme ça, ça ira… | | Birtyo, bizakunda … |
| That’s the way it will be… | |
| **14** | | |
| PLUS ON EST PETIT ET PLUS ON EST LOURD | | UKO BIBA BITO NI NAKO BIREMERA CYANE |
| THE SMALLER THINGS ARE, THE HEAVIER THEY ARE | |
| D’accord pour ces plis baladeurs, que vous appelez PHOTONS. Mais qu’est-ce qui différencie les creux ou les bosses étroits et hauts des creux ou bosses larges et plats ? | | Yego ndabyemeye kuri iriya mikunjo nzererezi mwita FOTONI. Ariko se ni iki gitandukanya imfukure cyangwa amapfupfu byegeranye kandi birebire n’imfukure cyangwa amapfupfu byagutse kandi bibyataraye ? |
| That’s ok for these wandering wavelets you’ve named photons. But how are we going to tell the difference between high bumps and low bumps? Or dents? | |
| Je vais appeler cette largeur des creux et des bosses la LONGUEUR D’ONDE DE COMPTON λc ; la MASSE m lui sera INVERSEMENT PROPORTIONNELLE. Soit m variant comme 1/λc | | Ngiye kwita buriya bwaguke bw’imfukure n’amapfupfu UBUREBURE BWA ONDE YA COMPTON λc ; MASE m yo, izahinduka ariko ikurikije inzira NCURIKABURYO. Ni nko kuvuga ngo izahinduka mu buryo bumwe na 1/λc. |
| I’am going to call the size of the bumps and dents their Compton wavelength λc. Their mass m will be inversely proportional. So m varies as 1/λc. | |
| Des photons très énergétiques, de courte longueur d’onde, donneront naissance à des particules (et antiparticules) de masse m élevée, étroite et haute. | | Fotoni z’imbaraga nyinshi, z’uburebure bwa onde bugufi, zizabyara amaparitikile (hamwe na ndwanyaparitikile) za mase m nini cyane, yegeranye kandi ndende. |
| Highly energetic photons, having a short wavelength, produce particles (and antiparticles) that are tall and narrow; that is, have a large mass m. | |
| λ faible | | λ nto |
| λ small | |
| Photons | | fotoni |
| Photons | |
| λc faible : longueur d’onde de Compton petite  masse m grande | | λc nto : uburebure bwa onde ya Compton bugufi;  mase m nini |
| λc small : Compton wavelength short  mass m large | |
| Antimatiere | | ndwanyamatsiyeri |
| antimater | |
| matiere | | matsiyeri |
| mater | |
| **15** | | |
| Photons de grande longueur d’onde λ | | Fotoni zifite uburebure bwa onde λ bunini |
| Long-wavelength photons | |
| m faible | | m nto |
| m small | |
| matiere | | matsiyeri |
| mater | |
| antimatiere | | ndwanyamatsiyeri |
| antimater | |
| Photons de grande longueur d’onde 🡪 particules de grande longueur d’onde de Compton. | | Fotoni zifite uburebure bwa onde bunini 🡪 paritikile zifite uburebure bwa onde ya Compton bunini. |
| Long-wavelength photons -> particles with long Compton wavelength. | |
| Inversement, des photons relativement peu énergétiques donneront naissance à un couple particule-antiparticule de grande longueur d’onde c’est-à-dire de faible masse: λc grand, m faible. | | Dukurikije incurikaburyo, fotoni ugereranije z’ingufu nkye, zizabyara itsinda nyabubiri paritikile-ndwanyapartikile zifite uburebure bwa onde bunini, ni ukuvuga bifite mase nto: λc nini, m nto. |
| Conversely, photons with relatively low energy rise to a particle-antiparticle pair with long Compton wavelength. That is, low mass: λc large, m small. | |
| En fait, c’est même beaucoup plus simple. A ce que je vois λ=λc (\*), c’est-à-dire que les particules (et antiparticules) sont de même « taille » que les photons qui les créent. | | Mu bigaragara, ni ibintu ubundi byoroshye cyane. Nkurikije uko mbibona λ=λc (\*), ni ukuvuga ko za paritikile ( na ndwanyaparitikile) zifite uburebure bumwe nka za fotoni zizibyara. |
| In fact, it’s really a lot simpler. I can assume that λ=λc, in other words that the particles (and antiparticles) are the same « size » as the photons that created them. | |
| Ce qui fait que lorsqu’on connaît la MASSE d’une particule quelconque, on connaît immédiatement la longueur d’onde du rayonnement qui l’a créée. | | Ni ukuvuga ko iyo uzi MASE ya paritikile iyariyo yose, umenya neza ako kanya uburebure bwa onde y’umurasire wa yibyaye. |
| And that means that once you know the mass of any particle, you can immediately deduce the wavelength of the radiation that created it. | |
| (\*) On se rappellera que E(énergie) = m(masse). Voir TOUT EST RELATIF. | | (\*) twibuke ko E(ingufu) = m(mase). Reba BYOSE BIFITANYE ISONO. |
| (\*) Remember that E (energy) equals m (mass). See Everything is relative, same series. | |
| **16** | | |
| Eh, attendez ! Il y a quelque chose qui cloche dans toute cette histoire ! Ca ne va pas du tout… | | Eheee, mube muretse ! hariho ikintu kidasobanutse muri iyo nkuru yose ! Ntakigenda rwose… |
| Hold it! There’s something screwy about all this! It won’t do at all… | |
| BING | | BINGI |
| PING | |
| OH, PARDON ! | | OHE, MBABARIRA ! |
| Woops, sorry. | |
| Les PROTONS et les NEUTRONS ont presque la même masse. Ils sont DONC de même taille. Mais l’électron est beaucoup plus léger. Logiquement, il devrait être...plus gros !?! | | POROTONI na NETORONI zifite mase zijya kungana. Zifite RERO umubyimba umwe. Ariko elegitoroni yo ifite uburemere bukye cyane.  Mu by’ukuri, yakagombye kuba ari …. Nini kuzirusha !?! |
| Protons and neutrons have almost the same mass. Therefore they have the same size. But an electron is much lighter. Logically, the electron must be…larger? | |
| Exact. Le PROTON et le NEUTRON pèsent 1,66.10-27 Kg ; L’électron pèse 9,1.10-31 Kg. Il est donc 1850 fois plus léger : donc 1850 plus « grand ». | | Rwose neza. POROTONI na NETORONI bipima kg 1,66.10-27 imwe yose; elegitoroni ipima kg 9,1.10-31. Rero ifite uburemere buto cyane.  Ni icya rimwe ku 1850 cya kimwe cyose: ni ukuvugako ikubye imwe yose inshuro 1850 mu “bunini”. |
| That’s right. The proton and neutron weigh 1.66x10-27 kg. The electron weighs 9.1x10-31 kg. So it’s 1850 times lighter, that is, 1850 times « bigger ». | |
| Je…euh…ouh la là… | | Jye…eh…uuh la la… |
| I…er…oh heck… | |
| Tu as déjà vu un proton, toi ? | | Hari ubwo wari bwabone porotoni, wowe ? |
| Have you ever seen a proton? | |
| Euh…NON… | | Ehi… OYA… |
| …no. | |
| Alors ! | | Nonese ! |
| Well, then! | |
| **17** | | |
| Ah, elle est belle, la genèse d’aujourd’hui ! | | Aha, ni meza, amateka y’uno munsi ! |
| The genesis of today is utterly fascinating. | |
| Qu’est-ce que tu fabriques ? | | Urakora ibiki ? |
| Sophie, what are you making? | |
| Je fabrique un ATOME d’HYDROGÈNE plus conforme à la réalité. Avec un gros électron et un minuscule PROTON constituant son NOYAU. | | Ndakora ATOME ya IDOROJENE Isa cyane ni iya nyayo.  Izaba ifite elegitoroni nini hamwe na POROTONI y’akunzugunya igize NUWAYO yayo. |
| A hydrogen atom more closely resembling reality. With a big electron and a tiny proton making up its nucleus. | |
| Nom de Dieu de nom de Dieu! Quel chaos…enfin…  Mes enfants, vous allez m’aider à mettre un peu d’ordre dans ce fatras. | | Kw’Izina ry’Imana ry’Izina ry’Imana ! Mbega akavuyo… ahubwo rero…  Bana ba njye, muramfasha gushyira ku murongo ibi binyagwa. |
| My God my God my god! What chaos! Well…I think you people can help me put this jumble into some sort of order. | |
| **18** | | |
| LA TEMPERATURE DU RAYONNEMENT TR | | IGIPIMO CY’UBUSHYUHE BW’UMURASIRE TR |
| Radiation temperature TR | |
| Tous ces photons ont des longueurs d’onde variées, des énergies variées. Mais, sur cette population je vais définir une longueur d’onde moyenne, une énergie photonique moyenne. | | Izi fotoni zose zigiye zigira uburebure bwa onde bunyuranye, ingufu zinyuranye. Ariko, kuri iryo tsinda ngiye gukoresha uburebure bwa onde bwo hagati na hagati, kimwe n’ingufu nyafotoni zo hagati na hagati. |
| These photons have all sorts of different wavelengths and energies. But overall there is a definite average wavelength and an average energy. | |
| Fouchtre… | | Bobobo… |
| Shucks | |
| La TEMPERATURE DE RAYONNEMENT TR sera la mesure de cette énergie moyenne des photons. | | IGIPIMO CY’UBUSHYUHE BW’UMURASIRE TR kizaba igipimo cy’ingufu zo hagati na hagati za fotoni. |
| The radiation temperature TR will be the value of this average energy of photons. | |
| Quel désastre… | | Mbega amakuba… |
| What a disaster… | |
| ETAT D’EQUILIBRE | | IGIHE CY’UBURINGANIRE |
| Equilibrium states | |
| Alors, un mélange peut avoir plusieurs températures ?!!? | | Noneho rero, imvange ishobora kugira ibipimo by’ubushyuhe byinshi ?!!? |
| Can a mixture of particles have several temperatures? | |
| BING ! | | BINGI ! |
| Ping! | |
| Oui, mais on verra cela à la page 46. En attendant, les particules échangent de l’énergie, entre elles, ou avec les photons, à travers les collisions. Ce mécanisme tend à uniformiser les températures, à LES RENDRE EGALES, à mettre le système en état d’ÉQUILIBRE THERMODYNAMIQUE. | | Yego, ariko tuzabibona ibyo byose kuri paje ya 46. Hagati aho, igihe tugitegereje, uduce duhanahana hagati yatwo, ingufu, cyangwa tukazihanahana na fotoni, binyuze mw’igongana. Iyo nzira nyabikorwa isa niringaniza ibipimo by’ubushyuhe, IBINGANISHA, ishyira sisiteme mu gihe CY’UBURINGANIRE NYANGUFUBUSHYUHE. |
| Yes, but we’ll see about that on page 46. For the moment let’s just say that particles exchange energy with each other, or with photons, through collisions. This mechanism tends to redistribute the temperatures, to equalize them, so putting the system into a state of thermodynamic equilibrium. | |
| **19** | | |
| LA TEMPERATURE DE LA MATIERE - Tm | | UBUSHYUHE BWA MATSIYERI - Tm |
| The temperature of matter Tm | |
| Toutes ces particules MATERIELLES ont des masses m et des vitesses V variées. L’ENERGIE CINETIQUE d’une particule matérielle est ½ MV². Mais, sur cette population, je peux définir une énergie d’agitation (THERMIQUE) moyenne. | | Izo paritikile NYAMATSIYERI zose zifite mase m n’imivuduko V binyuranye. INGUFU NYAMUVUDUKO za paritikile nyamatsiyeri zingana na ½ MV². Ariko, kuri iryo tsinda, nshobora gusobanura ingufu ry’itingisa (NYABUSHYUHE) ryo hagati na hagati. |
| All these material particles have various masses m and speed V. The kinetic energy of a particle is 1/2 mV². But again, overall there is an average (thermal) energy of agitation. | |
| Et la TEMPERATURE DE LA MATIERE Tm sera la mesure de cette ENERGIE MOYENNE D’AGITATION THERMIQUE. | | Kandi UBUSHYUHE BWA MATSIYERI Tm buzaba ugipimo cy’izo NGUFU ZO HAGATI NA HAGATI RY’ITINGISA NYABUSHYUHE. |
| And the temperature of the matter, Tm, is the value of this average energy of thermal agitation. | |
| POM | | POMU |
| PONK! | |
| THERMODYNAMIQUE | | NYANGUFUBUSHYUHE |
| Thermodynamics | |
| Si une particule a trop d’énergie, si elle est trop rapide, trop « chaude », une collision avec une autre particule la ralentira. Et vice versa si elle est trop lente. Si ce phénomène de couplage énergétique des espèces par collision est suffisamment intense, non seulement les températures seront égales, mais elles le resteront que tu détendes ou que tu comprimes ce mélange. | | Iyo partikile ifite ingufu nyishi, iyo yihuta cyane, iyo “ishyushye” cyane, isekurana n’iyindi paritikile rigabanya umuvuduko wa yo. Bigenda birtyo no mu ncurikaburyo iyo igyenda buhoro cyane. Niba iyo fenomene yo guhuza ingufu y’ibintu binyuze mwisekurana ari nini cyane bihagije, si ubushyuhe bwonyine buzaringanira gusa, ahubwo buzaguma bucyo naho wagabanya volime y’iyo vange cyangwa wayikwedura. |
| If a particle has too much energy, if it’s too fast, too « hot », then a collision with another particle will slow it down. And vice versa if it’s too slow. If this phenomenon of energy-coupling via collisions is intense enough, then not only will the temperatures be equal, but they’ll stay equal when you expand or compress the mixture. | |
| Hé là…  Accélère!…  Pas si vite! | | Yee hariya…  Ongyera umuvuduko!...  Atari cyane! |
| Whoa there!  Giddy-up!  Not so fast! | |
| Alors on traîne… | | Noneho rero turatinda… |
| Wanna drag, mister? | |
| **20** | | |
| Quelle agitation! Les particules et antiparticules naissent et meurent, par paires, à un rythme d’enfer. | | Mbega itingisa! Amaparitikile na ndwanyaparitikile bivuka kandi bipfa bimatanye mw’itsinda-nyabubiri, ku umuvuduko w’umurengera. |
| What a fuss! Particles and antiparticles created and destroyed at an infernal pace! | |
| Quelles sont les conditions de création d’une paire particule – antiparticule? | | Ni ibiki bisabwa kugirango itsinda-nyabubiri paritikile-ndwanyaparitikile rikorwe ? |
| Wot d’yer need ter create a partickle – h’antyparticle pair? | |
| LA TEMPERATURE DE SEUIL | | UBUSHYUHE BW’IBANZE |
| Threshold temperature | |
| Pour créer une PAIRE particule – antiparticule, de masse commune m, il faut une énergie 2mc², qui est fournie par une paire de photons ayant une énergie supérieure ou égale. | | Kugirango hakorwe itsinda-nyabubiri paritikile-ndwanyaparitikile, ya mase rusange m, hagomba ingufu zingana na 2mc², zitanzwe n’itsinda-nyabubiri rya fotoni zifite ingufu z’umurengera cyangwa zingana n’icyo kigero. |
| To create a particle-antiparticle pair, whose common mass is m, you need an energy 2mc², which can be provided by a pair of photons with equal or higher energy. | |
| Si l’énergie moyenne des photons est inférieure à cette énergie seuil mc², c’est-à-dire si la température de rayonnement TR est trop basse (au-dessous d’une valeur seuil) ces particules matérielles ne pourront plus être créées. | | Niba ingufu zo hagati na hagati za fotoni ziri mu nsi y’izo ngufu mpagurukiro mc², ni ukuvuga iyo igipimo cy’ubushyuhe bw’umurasire TR buri hasi cyane (mu nsi y’umubare mpagurukiro) izo paritikire nyamatsiyeri ntiziba zigisubiye gukorwa. |
| If the mean energy of photons is less than threshold energy mc², that is, if the radiation temperature TR is too low (less than a threshold value), then such particles of matter can’t be created. | |
| Ouais… | | Uwa… |
| Gotcha! | |
| **21** | | |
| DE L’EVOLUTION DES ESPECES | | ITERAMBERE RY’UBWOKO BW’IBIBAHO |
| The evolution of species | |
| La SURVIE d’une espèce est toujours problématique. Elle peut être assurée par un rythme de production élevé. | | INKOMEZABUZIMA BW’IKIBAHO ni, buri gihe, impurabibazo. Ishobora kubeshwaho n’umuvuduko w’ubwororoke w’umurengera. |
| The survival of a species of particle is always problematic. It can be assured by a sufficiently high rate of production. | |
| Ce qui implique que la température de rayonnement TR soit supérieure à la température de seuil liée à l’espèce. | | Bisaba ko igipimo cy’ubushyuhe bw’umurasire TR kigomba kuba kiruta igipimo cy’ubushyuhe mpagurukiro cy’icyo kibaho. |
| Which means that the raydification temp’racher TR ‘as ter be ‘igher than the freshold temp’racher fer that species. | |
| Tiens des sexons ! | | Dore za segisoni ! |
| Crikey! Sexons! | |
| Si la température TR est plus basse, plusieurs causes de disparition sont envisageables. | | Niba igipimo cy’ubushyuhe TR kiri hasi cyane, impamvu nyishi zo kuzimangatana ziba zishobora gutekerezwaho. |
| If the temperature TR is lower than the threshold, there are several ways particles can disappear. | |
| La plus redoutable est l’annihilation avec l’antiparticule | | Iteye ubwoba ni ihondana-nzimangatanyi na ndwanyaparitikile ya yo. |
| The most obvious is annihilation by an antiparticle… | |
| PLOP | | POLOPE |
| PLOP | |
| Viennent ensuite des mauvaises rencontres en tous genres. | | Nyuma y’aho haza amahuriro mabi y’ubwoko bwose. |
| …or a whole host of fatal encounters with another species. | |
| Le Cosmos est un coupe-gorge. | | Kosimosi ni incamuhogo. |
| The cosmos is a rat race! | |
| Enfin les particules ont leur propre DUREE DE VIE (\*). Passé ce temps, elles se décomposent spontanément en d’autres particules et en rayonnement. | | Mugusoza mbabwire ko amaparitikile afite UBURAMBE BW’UBUZIMA (\*) bwabwo bwite.  Icyo gihe iyo kirangiye, ayo maparitikile yihindura ubwayo mu yandi maparitikile akanatanga umurasire. |
| In addition, particles have their own lifetimes. After these have passed (\*), the particles decompose spontaneously into other particles, and radiation. | |
| Le problème, c’est de durer… | | Ikibazo, ni ukuramba… |
| The problem is to last out the race… | |
| (\*) …leur réserve de CHRONOL. Voir TOUT EST RELATIF. | | (\*) … ikigega cya byo cya KORONOLE.  Reba IBINTU BYOSE BIFITANYE ISANO |
| (\*) …their reserve of chronol runs out: see Everything is relative. | |
| **22** | | |
| Quelle température fait-il ? | | Ese ubu ubushyuhe buri ku kihe gipimo ? |
| Wot’s the temp’racher? | |
| Prends un photon et mesure sa longueur d’onde λ ! | | Fata fotoni noneho upime uburebure bwa onde bwa yo λ ! |
| Catch a photon and measure its wavelength λ. | |
| Boufre de boufre, vingt mille milliards de degrés (2.1013 K) | | Itanure ry’itanure, dogere miliyari ibihumbi makumyabiri (2.1013 K) |
| ‘Oly smoke! Twenty trillion degrees (2x1013K) | |
| Il semble y avoir à peu près autant de photons, de neutrinos, de protons, de neutrons, d’électrons (et leurs antiparticules). | | Bisa naho hari umubare ungana wa fotoni, wa netirino, wa porotoni, wa netoroni, wa elegitoro (na za ndwanyaparitikile za zo). |
| There seem to be about the same numbers of photons, neutrinos, protons, neutrons, electrons (and their antiparticles). | |
| A une température aussi élevée, tout le monde est RELATIVISTE. Même les particules matérielles vont à des vitesses proches de la vitesse de la lumière c. | | Ku gipimo cy’ubushyuhe bw’umurengera nk’uwo, buri kintu cyose ni ROLATIVISITE.  N’izo paritikile nyamatsiyeri zigendera ku mivuduko yegeranye n’umuvuduko w’urumuri c. |
| At a high enough temperature, everything is relativistic. Even particles of matter travel at velocity near the speed of light c. | |
| Dans TOUT EST RELATIF, on avait vu que lorsque la vitesse d’une particule tend vers la vitesse de la lumière, son TEMPS PROPRE se fige comme une sauce. | | Muri IBINTU BYOSE BIFITANYE ISANO, twari twabonye ko iyo umuvuduko wa paritikile usatira umuvuduko w’urumuri, IGIHE NYAKURI cya yo gihagarara nk’umufa. |
| In Everything is relative we saw that a particle’s speed tends to the speed of light, its proper time flows like syrup. | |
| **23** | | |
| Au fait, ça pose un sacré problème…Si tout le monde se trimballe à la vitesse de la lumière, alors le TEMPS (\*) ne s’écoule plus ?!!? Il n’y a personne pour le vivre… | | Mu by’ukuri, bizamura ikibazo gikomeye… iyaba abantu n’ibintu byose byagendaga k’umuvuduko w’urumuri, ni ukuvuga ko IGIHE (\*)kitakongera kugenda ?!!? nta muntu n’umwe washobora kuba muri ubwo buzima… |
| Now that’s a bit of a problem…if everything moves at the speed of light, then time (\*) ceases to flow altogether…so nothing happens. | |
| Personne ne va assez lentement pour avoir un temps s’écoulant de manière significative. | | Nta muntu ugenda buhoro bihagije ngo abone igihe kirekura m’uburyo busobanutse. |
| Nothing would move slowly enough for time to flow in a significant way. | |
| Un monde totalement ACHRONIQUE serait dénué de SENS. | | Isi itagira IGIHE NA GITO yaba ari nta BUSOBANURO ifite. |
| A totally timeless world would have no sense to it. | |
| Oh ! .. | | Ohu !.. |
| Cripes! | |
| Le temps est peut-être un luxe que seuls certains univers peuvent s’offrir ? | | Igihe yenda se, ni ikimenyetso cy’ubukire buhanitse gishobora kubonwa na za Iniveri zimwe na zimwe ? |
| Perhaps time is a luxury that only some universes can afford? | |
| C’est diabolique ! | | Ni akavuyo ! |
| That’s diabollickle! | |
| Bof, avec tout ce que j’ai déjà vu et entendu… | | Yewegawe, nkurikije ibyo maze kubona no kumva…  ESIPASE, IGIHE, INIVERI, ibyo byose ni agakingamaso. |
| L’ESPACE, le TEMPS, l’UNIVERS, tout cela n’est que de la poudre aux yeux. | |
| Pah – after everything I’ve already seen and heard…space, time, the universe…it’s all half-baked moonshine! | |
| Le constituant universel de toute chose ? | | Ikigize ibintu byose byo muri iniveri ? |
| universal ingredient of everything? | |
| Poudre de Perlimpinpin | | Agafu ka Perilimpinipine |
| Mom’s moonshine oven-ready. | |
| (\*) un temps cosmique qui pourrait être une moyenne des TEMPS PROPRES. | | (\*) igihe nyakosimosi gishobora kuba umwanya wo hagati na hagati w’IBIHE NYAKURI. |
| (\*) A cosmic time that might be the average of individual proper times. | |
| 24 | | |
| LES PARTICULES ELEMENTAIRES | | PARITIKILE Z’IBANZE |
| Elementary particles | |
| Tenez, au lieu de rester les bras ballants, aidez-moi à mettre un peu d’ordre dans ce fouillis de PARTICULES ELEMENTAIRES | | Tega amatwi, aho kurera amaboko, mfasha gushira ku murongo iyi mvange y’ama PARITIKILE Y’IBANZE. |
| You there – instead of flapping your arms about, help me put some order into these crazy elementary particles. | |
| Celles-ci ont des longueurs d’onde de Compton λc très petites. | | Aya yo afite uburebure bwa onde ya Compton λc buto cyane. |
| Those ones have very small Compton wavelengths! | |
| Ces particules de très fortes masses sont des HYPERONS (\*) | | Izo paritikile za mase ziremereye cyane zitwa HIPERONI (\*) |
| Those very massive particles are hyperons (\*) | |
| Puis viennent les HADRONS. Le PROTON et le NEUTRON (de même que l’antiproton et l’antineutron) en font partie. Ils sont susceptibles de s’agencer en NOYAUX. Pour créer ces particules, il faut une température de rayonnement supérieure à 1013 K, soit dix mille milliards de degrés. | | Hanyuma hakaza za HADORONI. POROTONI na NETORONI (kimwe na ndwanyaporotoni na ndwanyanetoroni) zibarizwa nazo muri iryo tsinda. Zifite ububasha bwo kwiyegeranya zikarema AMANUWAYO. Kugirango ukore izo paritikile, hakenerwa ubushyuhe bw’umurasire by’ igipimo gisumbye 1013 K, ni ukuvuga dogere miliyaridi ibihumbi cumi. |
| Then come the hadrons. The proton and the neutron (and of course the antiproton and the antineutron) are among them. They can combine to form nuclei. To create these particles, you need a radiation temperature greater than 1013K, that is, ten trillion degrees. | |
| C’est leur température de seuil. | | Ni igipimo cy’ubushyuhe mpagurukiro. |
| That mus’ be their freshold temp’racher. | |
| La longueur d’onde de Compton des protons et des neutrons vaut 1,35 10-12 cm. Un millième de milliardième de cm. | | Uburebure bwa onde ya Komputoni bwa za porotoni na za netoroni bungana na cm 1,3510-22. igice kimwe kuri igihumbi cy’igice kimwe kuri miliyaridi cya cm. |
| The Compton wavelength of protons and neutrons comes out as 1.35x10-12 cm. One trillionth of a centimeter. | |
| DEFENSE DE METTRE SON NEZ DANS UN NEUTRON | | BIRABUJIJWE GUSUNUTSA IZURU MURI NETORONI |
| Please do not feed the neutrons | |
| (\*) Hypothétiques, dans l’état des connaissances actuelles. | | (\*) Ibaho rya byo nta kiryemeza, hashingiye k’ubumenyi tugezeho muri iki gihe. |
| (\*) Hypothetical particles, at the present state of knowledge. | |
| **25** | | |
| HADRON, ça vient de HADROS, qui veut dire balaise, en grec. | | HADORONI, riturutse kuri HADROS, rivuze ngo “gitekeye”, mu kigiriki. |
| Hadron comes from hadros, which means « hefty » in Greek. | |
| Tirésias, vous savez le grec ? | | Tireziyasi, uzi ikigereki ? |
| Blimey – a Greek speakin’ snail! | |
| Il y a évidemment autant d’ANTI HADRONS que de HADRONS. | | Mu byumvikana, hari umubare wa NDWANYAHADORONI ungana n’uwa za HADORONI. |
| Obviously there are as many antihadrons as hadrons. | |
| Enfin, voici les LEPTONS (\*) | | Mukurangiza, dore za LEPUTONI (\*) |
| Now, here come the leptons (\*) | |
| LEPTON ANTILEPTON | | LEPUTONI NDWANYALEPUTONI |
| Lepton Antilepton | |
| Pour les créer, une température de rayonnement de 6 milliards de degrés (température de SEUIL) suffit. | | Kugirango uzikore, hagomba byibuze igipimo cy’ubushyuhe bw’umurasire kingana na dogere miliyaridi 6 (igipimo cy’ubushyuhe mpagurukiro) kirahagije. |
| To create them, you need a radiation temperature of 6 billion degrees – their threshold temperature. | |
| Le plus connu des LEPTONS est l’électron, et son jumeau l’anti-électron, ou POSITRON. On remarquera que la température de seuil, de création des électrons, est 1850 fois inférieure à la température de seuil correspondant au proton et au neutron. | | Izwi cyane mu ma LEPUTONI ni elekitoroni, hamwe n’impanga ya yo ndwanya-elegitoroni, bita kandi POZITORONI. Muzibonera ko igipimo cy’ubushyuhe mpagurukiro, cyo gukora elegitoroni, ari gito inshuro 1850 ugereranije n’igipimo cy’ubushyuhe mpagurukiro cya za porotoni cyangwa netoroni. |
| The best-known lepton is the electron, and its counterpart the antielectron, or positron. Note that the threshold temperature for creating electrons is 1850 times lower that for protons and neutrons. | |
| C’est normal puisqu’il faut 1850 fois moins d’énergie pour créer l’électron que le proton. | | Ni ibyumvikana kuko hakenewe ingufu ziri munsi inshuro 1850 kugirango hakorwe elegitoroni ugereranije n’izikenerwa mu kurema porotoni. |
| That makes sense, because you need 1850 times less energy to create an electron than you do a proton. | |
| (\*) du grec LEPTOS, mince | | (\*) bituruka mu kigiriki LEPTOS, kinanutse. |
| (\*) From the Greek leptos, thin | |
| **26** | | |
| TOUT FOUT LE CAMP | | BYOSE BIRIGENDEYE |
| Everything falls apart | |
| Eh, vous ne sentez pas !?! | | Aha, nta cyo mwumvise !?! |
| Hey! Did you feel that? | |
| Mi ! | | Mi ! |
| Squeege! | |
| Le levier ! Il se décoince ! | | Interura ! irirekuye ! |
| The lever! It’s movin’ | |
| Ça devait arriver ! | | Byagombaga gushyika ! |
| That was bound to happen! | |
| CLIC ! | | KILIKE ! |
| Click! | |
| La situation était terriblement chronogène (le temps ne demandait qu’à apparaître). Le chronotron se remit en marche et ce fut le premier EVENEMENT, le premier INSTANT. | | Imiterere yari, cyane, nsabagihe ( igihe nta kindi cyasabaga uretse guseruka). Koronotoroni itangira gukora ubwo rero EVENOMA yambere iba irabaye, UMWANYA wambere. |
| The situation was terribly chronogenic – time could hardly wait to appear. The chronotron started up, thereby producing the first event, the first instant. | |
| C’est bien ce que je craignais: tout fout le camp !… | | Ni ibi natinyaga: byose birigendeye ! |
| Just as I feared…it’s all falling apart! | |
| Quoi, tout fout le camp ? | | Iki, byose birigendeye ? |
| What’s all falling apart? | |
| La moquette, elle se détend… | | Umusambi, urirambuye… |
| The carpet…it’s stretching. | |
| Nom de Dieu | | Mw’izina ry’Imana |
| Oh my god. | |
| Vite… | | Ningoga… |
|  | |
| Dingue, ce truc ! | | Ni ikigoryi, kino kintu ! |
| It’s a right nuthouse, this place! | |
| **27** | | |
| Où êtes-vous ? Qu’est-ce qui se passe ? | | Muri hehe ? Ni ibiki bibaye ? |
| Where are you going? What’s happening? | |
| C’est l’EXPANSION, la débâcle…L’Univers se détend. Excusez-moi… | | Ni IKWEDUKA, ishwiragira… Iniveri irikweduye. Mbabarira… |
| It’s expansion…the strain’s got too much, it’s all breaking up. Excuse me… | |
| Je m’en vais dans l’ailleurs. | | Nigiriye ahandi. |
| I’m just taking a little trip. | |
| Le changement, moi, je ne supporte pas ! | | Impinduka, jye, sinyihanganira! |
| I can’t abide change! | |
| Eh !!! | | Ehee !!! |
| Eh? | |
| Vous verrez, dans quelques temps ça va se calmer un peu. | | Muraza kubibona, mu gihe gito biraza koroha gato. |
| You’ll see. It’ll calm down a bit eventually. | |
| Adieu, bonne continuité. | | Murabeho, imikomereze myiza. |
| Goodbye. Have a nice explosion. | |
| Encore raté ! | | Byapfuye kandi! |
| Ruined, utterly ruined! | |
| Il nous laisse complètement tomber, ma parole. | | Ni ukuri, arabidutanye ngo bidupfane. |
| Well I never! He’s left us to fend for ourselves. | |
| Où est-il passé?.. | | Ese yaciye he ? |
| Where’d ’e go? | |
| On dirait une plaque d’égout. S’agit-il des catacombes de l’Univers ? | | Umuntu yagirango ni ibipfundikizo bya ruhurura. Ese byaba ari amarimbi ya za Iniveri? |
| It looks a manhole cover. Into the catacombs of the universe? | |
| **28** | | |
| LA CONSERVATION DE LA MASSE | | UBUDAHINHUKA BWA MASE |
| The conservation of mass | |
| Regardez ce qui se passe: ce sont les photons qui se dilatent. Les particules matérielles, elles, ne se dilatent pas. | | Reba ibiriho biba: ni za fotoni zibyimba. Paritikile nyamatsiyeri, zo, nti zibyimba. |
| Look what’s happening. The photons are getting bigger. Particles of matter are staying the same size. | |
| Matière photon | | Matsiyeri fotoni |
| Matter photon | |
| La matière, c’est de l’espace gelé. | | Matsiyeri, ni esipase yakonje cyane igahinduka barafu. |
| The matter seems unresponsive. Frigid! | |
| Cela fait penser à ce qui se passe quand on renverse sur une table un verre empli d’eau et de glaçons. La masse d’eau s’étend, se dilate. Les glaçons suivent cette expansion, mais gardent leur dimension. | | Ibi bituma umuntu atekereza ibiba iyo usutse, ku meza, ikirahure cyuzuye amazi na barafu. Mase y’amazi irasakara, irikwedura. Za barafu zo, zikurikira iryo sakara, ariko zikagumana dimansiyo ya zo. |
| That makes me think of what happens if you upset a glass of ice water on a table. The water spreads out. The ice cubes go along too, but keep their shape and size. | |
| **29** | | |
| Comme la dimension des particules matérielles est liée à leur masse, j’en déduis que la MASSE SE CONSERVE. | | Nkuko dimansiyo ya zaparitikile nyamatsiyeri ifatanye na mase ya zo, ubwo rero birigaragaza ko MASE IDAHINDUKA. |
| Because the size of particles of matter is related to their mass, I deduce that mass is conserved. | |
| Inversement, l’ensemble des photons (qui se dilatent) perd de l’ENERGIE. | | Dukurikije incurikaburyo, itsinda ry’amafotoni (abyimba) ritakaza INGUFU. |
| On the other hand, the photons spread out, so are losing energy. | |
| Si R est le rayon de l’Univers, comme la longueur d’onde λ des photons suit l’expansion (λ varie comme R), j’en déduis que la température de rayonnement, qui varie comme 1/λ, décroît comme 1/R. | | Niba R ari reyo ya Iniveri, kandi uburebure bwa onde λ y’amafotoni bukurikira uko gukweduka (λ ihinduka nka R), mpita mbonako igipimo cy’ubushyuhe bw’umurasire, gihinduka nk’uko 1/ λ ibigenza, igabanuka rero nka 1/R. |
| If R is the radius of the universe, then, since the wavelength λ of photons undergoes the same expansion (λ varies like R), I also deduce that the radiation temperature, which varies as 1/λ, decreases as 1/R. | |
| photons | | fotoni |
| photons | |
| Tout se passe comme si l’univers créait son propre espace, son COSMOTOPE (\*) en sécrétant…le vide… | | Byose bigenda nk’aho iniveri ariyo yicurira esipase nyakuri ya yo, KOSIMOTOPE (\*) ininda …umwanya urimwo ubusa… |
| It’s happening just as if the universe creates its own space, its cosmotope (\*), by secreting…emptiness… | |
| Matière et lumière ne sont que deux formes différentes d’une même entité: l’ENERGIE-MATIERE. Les photons gardent leur vitesse de 300 000 km/s mais perdent leur énergie. | | Matsiyeri n’urumuri ni amaforoma abiri anyuranye y’ikintu kimwe: INGUFU-MATSIYERI. Fotoni zigumana umuvuduko wa zo wa km/s 300.000 ariko zigatakaza ingufu. |
| Matter and light are just two different forms of the same entity: energy/matter. The photons retain their speed of 300,000 km/sec but lose energy. | |
| (\*) de cosmos : COSMOS et topos : LIEU  (l’endroit où se trouve l’Univers.) | | (\*) biturutse kuri kosimosi: COSMOS na topos: AHANTU  (ahantu Iniveri yicaye.) |
| (\*) from cosmos (cosmos) and topos (place). The place that the universe inhabits. | |
| **30** | | |
| Voilà une image qui décrit bien l’étirement du photon et la perte d’énergie qui en découle. | | Dore igishushanyo cyerekana neza ikururuka rya fotoni n’itakaza ry’ingufu rihakomoka. |
| Here’s a good way to visualize the way the photons spreads out and the accompanying energy loss. | |
| Mais comment la matière se comporte-t-elle dans cette expansion? | | Ariko se matsiyeri yifata ite muri iryo kweduka ? |
| But how does matter behave during this expansion? | |
| L’Univers sécrète l’espace comme une coquille. Plus le temps passe et plus les particules ont de chemin à parcourir. Quand la taille de l’Univers double, alors la vitesse d’agitation des particules matérielles diminue de moitié. Leur énergie cinétique est donc divisée par 4: la vitesse d’agitation varie comme l’inverse du rayon R de l’Univers, alors que la température Tm de la matière variera en 1/R². | | Iniveri ininda esipase nk’uko igishishwa cy’igi gikorwa. Uko igihe gihita ni nako paritikile zibona inzira yo kunyuramwo. Iyo ingano ya Iniveri yikubye kabiri, umuvuduko wo kwitingisa w’ama paritikile nyamatsiyeri ugabanukaho icya kabiri. Ingufu nyarugendo za byo zigabanywa rero na 4: umuvuduko wo kwitingisa uhinduka nk’incurikamubare ya reyo R ya Iniveri, birtyo rero igipimo cy’ubushyuhe Tm bwa matsiyeri buhinduka nka 1/R2. |
| The universe secretes like a creature growing a shell. The more time passes, the more space particles have to move around it. When the size of the universe doubles, the speed of agitation of particles halves. So their kinetic energy is divided by 4. The speed of agitation varies as the inverse of the radius R of the universe, whereas the temperature of the matter varies as 1/R². | |
| Mais…on a vu tout à l’heure que la température de rayonnement TR variait comme 1/R. La matière a donc tendance à se refroidir plus vite ? | | Ariko… twabonye mu kanya ko ubushyuhe bw’umurasire TR buhinduka nka 1/R. Matsiyeri ifite rero umuco wo gukonja vuba ? |
| But…we saw just now that the radiation temperature TR varies as 1/R. So matter tends to cool down quicker than radiation? | |
| Ouh je fatigue… | | Uuhu ndananiwe… |
| Brrrr !! | |
| **31** | | |
| Effectivement. Mais les collisions photons-matière la réchauffent. Très fréquentes, elles maintiennent l’état d’équilibre thermodynamique (TR=Tm), pendant un certain temps. | | Urtyo. Ariko isekurana rya fotoni-matsiyeri rirayishyushya. Kenshi rwose, ayo masekurana ahamishaho igihe cy’uburinganire nyangufubushyuhe (TR=Tm), mu gihe cy’umwanya utari muto cyane. |
| Effectively. But photon-matter collisions reheat it. They happen frequently enough to maintain a state of thermodynamic equilibrium (TR=Tm) for a certain period of time. | |
| Merci, mes amis | | Murakoze, nshuti nzanjye |
| Thanks, folks! | |
| Zéro – 1/100e s – 1 s – 13 s – 3 min – 34 min – 700 000 ans – 100 millions d’années – 5 milliards d’années – 10 milliards d’années – 50 milliards d’années | | Zero – icya 1/100 cya s. – s.1– s.13 –iminota 3 –iminota 34 – imyaka 700 000 – imyaka miliyoni 100 – imyaka miliyaridi 5 – imyaka miliyaridi 10– imyaka miliyaridi 50 |
| Zero – 1/100e s – 1 s – 13 s – 3 min – 34 min – 700,000 yr – 100 million yr – 5 billion yr – 10 billion yr – 50 billion yr | |
| Un centième de seconde | | Igice kimwe kw’ijana cy’isogonde |
| A hundredth of a second | |
| Les protons, les neutrons, les antiprotons et les antineutrons ne vont plus qu’au dixième de la vitesse de la lumière c. | | Ama porotoni, ama netoroni, ndwanyaporotoni na ndwanyanetoroni zigenda k’umuvuduko wa kimwe cya cumi cy’umuvuduko w’urumuri c gusa. |
| Protons, neutrons, antiprotons and antineutrons only go at one tenth the speed of light c. | |
| La température (TR=Tm) est tombée à cent milliards de degrés, c’est-à-dire bien au-dessous de leur température de seuil, qui est de dix mille milliards de degrés. Ils se sont annihilés deux à deux à un rythme effréné et il n’en reste plus qu’une sur un MILLIARD. | | Igipimo cy’ubushyuhe (TR=Tm) cyaramanutse kugera kuri dogere miliyaridi ijana, ni ukuvuga neza mu nsi y’igipimo cy’ubushyuhe mpagurukiro, kingana na dogere miliyaridi ibihumbi cumi. Zagiye zituritsanya ebyiri ebyiri k’umuvuduko uhanitse none hasigaye imwe kuri miliyaridi imwe. |
| The temperature (TR=Tm) has dropped to a hundred billion degrees, well below their threshold temperature of ten trillion degrees. They’ve annihilated each other in pairs at a tremendous rate and only one in a billion survives. | |
| **32** | | |
| Sophie, la plupart des protons, neutrons, antiprotons et antineutrons ont disparu. Mais pourquoi reste-t-il toujours autant d’électrons et de positrons (antiélectrons) ? | | Sofiya, porotoni, netoroni, ndwanyaporotoni na ndwanyanetoroni nyinshi zarayonze. Ariko se kuki elegitoroni na positoroni (ndwanya-elegitoroni ) zingana zitsa zo zasigaye ? |
| Sophie – most of the protons, neutrons, antiprotons, and antineutrons have vanished. But why are there still just as many electrons and positrons (antielectrons) as before? | |
| La température de seuil des électrons est de six milliards de degrés seulement. | | Igipimo cy’ubushyuhe mpagurukiro bwa za elegitoro kingana na miliyaridi esheshatu za dogere gusa. |
| The threshold temperature of electrons is only six billion degrees. | |
| Six milliards de degrés seulement…tu entends ? | | miliyari esheshatu za dogere gusa… urumva ? |
| Only six billyon blinkin’ degrees…did yer ’ear that? | |
| On dirait que ça fraîchit. | | Twavuga ko bitanga amafu. |
| Well, you must admit it’s a lot cooler… | |
| Il y a un truc bizarre: la température est de cent milliards de degrés. Les protons, neutrons, antiprotons et antineutrons vont au dixième de la vitesse de la lumière. Mais les électrons sont encore relativistes. | | Hari ikintu kidasobanutse: igipimo cy’ubushyuhe ni dogere miliyaridi ijana. Za porotoni, netoroni, ndwanyaporotoni na ndwanyanetoroni zigenda k’umuvuduko wa kimwe cya cumi cy’uw’urumuri. Ariko elegitoroni zo ziracyari rolativisite. |
| Now that’s really bizarre…the temperature is 100 billion degrees…protons, neutrons, and their anti particles move at one tenth of the speed of light. But electrons are still relativistic. | |
| Oui, pourquoi ? | | Yego, kubera iki ? |
| Yur. Wot? Wojja mean? | |
| **33** | | |
| Le milieu est toujours en état d’ÉQUILIBRE THERMODYNAMIQUE: le couplage de toutes les espèces, et du rayonnement, est toujours intense. Les énergies cinétiques des particules matérielles sont, en moyenne, égales : ½ Mproton (Vproton)² = ½ Mélectron (Vélectron)² | | Aho hantu haracyari buri gihe mu nteruro y’UBUNGANISHA NYABUSHYUHENGUFU:  Irematsinda nyabubiri rya za esipese zose, hamwe n’umurasire, ni inyakarindi buri gihe. Ingufu z’umuvuduko z’amaparitikile nyamatsiyeri zingana, ufatiye hagati na hagati, na : ½ Mporotoni (Vporotoni)² = ½ Melegitoroni (Velegitoroni)² |
| The system is still in a state of thermodynamic equilibrium: the coupling between all particles species, and radiation, is still intense. The kinetic energies of particles of matter are, on average, equal: ½ Mproton (Vproton)² = ½ Melectron (Velectron)² | |
| Attends…comme la masse de l’électron est 1850 fois plus petite que celle du proton alors, nécessairement, pour compenser, à une température donnée, la vitesse d’agitation de l’électron est beaucoup plus élevée. | | Buretse… nk’uko mase ya elegitoroni iri nto inshuro 1850 ugereranije n’iya porotoni, rero ni ukuvugako, nta shidikanya ko, kugirango hazibwe icyuho, ku igipimo cy’ubushyuhe kanaka, umuvuduko wo kwitingisa wa elegitoroni ari munini cyane. |
| Let me see…since the mass of the electron is 1850 times smaller than that of the proton, then in order to compensate (at a given temperature), the speed of agitation of the electron must be much higher. | |
| En fait, comme l’énergie-seuil de création d’une particule de masse m est tout simplement mc², dès que la vitesse d’agitation V devient sensiblement plus petite que c, les créations de ces particules cessent et la dépopulation se fait. | | Ubireba, nk’uko ingufu-hagurukiro kugirango hakorwe paritikile ya masse m ari nkuko bisanzwe mc2  gusa, kuva umuvuduko wo kwitingisa V ubayenk’ugaragaro muto cyane kuri c, ikorwa ry’ayo ma paritikile rirahagarara kandi n’igabanuka ry’imiturire rikikora. |
| In fact, since the threshold energy for the creation of the particle of mass m is just mc², then as soon as the system cools to the point at which its speed of agitation V is noticeably smaller than c, the creation of these particles ceases and their population drops dramatically. | |
| Autrement dit: dès qu’une population de particules matérielles cesse d’être relativiste, elle est décimée. | | Mu yandi magambo: kuva itsinda rya za paritikile nyamatsiyeri riretse kuba rolativisite, iryo tsinda rirahona. |
| In uwer words: if a popyerlation of partickles of matter stops bein’ relativistick, it gets decimated! | |
| **34** | | |
| Treize secondes. | | Amasegonde cumi na tatu. |
| Thirteen seconds. | |
| La température est tombée à trois milliards de degrés. | | Igipimo cy’ubushyuhe cyaragabanutse kugera kuri dogere miliyaridi eshatu. |
| The temperature has fallen to three billion degrees. | |
| Zéro – 1/100e s – 1 s – 13 s – 3 min – 34 min – 700 000 ans – 100 millions d’années – 5 milliards d’années – 10 milliards d’années – 50 milliards d’années | | Zero – icya 1/100 cya s. – s.1– s.13 –iminota 3 –iminota 34 – imyaka 700 000 – imyaka miliyoni 100 – imyaka miliyaridi 5 – imyaka miliyaridi 10– imyaka miliyaridi 50 |
| Zero – 1/100e s – 1 s – 13 s – 3 min – 34 min – 700,000 yr – 100 million yr – 5 billion yr – 10 billion yr – 50 billion yr | |
| Oh, regardez les électrons et les antiélectrons. Quelle hécatombe ! | | Ahe, reba za elegitoroni na za ndwanyelegitoroni. Mbega irigita-honero ! |
| ’Ey, look at the h’electrons an’ the h’antielectrons! It’s ’olesale slaughter! | |
| Dame, on est au-dessous de leur température de seuil. | | Ni ibisanzwe, turi mu nsi y’igipimo cy’ubushyuhe hagurukiro. |
| Naturally – it’s below their threshold temperature. | |
| Une véritable Saint-Barthélémy cosmologique ! | | Ihonero nyaryo nyakosimikye ryagereranywa n’iryitiriwe umutagatifu Baritelemi ! |
| It’s like a cosmological superbowl! | |
| Là encore, il n’en restera qu’un sur un MILLIARD ! | | Hariya naho kandi, hazasigara gusa imwe kuri MILIYARIDI ! |
| Again, only one in a billion survives. | |
| Quel gâchis… | | Mbega amakuba… |
| Wot a mess… | |
| **35** | | |
| Pour un peu, il ne serait RIEN resté…que des photons. Une chance, quoi… | | Habuze gato gusa, nta cyari gusigara … uretse amafotoni. Amahirwe, siko se… |
| For a while, nothing might remain except photons…there’s a possibility… | |
| Il y a peut-être d’autres Univers qui ratent, dans l’ailleurs. | | Yenda hashobora kuba hari izindi Iniveri zipfubisha, hiryaho. |
| …Maybe some place else there are universes that misfired. | |
| Un des plus grands mystères de la cosmologie est de ne pas pouvoir expliquer pourquoi matière et antimatière ne se sont pas annihilées mutuellement. | | Amayobera amwe mu ayakomeye yo muri kosimologi, ni ayo kudashobora gusobanura ukuntu matsiyeri na ndwanyamatsiyeri byahondanye ariko ntibiyongeye byose icyarimwe. |
| One of the major mysteries of cosmology is having no explanation of why matter and antimatter didn’t just annihilate each other completely. | |
| A ce stade de l’histoire, c’est toujours pareil: il y a un moment où on escamote le problème de l’ANTIMATIÈRE. Pfffft !…disparue, l’antimatière… | | Kuri iki kiciro cy’amateka, ni bimwe buri gihe: hari igihe twirengagiza ikibazo cya NDWANYAMATSIYERI. Pfffft !...yaburiwe irengero, ndwanyamatsiyeri… |
| At this point in the tale, it’s always the same…there comes a moment when the problem of antimatter is just swept under the carpet…pfffft! Antimatter all gone! | |
| Tirésias, je vous rappelle nos conventions. Seulement les FAITS ! Pas de spéculations échevelées ! ..(\*) | | Tireziyasi, ndakwibutsa amasezerano yacu. IBIKORWA byonyine ! Ntabyo gutekereza birengeye!..(\*) |
| Tiresias, let me remind you of our rules. Only facts! No wild speculations. | |
| J’en ai marre des épistémoflics | | Iby’abapolisi b’ubumenyi byandambiye |
| I’m getting fed up with epistocops. | |
| Psst.. ! | | Psst.. ! |
| Psssst! | |
| (\*) un album sera spécialement consacré aux spéculations échevelées  « LE CARNAVAL DE LA SCIENCE: Anthologie des idées à venir ». | | (\*) Alubomu imwe izaba by’umwihariko ijyanye n’intera z’ibitekerezo birengeye.  “ IBIRORI BY’UBUMENYI: Ikusanyo ry’ibitekerezo byo mu bihe birimbere” |
|  | |
| **36** | | |
| **L’ERE RADIATIVE** | | IBIHE BY’IMIRASIRE ITWIKANA |
| The radiation era | |
| Il n’y a maintenant plus grand’chose dans cet univers, à part de la lumière | | Nta kintu gitangaje muri iyi Iniveri usibye urumuri |
| There’s not a lot in the universe at the moment, apart from light. | |
| Des particules, y en a plus des MASSES. | | Ama paritikile, hari UBUSHYO bwa yo. |
| Hmmm…too soon for goin’ fission… | |
| L’ENERGIE-MATIERE, qui était en parts égales sous forme de matière, antimatière, photons et neutrinos se retrouvent maintenant presque exclusivement sous forme de photons et de neutrinos, c’est-à-dire de rayonnement. Par ailleurs chaque fois que la taille R de l’Univers double, la densité de matière diminue. Simple dilution. | | INGUFU-MATSIYERI, byari mu migabane ingana mu foruma ya matsiyeri, ndwanyamatsiyeri k’uruhande rumwe, fotoni na netirinosi k’urundi; byabaye ubu rukumbi mu foruma ya fotoni na netirinosi, ni ukuvuga iforuma y’imirasire.  Mu busanzwe, buri gihe iyo uburebure bwa Iniveri bwikubye kabiri, dansite ya matsiyeri iragabanuka.  Ni kuyonga bisanzwe. |
| The energy/matter, which was equally divided into matter, antimatter, photons, and neutrinos, is now almost exclusively in the form of photons and neutrinos – radiation. Every time the radius R of the universe doubles, the density of matter decreases. It’s a simple matter of dilution… | |
| Sur la moquette, quand R double, la densité est divisée par 2x2 = 4  Dans notre univers tridimensionnel, en fait, cette densité est divisée par 2x2x2 = 8 | | Ku musambi, iyo R yikubye kabiri, dansite yo igabanuka ku nshuro 2x2=4.  Muri Iniveri yacu nyadimansiyo eshatu, mu by’ukuri, iyo dansite igabanuka ku nshuro 2x2x2=8.  Dansite ya matsiyeri ihinduka mu nzira icuritse y’ubwikube nyakwibe “y’ingano”, “rayo” ya iniveri. |
| On the two-dimensional carpet universe, when R doubles, the density is divided by 2x2=4. In our three-dimensional universe, it is actually divided by 2x2x2 = 8.  The density of matter varies as the inverse cube of the « size », the « radius » R of the universe. | |
| La densité de matière varie comme l’inverse du cube de la “taille”, du “rayon” de l’Univers. | | Indemere ya matsiyeri ihinduka nk’incurikaburyo ya kyibe y’”uburebure” bwa “reyo” ya Iniveri. |
| The density of matter varies as the inverse cube of the « size », the « radius » R of the universe. | |
| Mais, pour nous, les photons, c’est plus dramatique. L’expansion nous « vide » petit à petit de toute notre énergie. La quantité d’énergie-matière que nous véhiculons décroît comme l’inverse du rayon R de l’Univers. | | Ariko, kuri twebwe, amafotoni, ni agateramakuba. Iryo kweduka “rituvomamwo” buhoro buhoro ingufu zacu zose. Inganamubare y’ingufu-matsiyeri tujyendana igabanuka nk’incurikaburyo ya reyo R ya Iniveri. |
| But for us photons it’s much more dramatic, the expansion uses up almost all of our energy, bit by bit. The amount of energy/matter that we carry decreases as the inverse of the radius R of the universe. | |
| Ce qui fait que la densité d’énergie-matière qui est sous forme de photons varie comme l’inverse de la puissance quatrième de R. | | Ibyo bituma dansite y’ingufu-matsiyeri iri mu foruma ya fotoni ihinduka nk’incurikaburyo y’inkubabubasha ya kane ya R. |
| Which means that the density of energy/matter occurring in the form of photons varies as the inverse fourth power of R. | |
| **37** | | |
| Tant que la matière reste couplée au photon, ceux-ci la réchauffent en continu. Et ceci jusqu’à ce que leur température (commune : TR = Tm) tombe à 3000 K, c’est-à-dire pendant 700 000 ans. | | Kuva matsiyeri ikiremye itsinda nyabubiri na za fotoni, zikomeza kuyishyushya bihoraho. Ibi birakomeza kugeza igihe igipimo cy’ubushyuhe (rusanjye: TR=Tm) kimanuka kugera kuri dogere K 3000, ni ukuvuga mu gihe cy’imyaka 700 000. |
| All the while matter remains coupled to photons, it is continually reheated. This happens until the common temperature (TR=Tm) falls to 3000 degrees – which takes about 700,000 years. | |
| LA NUCLEOSYNTHESE | | IREMWA RY’AMANIKELEWO |
| Nucleosynthesis | |
| Trois minutes | | Iminota itatu |
| Three minutes | |
| Bon…par rapport à l’état décrit page 31, au premier centième de seconde, la taille de l’Univers R a été multipliée par cent et la température (TR=Tm) est tombée à un milliard de degrés. Il ne reste plus rien. Et alors ?… | | Yego…ugereranije n’igihe-mpagararo gisobanuwe kuri paje 31, ku gihe cy’igice kimwe cy’ijana cy’isogonda, uburebure R bwa Iniveri bwakubwe inshuro ijana kandi n’igipimo cy’ubushyuhe (TR=Tm) cyaramanutse kugera kuri dogere miliyari imwe. Ntagisigaye.hanyuma se ?... |
| Wow…compared to where we were on page 31, the first hundredth of a second, the size R of the universe has multiplied a hundredfold, and the temperature (TR=Tm) has fallen to a billion degrees. There’s almost nothing left. Now what? | |
| Voilà deux bosses. Si j’essayais de les pousser, de les faire glisser l’une vers l’autre ? | | Dore amapfupfu abiri. Ese ngerageje kuyasunika, kuyasererekesha rimwe ku rindi ? |
| Here are two bumps…I wonder what happens if I push one bump into other one? | |
| Zéro – 1/100e s – 1 s – 13 s – 3 min – 34 min – 700 000 ans – 100 millions d’années – 5 milliards d’années – 10 milliards d’années – 50 milliards d’années | | Zero – icya 1/100 cya s. – s.1– s.13 –iminota 3 –iminota 34 – imyaka 700 000 – imyaka miliyoni 100 – imyaka miliyaridi 5 – imyaka miliyaridi 10– imyaka miliyaridi 50 |
| Zero – 1/100e s – 1 s – 13 s – 3 min – 34 min – 700,000 yr – 100 million yr – 5 billion yr – 10 billion yr – 50 billion yr | |
| **38** | | |
| Elles commencent par se repousser | | Zitangira zisunikana |
| They start by repelling each other. | |
| PLOK | | POLOKE |
| Plok | |
| Puis elles s’attirent pour ne former qu’un seul objet. | | Hanyuma zirakururana kugeza zifatanye zigakora ikintu kimwe. |
| Then they attract each other to form a single object. | |
| Quand deux bosses entrent en collision, trois cas se présentent: si elles vont lentement, elles rebondissent l’une contre l’autre. | | Iyo amapfupfu abiri asekuranye, hari ibintu bitatu bishoboka, rimwe ridundika ku rindi. |
| When two bumps collide, three things can happen…if they are moving slowly, they bounce off each other… | |
| Oh, pardon… | | Oho, mbabarira… |
| Woops, pardon me. | |
| Quand les bosses sont très rapides, elles se croisent si vite qu’elles n’ont pas le temps d’interagir. | | Iyo amapfupfu afite umuvuduko mwinshi cyane, anyuranamwo vuba ku buryo atabona akanya ko gusekurana. |
| When the bumps are moving very quickly, they cross each other’s paths so fast that they don’t have time to interact. | |
| Elles ne peuvent donc s’unir que dans une plage bien définie de vitesse d’agitation, de température. | | Ashobora rero kwifatanya iyo gusa umuvuduko wo kwitingisa n’igipimo cy’ubushyuhe biri mu busitani buzwi kandi busobanuwe neza. |
| They can only join together in a definite range of velocity of agitation (temperature). | |
| Et une collision violente avec un troisième élément brise les structures ainsi formées. | | Kandi isekurana rya cyane n’irindi pfupfu rya gatatu ricagagura iyo mitererempagaze yakozwe. |
| And a violent collision with a third particle breaks up the structure formed in this way. | |
| **39** | | |
| Ces réactions de FUSION donnent les premiers NOYAUX D’ATOMES. Cette MORPHOGENESE va faire apparaître les premières FORMES, les premières STRUCTURES de l’Univers. | | Izo nsubizabikorwa z’IMATANISHA zitanga AMANUWAYO ya mbere ya z’ATOME. Iyo MORUFOJENEZE izaserura AMAFORUMA ya mbere, IMITEREREMPAGAZE ya mbere ya Iniveri. |
| These fusion reactions produce the first atomic nuclei. The process of morphogenesis leads to the first forms, the first structures, in the universe. | |
| C’est très amusant, cette affaire-là. Il faut une force attractive et une force répulsive. A grande distance, la force répulsive l’emporte, et à courte distance c’est l’inverse. | | Iyo nkuru, irasekeje cyane. Hagomba kubaho imbaraga nkurura n’imbaraga nsunika. K’uburebure bugari, imbaraga nsunika ziranesha, naho ku burebure bugufi ni imbaraga nkurura zinesha. |
| It’s amusing little trick, that. There’s an attractive force and repulsive force. At large distances, the repulsive force wins; at small distances, the opposite happens. | |
| Je vais prendre des aimants, que je vais loger dans des sphères de mousse. | | Ngiye gufata za sumaku nzishyire muri za siferi zikozwe muri muse. |
| I’m going to take some magnets, and coat them in rubber. | |
| La mousse s’écrase facilement; si je presse deux sphères l’une contre l’autre, elles restent alors collées l’une à l’autre. | | Muse irika mu buryo bworoshye; ni ntsindagira ama siferi abiri imwe ku yindi, zisigara rero zifatana imwe ku yindi. |
| The rubber compresses easily, so if I press two spheres against each other they’ll stay stuck together by the magnetic force. | |
| Je vais mettre ces boules dans un grand récipient empli d’eau… | | Ngiye gushyira iyo mipira mu base nini yuzuye amazi… |
| Now I’ll tip them into a large tub of water… | |
| ...pour leur permettre de se mouvoir. | | …. Kugirango bishobore kugenda. |
| …so they can move around. | |
| **40** | | |
| Deux forces interviennent. L’une attractive: les aimants, l’autre répulsive: la mousse quand elle est comprimée. Dès que les boules se touchent, celle-ci intervient. La portée de la force magnétique est ici telle qu’il faut que la mousse soit suffisamment comprimée pour qu’elle entre en jeu. Il existe une position, une configuration où ces forces s’équilibrent. | | Imbaraga ebyiri zirigaragaza. Imwe ya nkurura: y’izo sumaku; indi mbaraga nsunika: ya muse iyo itsikamiwe. Iyo ya mipira ikoranyeho, za mbaraga zirigaragaza. Intera y’imbaraga nyasumaku aha ngaha iteye ku buryo muse igomba kuba itsindagiwe kugirango zigaragaze. Hari ahantu, hateye k’uburyo izo mbaraga zigeraho zikaringanira. |
| Two forces come into play. An attractive force: magnetism. A repulsive force: the elasticity of the rubber coating. When the balls touch, the elastic forces come into play. The strength of the magnetism is arranged so that when the rubber is compressed far enough, it takes over. There is an intermediate position at which the forces balance out. | |
| La mousse donne aux boules une densité pratiquement égale à celle de l’eau. Maintenant je crée un mouvement d’agitation en chauffant. | | Muse iha ubwo bubumbe dansite ingana rwose n’iy’amazi. Noneho rero ubu naremye ivumbukangendo zo kwitingisa igihe mbishyuhije. |
| The rubber is light enough for the density of the spheres to be essentially equal to that of water. Now I’ll heat up the action a little… | |
| Quand le chauffage est faible, les boules rebondissent doucement les unes contre les autres, et il ne se passe rien du tout. Quand elles se percutent de front, il n’y a pas assez d’énergie pour comprimer la mousse, et permettre à la force électromagnétique, qui se manifeste à courte distance, d’agir. | | Igihe ubushyuhe ari buke, ayo mabule azadundika buhoro imwe ku yindi, ariko nta kindi kizaba. Iyo zisekuranye zirebana, nta mbaraga zihagije kugirango zitsindagire iyo muse, bishobore no gutuma imbaraga nyasumakumashanyarazi zigaragaza ku burebure bugufi, zikora. |
| When the temperature is low, the balls bounce gently off each other, and nothing happens. When they bump into each other, they don’t have enough energy to compress the rubber far enough for the magnetic force to come into play. The magnetism can only act at short range. | |
| Bon, je vais pousser le chauffage. | | Ni byiza, ngiye kongera ubushyuhe |
| Ok, I’ll turn up the heat. | |
| **41** | | |
| Là, ça marche ! C’est la bonne température (supérieure à la température de SEUIL). Le degré d’agitation est suffisant. | | Aho, birakunda! ni igipimo cy’ubushyuhe cyiza ( kiruta igipimo cy’ubushyuhe MPAGURUKIRO). Intera yo kwitingisa irahagije. |
| Great, it works! It’s the right temperature (larger than the threshold temperature). The amount of agitation is just right. | |
| Effectivement, les boules s’assemblent deux à deux. | | Mu bigaragara, amabule aramatana abiri abiri. |
| Blimey! Them balls is stickin’ tergevver in pairs! | |
| Quand je chauffe trop, ces STRUCTURES sont brisées par l’agitation thermique. | | Iyo nshyuhije cyane, iyo MITEREREMPAGAZE icibwa n’itingiswabushyuhe. |
| If I apply too much heat, these structures are broken up by thermal agitation. | |
| Et si tu refroidissais ? | | Hanyuma se mbikonjesheje ? |
| What happens if you cool it? | |
| Anselme laisse l’air se refroidir. La TURBULENCE baisse. A un certain moment, quelques boules s’accouplent. Mais, la température continuant de baisser, cette NUCLEOSYNTHESE s’arrête. | | Anselimi areka umwuka usubira ibukonje. INYURANAMWO riragabanuka. Bigeze ahantu hamwe amabule amwe ariyegeranya mu matsinda nyabubiri. Ariko, igipimo cy’ubushyuhe gikomeza kugabanuka, iryo REMWA RY’AMANIKELEWO rirahagarara. |
| Archie allows the water to cool. The turbulence decreases. At a certain moment, some of the balls couple together. But, since the temperature continues to drop, this nucleosynthesis stops. | |
| Plus rien à faire, maintenant. C’est trop froid. Les boules ne sont plus assez agitées pour pouvoir se souder entre elles. | | Nta kintu cya korwa, ubu ngubu. harakonje cyane. Amabule ntiyitingisa bihagije kugirango ashobore kumatana abiri abiri. |
| That’s it, I’m afraid. It’s too cold. The balls aren’t agitated enough to join together any more. | |
| On est au-dessous du SEUIL. | | Turi munsi ya MPAGURUKIRO |
| We’re below threshold. | |
| **42** | | |
| La même chose se passe quand la température de l’Univers descend au-dessous du milliard de degrés. C’est-à-dire au bout de quelques MINUTES. Alors des structures à deux, trois, ou quatre « boules » se forment. | | Ikintu nk’icyo cyaje kuba igihe igipimo cy’ubushyuhe bya Iniveri cyamanukaga kikagera munsi ya dogere miliyaridi imwe. Ni ukuvuga nyuma y’IMINOTA mikye. Ubwo rero imitererempagaze nyabubiri, nyabutatu, cyangwa iy’ “utubule” tune irirema. |
| The same thing happens when the temperature of the universe drops below a few billion degrees. That is, after a few minutes then structures with two, three, or four « balls » can form. | |
| 1 proton 1 proton 2 protons  1 neutron 2 neutrons 2 neutrons  DEUTERIUM TRITIUM HELIUM | | Porotoni 1 Porotoni 1 Porotoni 2  Netoroni 1 Netoroni 2 Netoroni 2  DETERIYOMU TIRITIYOMU HELIYOMU |
| 1 proton 1 proton 2 protons  1 neutron 2 neutrons 2 neutrons  DEUTERIUM TRITIUM HELIUM | |
| Mais le DEUTERIUM et le TRITIUM aussitôt formés, vont se combiner suivant la REACTION NUCLEAIRE :  deutérium + tritium donne hélium + neutron  A ce stade, l’Univers est une BOMBE A HYDROGENE. | | Ariko DETERIYOMU na TIRITIYOMU bikozwe ako kanya, birivanga hakurikijwe INSUBIZAGIKORWA NYANIKELEYERI ikurikira:  Deteriyomu + tiritiyomu bitanga heliyomu + netoroni  Icyo gihe, Iniveri yari I BOMBE YA IDOROJENE |
| But the deuterium and tritium so created can combine by a nuclear reaction:  Deuterium + tritium gives helium + neutron  A this point, the universe is hydrogen bomb. | |
| Alors, tout va se transformer en hélium ? | | Rero, byose bigiye kwihindura muri eliyomu ? |
| So, everything turns into helium? | |
| Le noyau d’hélium est très symétrique, compact et solide. Si la température se maintenait, toute la matière serait convertie en hélium. Mais au bout de 34 minutes, la température tombe à 300 millions de degrés et cette nucléosynthèse va s’arrêter. Les nucléons n’ont plus assez de vitesse pour vaincre la répulsion électrostatique (+ repousse +). Tout sera joué. | | Nuwayo ya heliyomu ni simetirike cyane, iregeranye kandi irumutse. Iyaba igipimo cy’ubushyuhe cyagumaga hamwe, matsiyeri yose yari kuba yarahindutse heliyomu. Ariko nyuma y’iminota 34, igipimo cy’ubushyuhe cyaramanutse kugera ku ma dogere miliyoni 300 kandi iryo **iremwa ry’amanikelewo** rigiye guhagarara. Za nikelewoni ntizikigira umuvuduko uhagije kugirango zitsinde isunikana nyamashanyarazi-gishyitsi ( + asunika + ). Byose bizahita birangira. |
| The helium nucleus is very symmetric, compact, and robust. If the temperature were to stay constant, then all matter would turn into helium. But after 34 minutes, the temperature falls to 300 million degrees and the nucleosynthesis stops. The nucleons (protons and neutrons) no longer have enough velocity to overcome electrostatic repulsion. The game is played out. | |
| **43** | | |
| Les derniers neutrons libres se sont désintégrés. Ils sont naturellement instables et se transforment, en 109 secondes, en un couple PROTON-ELECTRON. | | Amanetoroni yigenga yanyuma yarasenyaguritse. Mu busanze imbaraga mfatanyi zayo ni nkye; birtyo zikihinduranya, mu masegonde 109, mw’itsinda nyabubiri POROTONI-ELEGITORONI. |
| The remaining free neutrons disintegrate. They are naturally unstable, and transform – in 109 seconds – into a proton-electron pair. | |
| Depuis le début, 34 minutes se sont écoulées. | | Kuva bitangiye, iminota 34 imaze gushira. |
| 34 minutes have passed since the beginning. | |
| Et alors ? | | Hanyuma se ? |
| Wot now? | |
| A l’issue de cette phase, on a une soupe primitive constituée de PHOTONS, de NEUTRINOS, de PROTONS, d’ELECTRONS et de NOYAUX d’HELIUM. La matière se répartit, en poids, comme ceci: 25% d’Hélium contre 75% d’HYDROGÈNE (protons libres). | | Nyuma yiyo nteruro, hagaragaye umufa wambere ugizwe na FOTONI, na NETIRINOSI, na POROTONI, na ELEGITORONI hamwe na NUWAYO za HELIYOMU. Matsiyeri yigabanije, mu buremere, nk’uku gukurikira: 25 % bya HELIYOMU na 75 % bya IDOROJENE (porotoni zijyenga ). |
| At the end of this phase of development, the universe is a primitive soup of photons, neutrinos, protons, electrons, and helium nuclei. By weight, the matter divides into 25% helium and 75% hydrogen (free protons). | |
| HIPS ! | | HIPUSI ! |
| Hic! | |
| Pendant 700 000 ans il ne se passe RIEN du tout. L’Univers continue de se détendre, et les photons avec lui. Le gaz de photons continue de fournir de la chaleur à la matière, pour que les deux températures TR et TM restent égales (équilibre thermodynamique). | | Mu gihe cy’imyaka 700000 nta kintu na gito cy’UBUNZUGUNYA kigeze kiba. Iniveri yakomeje kwikwedura, na fotoni nazo zigenza zicyo. Umwuka wa fotoni wakomeje guha ubushyuhe matsiyeri, kugirango ibipimo bibiri by’ubushyuhe TR na TM bigume bingana ( uburinganire nyangufubushyuhe ). |
| For 700,000 years…nothing happens. The universe continues to expand, and the photons expand with it. The photon gas continues to heat the matter, and the temperatures TR and Tm stay equal (thermodynamic equilibrium). | |
| Et la température descend à 3000 Kelvins. | | N’igipimo cy’ubushyuhe kiramanuka kugera kuri dogere Keluvine 3000. |
| And the temperature drops to 3000 degrees Kelvin. | |
| **44** | | |
| L’UNIVERS TRANSPARENT | | INIVERI IBONERANA |
| The transparent universe | |
| Un autre mécanisme MORPHOGENETIQUE entre en jeu. Les forces électriques tendent à lier les électrons aux noyaux pour former des atomes. L’agitation thermique a suffisamment baissé pour que ces structures ne soient plus brisées, aussitôt formées, dans les collisions avec un autre atome ou avec d’autres composants du mélange. | | Iyindi nshorerabikorwa nyamorromankomoko yinjiye mu mukino. Imbaraga nyamashanyarazi ziganisha mu gufatanya za elegitoroni kuri nuwayo kugirango hakodwe za atome. Itingisa nyabushuhe ryaragabanutse cyane bihagije kuburyo iyo mitererempagaze itazasenywa, ako kanya imaze kubakwa, mu masekurana n’iyindi atome cyangwa hamwe n’andi matsiko-ngizi y’iyo mvange. |
| Another morphogenetic mechanism comes into plays. Electrical forces tend to attract electrons to nuclei to form atoms. Thermal agitation is sufficiently low not to break these structures up as soon as they are formed, in collisions with other atoms or with other ingredients of the soup. | |
| Petit à petit tous les électrons LIBRES sont capturés par les noyaux. | | Buhoro buhoro ama elegitoroni yigenga yose yakaciwe n’ama nuwayo. |
| Little by little, all the free electrons are captures by nuclei. | |
| Ces atomes bizarres…avec leurs gros électrons. Moi je ne m’y fais pas ! | | Ziriya atome ziteye inkeke… hamwe na z’elegitoroni zazo. Jye nsinjya mbijyamwo ! |
| These crazy bloomin’ atoms…wiv ’normous great ee-lecktrons…gives me the creeps, it does! | |
| Et l’Univers devient TRANSPARENT. | | Hanyuma iniveri irahinduka iba i BONERANA. |
| And the universe becomes transparent. | |
| Qu’est-ce que tu veux dire par transparent ? Avant, il était opaque ?!? | | Ese ushatse kuvuga iki n’iryo jambo wakoresheje ryo kubonerana ? ese ubundi yari yijimwe ?!? |
| What do you mean, becomes transparent? Do you mean it was opaque before? | |
| Avant, les photons interagissaient constamment avec la matière. Aucun photon n’arrivait à se frayer un chemin dans ce milieu. | | Mbere, amafotoni yagonganaga buri gihe na matsiyeri. Nta fotoni ni mwe yacaga iyindi nzira muri icyo kirere. |
| Before, photons were constantly interacting with matter. No photon could travel very far without bumping into something in the soup. | |
| Pfff ! | | Pufufu ! |
| Hmmmph! | |
| **45** | | |
| ET LE DECOUPLAGE | | ISENYAGURIKA RY’IREMATSINDA NYABUBIRI NA RYO |
| Decoupling | |
| Maintenant c’est fini, les photons peuvent traverser tout l’Univers sans s’apercevoir que la matière existe: il y a DECOUPLAGE. Pour deux raisons. Primo il y a plus de place. Secundo, les photons interagissent moins avec la matière neutre (atomes). | | Ubu bya rangiye, amafotoni ashobora kwambukiranya Iniveri yose atanamenyeko matsiyeri ihari: habayeho ISENYAGURIKA RY’ IREMATSINDA NYABUBIRI. Kubera impamvu ebyiri. Ubwa mbere umwanya urahari. Ubwa kabiri, amafotoni ahereranya ibikorwa gacye na matsiyeri mburamashanyarazi (atome ). |
| Once it was over, photons could traverse the length of the universe without noticing that matter existed. Photons and matter were decoupled. For two reasons. First, there was a lot of room. Second, photons interact less with neutral matter (atoms). | |
| Mais, voyons, les télescopes nous envoient des images qui, en quelque sorte nous proviennent « en direct du passé… » | | Ariko, turebe, za telesikope zitwoherereza amashusho, ubirebye neza, aturutse “ Y’ako kanya ko muri kahise …” |
| ‘Ere, ‘ang on…when yer looks frough a tellyscope, yer looks « straigth into past », dontcha? | |
| Oui, mais même avec un télescope fantastiquement puissant, on ne pourra jamais observer un phénomène survenu à une époque où l’Univers avait moins de 700 000 ans. | | Yego, ariko naho waba ufite telesikope y’ubushobozi butangaje, ntabwo bizashoboka nagato kwitegereza I fenomene yabaye igihe Iniveri yarifite imyaka iri munsi yi 700000. |
| Yes, but even with a fantastically powerful telescope, you wouldn’t be able to observe a phenomenon that occured when the universe was only 700,000 years old. | |
| Le passé, le passé très ancien de l’Univers restera nécessairement flou, nébuleux. | | Kahise, kahise ka kera cyane ka Iniveri kazahora ntakibuza katagaragara neza, kijimye gasa n’akarimwo ibicu. |
| So, the past…the very ancient past of the universe must always stay vague an’ ’azy, right? | |
| Oui, impossible de psychanalyser l’Univers. | | Yego, ntibishoboka gusoma mu bwonko bwa Iniveri. |
| Yes - it’s impossible to psychoanalyze the universe. | |
| **46** | | |
| La matière et les photons ayant cessé d’interagir, d’échanger de l’énergie l’ÉQUILIBRE THERMODYNAMIQE est ROMPU, et la température de la matière Tm se met à chuter plus vite (comme l’inverse du carré du Rayon de l’Univers), que la température TR des photons, la température de rayonnement, qui décroît seulement comme l’inverse de ce rayon R. | Matsiyeri na za fotoni byaje guhagarika guhererekanya ibikorwa, guhanahana ingufu, UBURINGANIRE MBARAGANYABUSHYUHE bwa BWARASENYUTSE, noneho igipimo cy’ubushyuhe cya matsiyeri Tm cyahise kimanuka ni ngoga ( nk’incurikaburyo y’inkububwacyo ya 2 ya reyo ya Iniveri), kurusha igipimo cy’ubushyuhe TR cya fotoni, igipimo cy’ubushyuhe cy’umurasire, cyigabanuka gusa nk’incurikaburyo y’iyo reyo R. | |
| Once matter and the photons cease to interact and exchange energy, thermodynamic equilibrium is destroyed, and the temperature Tm of matter starts to drop very rapidly (as the inverse square of the radius R of the universe); while the temperature TR of photons – the radiation temperature – decreases more slowly, as 1/R. |
| Salut ! | Mwiriwe ! | |
| Hey, you guys! |
| Maintenant, c’est chacun pour soi. | Ubu rero, umwe wese ni ukwimenya. | |
| It’s everyone for himself, these days. |
| Hé ! Qu’est-ce qui se passe ? On dirait que la nuit tombe ? Et il fait sacrément froid, tout d’un coup… | Bite ! habaye iki ? Wagirango ijoro riraguye ? Kandi hahise hakonja byabuze urugero, ako kanya… | |
| Hey, what’s happening? Looks like nightfall. And it’s freezing cold, all of a sudden… |
| L’Univers connaît maintenant une sorte de crépuscule. Il continue de se refroidir. Le ciel passe du violet au rouge sombre, puis la nuit tombe comme une chape froide. Il y a toujours un milliard de photons originels pour chaque atome d’hélium ou d’hydrogène. Mais ces photons, distendus par l’expansion, sont devenus exsangues. | Iniveri igiye mu gihe gisa n’umwijima. Ikomeje gukonja. Ijuru rihindura ibara riva kuri viyoleti rijya k’umutuku wijimye, hanyuma ijoro rigwa nk’ikiringiti gikonje. Buri gihe hari miliyaridi imwe y’amafotoni yo kw’isoko kuri buri atome ya heliyomu cyangwa ya hidorojene. Ariko ayo mafotoni, yakweduwe n’igara rya Iniveri, yataye agatege. | |
| The universe enters a kind of twilight zone. It continues to cool down. The sky changes from violet to dark red, while night falls like a frozen blanket. There are still a billion photons for each atom of helium or hydrogen. But these photons, spread out by the expansion, are suffering from kind of cosmic anemia… |
| Le BIG BANG, c’est fini. Les numéros furent éblouissants. Pour un peu, il ne serait rien resté (une particule sur un milliard !). Il fait noir comme dans un tunnel. | BIGI BANGE, byararangiye. Impinduka zabaye zarakabije. Habuze gato, nta cyari gusigara (iparitikile imwe kuri miliyaridi imwe !). harijimye cyane nko mu muhanda wo mu kuzimu. | |
| The big bang is over. For a time, virtually nothing remains (one particle in a billion). It’s dark as a black cat in a tunnel at midnight. |
| **47** | | |
| Fouchtre, quel froid de bête ! | Fucuturu, mbega ubukonje nk’ubwo mw’ishyamba ! | |
| Brrr…blasted blue northers! |
| La longueur d’onde des photons est de 0,15 mm, ce qui correspond à une température de rayonnement TR = -173°C. | Uburebure bwa onde ya za fotoni ni nka mm 0,15 ,ni ukuvugako bujyanye n’igipimo cy’ubushyuhe bw’umurasire TR=-173 °C. | |
| The wavelength of photons is 0.15 mm, which corresponds to a radiation temperature TR = -173°C |
| Les atomes, eux, se promènent à 150 m/s, ce qui donne une température de matière de Tm=-267°C. | Ama atome, yo, aritemberera k’umuvuduko wa m 150/s, ibyo bitanga igipimo cy’ubushyuhe bya matsiyeri cya Tm=-267° C | |
| Atoms now travel at 150 meters/second, so the temperature of matter Tm=-267°C. |
| Bon, je crois que j’ai à peu près compris comment fonctionne l’Univers. | Byiza, ndemeza ko nashoboye kumva uko Iniveri ikora. | |
| Great…I guess I’ve got some sort of idea how the universe works, now. |
| Mais il reste une question important: à quoi ça sert ? | Ariko hasigaye ikibazo k’ijyenzi: ese bimara iki? | |
| But an important question remains: what’s it all for? |
| Oui, Anselme a raison, à quoi cela rime-t-il ? | Yego, Anselimi afite ukuri. Ubundi se ibyo bije bite ? | |
| You know, Archie’s right. What’s the purpose? |
| Etait-ce bien utile ? | Ese byari ngirakamaro ? | |
| Yur…wotsit good for? |
| **48** | | |
| Voyons, au début il y avait N’IMPORTE QUOI dans le plus grand désordre. | Reka turebe, bigitangira hari IBYARIBYO BYOSE mu kavuyo gahanitse. | |
| Well…to begin with, there was a lot of anything in a state of total confusion. |
| Le TOHU-BOHU | AKAVUYO | |
| Chaos |
| Et puis l’Univers s’est mis à fabriquer des STRUCTURES de plus en plus COMPLEXES, des NOYAUX, des atomes… | Hanyuma Iniveri yatangiye gukora IMITEREREMPAGAZE yagendaga irushaho GUKOMERA, ama nuwayo, ama tomes… | |
| And then the universe set about making structures, which became more and more complex…nuclei, atoms… |
| J’ai trouvé le principe cosmologique de base. | Na vumbuye ihame nyakosimosi ry’ibanze. | |
| I’ve discovered the basic cosmological principle. |
| Ah…et c’est quoi ? | Aha… nonese ni iki ? | |
| Ah…and what is it? |
| POURQUOI FAIRE SIMPLE QUAND ON PEUT FAIRE COMPLIQUE ? | KUKI WAKORA IBYOROSHYE IGIHE WASHOBORA GUKORA IBIRUHIJE ? | |
| Why make things simple when you can make them complicated? |
| Ouais…pas mal, votre petite histoire. Mais c’est de la spéculation, des fantasmes de théoricien. Qu’est-ce qui dit que tout s’est réellement passé comme cela ? | Wayii… ntabo ari bibi, ako gakuru ka we. Ariko ni ibyifuzo, indoto z’umuhanga mu gutekereza. Ni iki, kitubwirako byose koko byajyenze nk’uko nguko ? | |
| Humph…not bad, yer little shaggy god story…but it’s just blinkin’ speckyerlation. Theo-rettickle fantasies. Wot makes yer fink reality is really like that? |
| **49** | | |
| Pour répondre à la question de Léon, quittons cet Univers de moquette et replaçons-nous dans le présent. | | Kugirango hasubizwe ikibazo cya Lewo, tube turetse iyo Iniveri y’umusambi noneho tugaruke mu gihe cy’ubu. |
| To answer Lenny’s question, let’s leave this carpet universe and return ourselves to the present. | |
| Zéro – 1/100e s – 1/10e s –1s - 13 s – 35 min – 700 000 ans – 100 millions d’années – MAINTENANT | | Zero – icya 1/100 cya s. – icya 1/10 cya s. - s.1– s.13 –iminota 35 – imyaka 700 000 – imyaka miliyoni 100 – UBUNGUBU |
| Zero – 1/100e s – 1/10e s –1s - 13 s – 35 min – 700,000 yr – 100 million yr – NOW | |
| Et tout ce qui suit ? La formation des galaxies, des étoiles ? …on laisse tomber ?… | | Hamwe n’ibikurikira byose ? Ikorwa ry’amagaragisi, ry’inyenyeri ? … tubirekyere iruhande ?... |
| And what comes next? The formation of galaxies | |
| Non, tout cela sera raconté dans MILLE SOLEILS. | | Oya, ibyo byose bizavugwa mu gitabo cyitwa AMAZUBA IGIHUMBI. |
| That’s all for now | |
| **50** | | |
| L’EFFET DOPPLER | | INYEREKANAGIKORWA YA DOPELERI |
| The Doppler effect | |
| Qu’est-ce que vous faites ? | | Murakora iki ? |
| Now wotcha muckin’ abaht wiv? | |
| Tu vas voir, on joue à s’envoyer des messages. | | Ugiye kubibona, turakina ibyo kohererezanya ubutumwa. |
| You’ll see. I’m going to send some messages. | |
| A cette extrémité, un système d’entraînement à vitesse constante c tire la bande. | | Kuri uyu musozo, isisiteme y’injyaniranya y’umuvuduko udahinduka c ikurura ibande. |
| At this end, a roller moving at a constant speed c pulls the tape along. | |
| A l’autre bout, un système oscillant (pendule) trace une sinusoïde sur le papier. | | K’uwundi musozo, isisiteme yicunda (pandile ) ishushanya sinuzoyide k’urupapuro |
| At the other end, an oscillator (pendulum) traces out a sinusoidal curve on the paper. | |
| Je peux régler la fréquence N, le nombre d’oscillations par seconde, en ajustant la position du poids sur le balancier. | | Nshobora gupimanya ferekanse N, umubare w’imyicundo kw’isogonda, mpimanyije neza ikicaro cy’uburemere ku kuboko k’umwicundo. |
| I can regulate the frequency N – the number of oscillations par second – by adjusting the position of the weight on the pendulum arm. | |
| **51** | | |
| Ah, d’accord. Et moi je peux mesurer la longueur d’onde à la réception. | | Aha, ndabyemeye. Nanjye nshobora gupima uburebure bwa onde k’ubwakiriro. |
| Rightey – ho! An’I can measure the wavelengf of the signal received. | |
| Il y a N oscillations par seconde. Donc chaque aller-retour du pendule se fait en un Nème de seconde: c’est la PERIODE de l’onde. Pendant ce temps, la bande avance de λ = c /N (longueur d’onde) | | Hari imyicundo N kw’isogonda. Rero buri njyenda-ngaruka ya pandile ikorwa muri kimwe mu bice N by’isegonda: uwo ni PERIYODE ya onde. Muri icyo gihe, bande iricuma urugendo rungana na λ = c /N ( uburebure bwa onde). |
| There are N oscillations every second. So each to-and-from of the pendulum takes one Nth of a second: that’s the period of the wave. During that time, the tape moves a distance λ=c/N (the wavelength). | |
| Basse fréquence, grande période, grande longueur d’onde. Haute fréquence, courte période, faible longueur d’onde. | | Ferekanse zo hasi, periyode ndende, uburebure bwa onde bunini. Ferekanse ndende, periyode ngufi, uburebure bwa onde buto. |
| Low frequency, long period, large wavelength. High frequency, short period, small wavelength. | |
| Ca permet de communiquer. | | Bituma abantu bohererezanya ubutumwa. |
| I can use that to communicate. | |
| C’est important la communication. | | Itumanaho ni ingirakamaro. |
| It’s important, communication is. | |
| Bon. Je vais faire un essai de transmissions à plus grande distance. | | Byiza. Ngiye kugerageza iyoherezabutumwa k  Urugendo rurerure. |
| Good. I’ll try an experimental long-distance transmission. | |
| Prêts ? | | Mwiteguye ? |
| Ready? | |
| **52** | | |
| Vitesse c | | Umuvuduko c |
| Speed c | |
| C’est parti ! .. | | Twagiye!... |
| ’E’s orf! | |
| Willy pédale, c’est bon… | | Wili nyonga, ni byiza… |
| Willy does the pedaling, good… | |
| Hé !!! Qu’est-ce que tu fais ? Tu modifies la fréquence ? | | He !!! uriho urakora iki ? urahindura ferekanse ? |
| Hey, wotcha up ter? Are yer fiddlin’ wiv the frequency? | |
| Non, pas du tout. | | Oya, na busa pe. |
| Certainly not! | |
| Ah, c’est redevenu normal… | | Aho, byagarutse mu buryo byiza… |
| Ah, it’s back to normal again. | |
| Willy, es-tu sûr que tu pédales régulièrement ? | | Wili, urizera ko unyonga mu buryo butanga umuvuduko umwe ? |
| Willy – yer sure yer bin peddlin’ steady-like? | |
| Absolument ! | | Rwose pe ! |
| Of course! | |
| On dirait qu’à un moment, tu pédales plus vite… | | Umuntu yagirango mu mwanya umwe uranyonga n’ingoga… |
| Oh. I fought fer a moment yer bin peddlin’ quicker. | |
| Quelque chose se passe quand j’éloigne l’appareil. Je vais le remettre à sa place. | | Hari ikintu kiba iyo nigijeyo apareye. Ngiye kuyisubiza mu kicaro cya yo. |
| Something funny happens when I move the apparatus. I’ll put it back where it was. | |
| Rigueur de la méthode expérimentale. | | Imikorere y’amageza ijyana imicungire y’igitsure cya cyane. |
| The rigor of experimental method. | |
| **53** | | |
| !!! Willy, tu pédales, oui ou zut ! | !!! Wili, nyonga, yego cyangwa zutu ! | |
| !!! Willy, get peddlin’, dammit! |
| Mais JE pédale ! | Ariko NDA nyonga ! | |
| I am pedaling, you twerp! |
| Si vous n’êtes pas content, vous n’avez qu’à le faire à ma place ! | Nimba mutishimye, mufite kubikora mu mwanya wanjye ! | |
| If you don’t like it, you can do the job instead of me! |
| Alors les gars, expliquez-moi votre cas. | Ngaho rero basha, ni munsobanurire ibyanyu. | |
| Hold it, hold it! What’s the problem? |
| C’est redevenu normal. Mais tout à l’heure il y eu un accroissement de la longueur d’onde (A), c’est-à-dire une baisse apparente de la fréquence, à la réception. Puis, après un intervalle normal (B), on a eu un accroissement de la fréquence, à la réception, c’est-à-dire un raccourcissement de la longueur d’onde λ. | Byagarutse mu buryo nyabyo. Mu mwanya habaye iyongerwa ry’uburebure bwa onde (A), ni ukuvuga igabanuka ngaragara rya furekanse, k’ubwakiriro. Hanyuma, hashize umwanya ubayabaye (B), twabonye ukwiyongera kwa furekanse, ku bwakiriro, ni ukuvuga igabanuka ry’uburebure bwa onde λ. | |
| It’s back to normal again now. But a while ago the wavelength suddenly increased (A). That is, the apparent frequency of the signal dropped. Then, after an interval of normal reception (B), the frequency increased (C)…that is, the wavelength λ got shorter again. |
| **54** | | |
| Hé, je peux m’arrêter ? | | He, nshobora guhagarara ? |
| Hey, you guys: can I stop now? | |
| Oui, Willy, arrête | | Yego, Wili, hagarara. |
| Yes, Willy. Hold your horses. | |
| Willy dit qu’il a tout le temps pédalé régulièrement. | | Wili avuga ko yagiye anyonga k’umuvuduko umwe. |
| Willy says he kept pedaling steadily all the time. | |
| C’est peut-être le papier qui s’est dilaté ou contracté ? | | Yenda ni urupapuro rwikweduye cyangwa rwiyegeranije ? |
| Perhaps the paper stretched or shrunk? | |
| Non, Anselme, c’est l’effet Doppler-Fizeau. | | Oya, Anselimi, ni inyerekanagikorwa ya Dopelere-Fizo. |
| No, Archie. It’s the Doppler-Fizeau effect. | |
| Le…quoi ?!? | | i… iki ?!? |
| The popple-fizzy what? | |
| Quand tu bouges le chariot, cela change la fréquence apparente. | | Iyo unyeganyije ikigare, ibyo bihindura furekanse ngaragara. |
| When you moved the cart, you changed the apparent frequency | |
| Quand le chariot s’éloigne, la sinusoïde est étirée et la fréquence apparaît plus faible. | | Iyo ikigare kigiye hirya, sinizoyidale irikwedura na furekanse ikagaragara ko ari ntoya cyane. |
| When the cart moves away, the sinusoid is stretched, and the frequency appears lower. | |
| **55** | | |
| Quand le chariot se rapproche, avance sur la bande, la sinusoïde est tassée, contractée et la fréquence apparaît plus élevée. | | Iyo ikigare kyigize hino, kyikicuma kuri bande, sinuzoyide iritsindagira, ikiyegeranya na furekanse ikagaragara nk’aho ari iyo hejuru cyane. |
| When the cart returns, advancing along the tape, the sinusoid is squashed, and the frequency appears to be higher. | |
| C’est exactement ce qui se passe quand tu entends le sifflet d’un train qui passe à ta hauteur. Quand il se rapproche le son est plus élevé. Quand il s’éloigne le son est plus grave. | | Ni kimwe neza nk’ibiba iyo wumva ifirimbi ya gariyamoshi iciye imbere yawe. Iyo ikwegera, ijwi ryumvikanira hejuru. noho iyo irenze igenda hirya, ijwi rica bugufi. |
| That’s exactly what happens when you listen to the whistle of a train passing at high speed. When it’s approaching, the sound seems higher; when it passes the sound changes to a lower note. | |
| Alors, avec un tel système, quand je connais a priori la longueur d’onde du signal qui serait émis par une source immobile, je peux calculer la vitesse de rapprochement ou d’éloignement (récession) de la source. | | Noneho rero, mfite sisiteme nk’iyo, igihe naba nzi, mbere ya byose, uburebure bwa onde y’ikimenyetso kizoherezwa n’isoko iteretse hamwe, nhobora kubara nkabona umuvuduko nyegera cyangwa mpunga ( ingarurabibazo) y’isoko. |
| Hey, that’s interesting…with a system like that, if I know ahead of time the wavelength of the signal being emitted by a motionless source, I can calculate the speed of approach or recession of the source. | |
| Et ce qui est valable pour le son l’est également pour la lumière. Les objets qui s’éloignent paraissent plus rouges, et ceux qui s’approchent, plus bleus. | | Kandi ikiba ihame kw’ijwi kinariba k’urumuri.  Ibintu biducaho bidusiga bigaragara nk’ibitukura cyane, naho kandi Ibiza bitwegera bigaragara nk’ibisa na bururu cyane. |
| And what holds for sound is also true of light. Objects that are moving away look more red, and those that are approaching look more blue. | |
| **56** | | |
| Bon, reprenons nos expériences de transmission à distance. | | Byiza, tugaruke kuri ya mageza yacu y’iyohereza butumwa ku hantu h’intera. |
| Fair enough – let’s try the experiment again. | |
| Willy, en place. | | Wili, mu mwanya wa we. |
| Man your post, Willy. | |
| Il a changé la fréquence !? | | Yahinduye furekanse !? |
| ’E’s changed the frequency? | |
| Ou alors il s’éloigne… | | Cyangwa rero yigiye hirya… |
| Or else he’s moving away. | |
| Ça recommence comme tout à l’heure. | | Biratangiye nko mu kanya gashize. |
| It’s happening again, just like last time. | |
| Oui, c’est ça !  Il doit encore s’éloigner. | | Yego, ni byo !  Agomba n’ubu kwigira hirya. |
| Yur that’s it! ’E’s still movin’ orf! | |
| Mais non, bougres d’andouilles, je ne m’éloigne pas puisque je suis LA !… | | Oya ariko, mwa bitindi by’ibigoryi, ntaho nagiye kuko ndi HANO!... |
| No, you bunch of dummies, I am not moving off! I’m here! | |
| Et l’oscillateur est resté là-bas. | | Na osiyateri yagumye hariya. |
| And the oscillator’s still over there. | |
| **57** | | |
| LA FUITE DES GALAXIES | | IHUNGA RY’AMA GALAGISI. |
| The flight of the galaxies | |
| Mais alors !?! | | Ariko noneho se !?! |
| Yikes… | |
| Ca veut dire… | | Bishatse kuvuga… |
| That mus’ mean… | |
| … Que l’espace bouge. | | … Ko esipase igenda. |
| Space is moving. | |
| Quelle angoisse !!! | | Mbega agahinda !!! |
| Oh no! | |
| C’est cette histoire de moquette qui se détend… | | Ni iriya nkuru y’umusambi wiyagura… |
| It’s the story of the expanding carpet… | |
| Tout fout le camp !… | | Byose birigendeye!... |
| That’s really torn it! | |
| Eh oui, c’est de cette façon qu’en 1930, Edwin Hubble découvrit l’EXPANSION DE L’UNIVERS, en constatant que les galaxies lointaines nous fuient: en raison de l’effet DOPPLER-FIZEAU, elles sont de plus en plus rouges à mesure qu’elles s’éloignent. | | Ehe yego, ni nk’uko mu 1930, Eduwine Hubble yavumbuye IKWEDUKA RYA INIVERI, avumbura ko za galagisi za kure y’iyacu ziduhunga: hakurikijwe inyerekanagikorwa ya DOPELERI-FIZO, zigenda zihinduka umutuku cyane muri uko kumenengana kwazo ziduhunga. |
| And that was how, in 1930, Edwin Hubble discovered the expansion of the universe, by noticing that distant galaxies were moving away from us. Because of the Doppler-Fizeau effect, they appeared redder and redder, the further distant they were. | |
| Ces atomes d’hydrogène émettent en principe dans une longueur d’onde de 21 cm. L’effet Doppler m’indique des vitesses de fuite de 2000, 4000, 6000 km/s. | | Ayo m’atome ya hidorojene asakaza, mu by’ukuri, mu uburebure bwa onde bwa cm 21. Inyerekanagikorwa ya Dopeleri inyereka imivuduko yo guhunga ya km 2000/s, 4000, km 6000/s. |
| These ’ydrogen atoms ’emit light at a wavelengf of 21 cm, in theory. The Doppler ’effeckt shows a speed of recession of 2000, 4000, and 6000 km/sec. | |
| Hubble peut évaluer la distance nous séparant de ces galaxies, en se fondant sur leur luminosité apparente. Et il déduisit que cette vitesse de fuite était tout simplement PROPORTIONNELLE à leur distance par rapport à nous. | | Habele ashobora kubara uburebure bw’urugendo ruri hagati yacu n’ayo magalagisi, ahereye ku bukana bw’urumuri rugaragara rwa zo. Hanyuma rero yasanzeko uwo muvuduko wo guhunga wari, mu busanzwe, mu NJYANANJYERO n’uburebure bw’urugendo rudutandukanya na zo. |
| Hubble could estimate the distance separating us from these galaxies, by considering their apparent luminosity. He deduced that the velocity of recession was proportional to their distance away from us. | |
| 2000 km/s, 4000 km/s, 6000 km/s. | | km 2000/s, km 4000/s, km 6000/s |
|  | |
| **58** | | |
| Attendez, qu’est-ce que cela veut dire ? Les objets accélèrent quand ils s’éloignent de nous ? | | Buretse, ibyo se bivuze iki? Ese ibintu byiyonjyera umuvuduko uko biduhunga? |
| Ampf. So wozzat mean? Fings h’accellyrate when they get further away from us? | |
| Pas exactement. La moquette se dilate de tous les côtés. Imagine un point A qui, au temps t = 0, est à un mètre de toi. Au bout d’une seconde, il est 1m20. Sa vitesse de fuite est donc de 20 cm/s. | | Ntabwo aribyo neza. Umusambi urakweduka urakweduka mu mpande zose. Fata urugero rw’akadomo A kaba kari, igihe t=0, ku imetero imwe uturutse aho uri. Nyuma y’isegonde imwe, kazaba kari ku m1cm20. Umuvuduko w’ubuhunzi wa ko, uzaba rero ari cm 20/s. |
| Not exactly. The carpet expands in all directions. Imagine a point A which, at time t=0, is one meter away. After one second, it is at 1.2 meters. So its speed of recession is 20 cm/sec. | |
| Dans le même laps de temps, un point B, situé initialement à 2m de toi, se retrouvera à 2m40 (en B’)et sa vitesse PAR RAPPORT A TOI est de 40 cm par seconde. | | Muri icyo gihe, akadomo B, gatuye ubwa mbere na mbere mu m2 uvuye iwawe, kazisanga kari mu m2cm40 (mu kadomo B’ ) kandi umuvuduko wako, UGERERANIJE NAWE, ni cm 40 kw’isegonde. |
| In the same period of time, a point B, situated initially 2 meters away, ends up at a distance of 2.4 meters (at B’). And its speed of recession relative to you is 40 cm/sec. | |
| L’effet DOPPLER indique les vitesses relatives. | | Inyerekanagikorwa ya DOPULERI yerekana imivuduko njyereranyi. |
| The Doppler effect tells you relative velocities. | |
| Il n’y a pas de variation de longueur d’onde quand l’émetteur et le récepteur vont à la même vitesse sur des routes parallèles. | | Nta mpinduka y’uburebure bwa onde igihe inyohereza majyi hamwe n’inyakiramajwi zigendera k’umuvuduko ungana hose ku mihanda iteganye. |
| There’s no variation of the wavelength if both transmitter and receiver move at the same speeds on parallel paths. | |
| **59** | | |
| Alors, tout notre Univers est en expansion? | | Birtyo rero Iniveri yacu yose irakweduka ? |
| So our entire universe is undergoing an expansion? | |
| Attendez, moi j’ai une autre idée. Supposons que le temps..s’accélère. | | Buretse, jyewe mfite ikindi gitekerezo. Reka twemeze ko igihe… kiyongera umuvuduko. |
| Listen, I’ve got another explanation. Suppose that time…is speeding up. | |
| Mais cela...ne veut rien dire !?! | | Ariko ibyo… ntacyo bivuze !?! |
| But that…that don’ mean anyfink! | |
| Les oscillations des atomes, comme par exemple des atomes d’hydrogène, sont comme le « pouls » de l’Univers. Imagine un Univers dont le pouls s’accélère. Plus on vieillit, plus ce « pouls » bat vite. Les images du passé nous parviennent comme un film au ralenti. Et l’effet Doppler n’est qu’une illusion. | | Imyicundo ya z’atomes, akarorero nka z’atome za hidorojene, zimeze nku “umusukumamaraso” ya Iniveri. Shyira mu gitekerezo Iniveri ifite umusukumamaraso wiyongera. Rero uko umuntu yaba asaza, ni nako uwo “musukumamaraso” watera n’ingoga. Amashusho y’igihe cyashize atugeraho nka filime yagabanirijwe umuvuduko. Naho inyerekanagikorwa ya Dopeleri yo ni nk’igitekerezondoto. |
| You can think of the oscillations of atoms-hydrogen, say – as he « pulse » of the universe. Imagine a universe whose pulse accelerates. The older you get, the faster the pulse beats. Images of the past look like a slow-motion film. And the Doppler effect is just an illusion. | |
| Bien sûr, Tirésias, on peut tout imaginer, et ce que tu dis revient à dire que les lois de la physique évoluent dans le temps, ce qu’a envisagé Fred Hoyle. | | Yego pe, Tireziyasi, umuntu ashobora gushyira mu gitekerezo ikintu icyaricyo cyose; rero ibyo uvuze bisa no kuvuga ko amategeko ya fizikye ajyana n’igihe, ni byo rero Ferede Hoyile yaragamije. |
| That’s certainly an idea, Tiresias – in the imagination anything is possible. What you’re really saying is that the laws of physics might evolve in time, which is an idea suggested by Fred Hoyle. | |
| LE FOND DU CIEL EST FROID | | INDIBA Y’IJURU IRAKONJE |
| Heaven’s fundament is cold | |
| Mais il existe un autre argument en faveur de l’expansion, et de son corollaire, le BIG BANG. | | Ariko hari n’iyindi nshyigikira ivugira ubukweduke, hamwe n’inshyigikira ya yo, ariyo BIGI BANGE. |
| But there’s another argument in favor of the expansion, and its corollary, the big bang. | |
| Mi ! | | Aha ! |
| Eeep! | |
| **60** | | |
| Tout à l’heure, on avait vu que seul un photon sur un milliard avait pu se transformer en matière. | | Mu kanya gashize, twari twabonye ko I fotoni imwe gusa kuri miliyaridi ariyo yashoboye kwihindura muri matsiyeri. |
| A while back, we saw that only one photon in a billion was transformed into matter. | |
| Et en antimatière! | | Naho se muri ndwanyamatsiyeri! |
| And antimatter! | |
| Il devrait donc rester une grande quantité de ces photons primitifs, environ 500 par centimètre cube (et autant de neutrinos, plus problématiques à détecter). | | Hakabaye rero harasigaye inganamubare nini y’ayo mafotoni y’ibanze, hafi ya 500 kuri sentimetero cyibe (na netirinosi zingana gurtyo, zitoroshye na busa kuvumbura aho ziri). |
| So there should still be a large number of these primitive photons, about 500 per cubic centimeter (and as many neutrinos, but they’re harder to detect .) | |
| Leur longueur d’onde devrait être de cinq millimetres. ce qui correspond à une température de rayonnement TR de trois degrés absolus (-270°C) | | Uburebure bwa onde bwazo bwagombye kuba bureshya na milimetero eshanu. Ibi bijyana n’igipimo cy’ubushyuhe bw’umurasire TR bungana na dogere ndashyikirwa eshatu  (-270°C) |
| Their wavelength should be about 5 mm, which corresponds to a radiation temperature TR of 3 degrees absolute (-270°C). | |
| Ces photons, de très faible énergie, Penzias et Wilson les ont détectés en 1964. Ils sont la vraie cendre du BIG BANG, Ils sont la preuve tangible de cette grande danse cosmique. | | Izo fotoni, z’ingufu nkye cyane, Peniziyasi na Wilisoni bazibonye mu 1964. Ni ryo vu nyaryo BIG BANG yasize; ni ikimenyetso kigaragara cy’uwo mucezo munini nyakosimosi. |
| These photons, of very low energy, were detected by Penzias and Wilson in 1964. They are the cinders of the big bang; tangible proof of the great cosmic dance. | |
| Mi !!! | | Ahaa !!! |
| Epee! | |
| Hé là… | | Nguko rero… |
| Oh crikey… | |
| **61** | | |
| L’HORIZON COSMOLOGIQUE | | IRENGERO RYA KOSIMOSI |
| The cosmological horizon | |
| Sophie, selon la LOI DE HUBBLE, la vitesse de fuite des objets croit avec la distance… | | Sofi, hakurikijwe IHAME RYA HABELE, umuvuduko wo guhunga w’ibintu wiyongera mu rwego rumwe n’uburebure… |
| Sophie, according to Hubble’s law, the speed of recession of objects increases with their distance… | |
| Donc, logiquement, il doit exister des objets qui s’éloignent de nous à des vitesse égales ou même supérieures à la vitesse de la lumière !? | | Rero, mu by’ukuri, hagomba kuba hari ibintu byigirahirya yacu ku mivuduko ingana cyangwa isumba umuvuduko w’urumuri !? |
| So, logically, there should exist objects that recede from us at speed equal to, or greater than, the speed of light!? | |
| Alors, on ne peut plus recevoir cette lumière ?! | | Birtyo rero, birumvikana ko tutaba tukibonye urwo rumuri bitwoherereza ?! |
| But…we couldn’t receive light from those! | |
| Pourquoi ? Si un avion s’éloigne de moi à une vitesse supersonique, je peux quand même entendre le bruit qu’il produit, non ? | | Kubera iki? Niba indege igenda yegera hirya yacu k’umuvuduko uruta uw’ijwi, nshobora ibyaribyo byose, kumva ijwi ryayo, sibyo se ? |
| Why not? If a plane flies past me at supersonic speed, I can still hear the sonic boom. | |
| Mes agneaux, ce n’est pas comme cela qu’il faut voir les choses. | | Nshuti zanjye, si uko mugomba kureba ibintu. |
| My dears, you have to look at things in a different light. | |
| **62** | | |
| Le fait de se déplacer a une incidence sur le TEMPS (\*). Un objet qui se déplace à une vitesse s’approchant de 300 000 Km/s, de la vitesse de la lumière, se trouve, par rapport à nous, observateurs, dans une « bulle de temps » différente. Nous percevons son message comme une sorte de film au ralenti. | | Igikorwa cyo kugenda kigira ingaruka ku GIHE (\*). Ikintu kigenda k’umuvuduko wegera km 300 000 /s, k’umuvuduko w’urumuri, kiba kiri, uhereye aha turi ubu, twebwe nk’indorerezi, mu “ mubumbe w’igihe” utandukanye n’uwacu. Tubona ubutumwa bwe nk’ubwoko bwa filime igenda buhoro bidasanze, yomboka. |
| Der phenomenon of motion has ein effect on der time (\*). Ein object vot moofs at a speed approaching dat of light, 300,000 km/sec, seems-relative to us, de opservers – to be in a different « time bubble ». Ve opserve its message as a kind o slow-motion film. | |
| Et si cet objet se meut par rapport à nous à la vitesse de la lumière, le dérapage temporel devient total. Son temps semble se figer comme une sauce. | | Naho kandi iyo icyo kintu kigenda, ugereranije natwe, k’umuvuduko w’urumuri, amayobera y’igihe aba yose. Igihe cya cyo gisa ni ikitagenda nk’isosi mu nkono. |
| And if this object moves away from us at the speed of light itself, the time disconnection becomes total. Its time seems to flow like treacle. | |
| 300 000 km/s | | Km 300 000/s |
| 300 000 km/s | |
| A cause de ce glissement, de ce dérapage des temps l’un par rapport à l’autre, la fréquence des ondes, à la réception, baisse. Et ce phénomène, d’essence relativiste, vient se superposer, s’ajouter à l’effet DOPPLER.  Quand la vitesse de fuite de l’émetteur, par rapport à nous, atteint c, la fréquence des ondes reçues tombe à zéro. Plus d’énergie, plus d’ondes, plus de messages ! | | Kubera ubwo bunyerere, ayo mayobera y’ibihe kimwe kigereranijwe n’ikindi, furekanse y’ama onde, ku cyacyiriro, iragabanuka. Noneho kandi iyo fenomene, nyarolativite, iza kwigereka hejuru, kwiyongera ku nyerekanagikorwa ya DOPELERI.  Igihe umuvuduko wo guhunga kw’insakazamawonde, utangiriye aho turi, ungannye na c, furekanse y’ama onde yakiriwe ingana na zero. Icyo gihe nta ngufu, nta onde, nta butumwa ! |
| Because of this slippage, this skidding of times relative to each other, the frequency of waves at the receiver is lowered. And this phenomenon, a relativistic effect, acts in addition to the Doppler effect. When the velocity of recession of the transmitter, relative to us, reaches c, then the frequency of the received waves falls to zero. The same goes for the energy, the waves and the message! | |
| Des vagues à fréquence nulle, c’est plus de vagues ! | | Imiraba ya furekanse ingana n’ubusa, ntabwo iba ikiri imiraba! |
| Waves of zero frequency are waves goodbye! | |
| (\*) voir TOUT EST RELATIF, du même auteur, éditions BELIN | | (\*) reba IBINTU BYOSE BIFITANYE ISANO, by’umwanditsi umwe, icapiro BELINE |
| (\*) See Everything is relative, same series. | |
| **63** | | |
| Pour les objets qui nous entourent, une vitesse relative égale à 300 000 km/s est atteinte sur une sphère appelée HORIZON. Ce n’est pas la frontière DES CHOSES QUI EXISTENT mais la frontière des CHOSES QUE NOUS POUVONS CONNAÎTRE. L’Univers accessible peut n’être qu’une portion d’un univers plus vaste. Cet horizon est à une dizaine de milliards d’années-lumière. La portée du plus puissant télescope terrestre actuel, le PALOMAR est d’un milliard d’années-lumière. La Direction. | | Ku byerekeye ibintu bidukikije, umuvuduko nyarolativite ungana na km 300 000 /s ugerwaho kuri siferi bita IRENGERO. Ntabwo ari urubibi RY’IBINTU BIBAHO ahubwo ni urubibi ry’IBINTU DUSHOBORA KUMENYA. Iniveri dushobora kubona ishobora kuba ari agace ka iniveri nini cyane. Iryo rengero riri kuri miliyaridi cumi z’imyaka-rumuri. Magingo aya, intera ya telesikope yo kw’isi ya mbere ireba kure, PALOMARI, ingana na miliyaridi imwe y’imyaka-rumuri.  Ubuyobozi. |
| For the objects that surround us, a relative velocity equal to 300,000 km/sec is attained on a sphere called the horizon. It is not the frontier of the things that exist; but the frontier of the things we can know about. The accessible universe is just a tiny part of a vaster universe. The horizon is at a distance of some tens of billions of light-years. The range of the most powerful telescope on the earth today, the Palomar telescope, is about 1 billion light-years.  The boss. | |
| Mais que signifiait, tout à l’heure, ce rayon R de l’Univers ? | | Ariko se , mu kanya gashize, iyo reyo R ya Iniveri yashakaga kuvuga iki ? |
| So what, now, is the meaning of the radius R of the universe? | |
| L’Histoire commençait quand l’Univers était âgé d’un centième de seconde. Imagine qu’à ce moment là, on ait tracé un cercle, ou mieux, une sphère, de rayon R et qu’on suive l’expansion de cette sphère de référence au cours du temps. C’est tout… | | Amateka yatangiye igihe Iniveri yari ifite kimwe kw’ijana cy’isogonde. Tekereza rero ko icyo gihe hari kuba hari umuntu waciye serikyeri, byiza cyangwa siferi, ya reyo R ahantu noneho tukaba dukurikirana ikweduka ry’iyo sefiri mfatizo muri iki gihe cyose. Nguko uko bimeze… |
| Our story began when the universe was ages one hundredth of a second. Imagine that at that moment we had drawn a circle, or better a sphere, of radius R. Then follow the expansion of that sphere of reference as time flows. That’s all. | |
| Ce que faisant, on ne préjuge pas du fait que l’espace puisse être fini ou infini (\*) | | Naho ibyo byaba byarakozwe, ntacyatuma twemeza ko esipase ishobora kuba ifite ubungane bubarika cyangwa bunini cyane kandi butabarika(\*) |
| By doing that, we don’t prejudge whether space is finite or infinite (\*). | |
| Elle a des yeux ravissants | | Afite amaso y’itekye |
| She’s got lovely eyes… | |
| Hé, vous deux ! | | He, mwebwe babiri ! |
| ‘Ere, you two! | |
| Cette bande dessinée n’est pas finie ! | | Iyi nyandiko nshushanyi ntirangiye ! |
| This cartoon book isn’t finished yet! | |
| HiHiHi | | HiHiHi |
| Hi-hi-hi | |
| On a encore besoin de vous | | Turacyagukeneye kandi |
| You’re still needed. | |
| (\*) voir à ce sujet LE GEOMETRICON, même auteur, éditions Belin | | (\*) kuri iyo ngingo, reba JEWOMETIRIKONI, umwanditsi ni umwe, icapiro Belini |
| (\*) See Here’s looking at Euclid, same series. | |
| **64** | | |
| LES MODELES DE FRIEDMANN | | MODELI ZA FIRIDIMANI |
| Friedmann models | |
| Sophie, qu’est ce qui provoque l’expansion de l’Univers ? | | Sofiya, ni iki gitera ikweduka rya Iniveri ? |
| Sophie – what causes the h’expansion of the universe? | |
| Ce sont les forces de PRESSION. Tout se passe comme si l’Univers avait EXPLOSE comme une bombe. | | Ni imbaraga z’ISUNIKA. Byose biba nk’aho Iniveri yaba YARATURITSE nk’ibombe. |
| It’s the pressure forces. It happens because the universe exploded like a bomb. | |
| Et rien ne s’oppose à cette expansion ? | | Ese kandi nta kintu nakimwe kirwanya iryo kweduka ? |
| And does nothing oppose this expansion? | |
| Les forces de gravité tendent à faire se condenser l’Univers sur lui-même, à le faire IMPLOSER. | | Imbaraga karemanorukuruzi zihora zikora k’uburyo Iniveri yiyegeranya, IGAHOBANA. |
| The force of gravity tends to make the universe come together again-to implode. | |
| Est-ce qu’on ne peut pas concevoir un univers où ces forces, de pression et gravitationnelles, s’équilibreraient ? | | Ese ntabwo umuntu yatekereza Iniveri iteye k’uburyo izo mbaraga sunika na karemanorukuruzi zigwa miswi? |
| So can’t yer fink of a universe where these forces, pressure an’ gravytation, balance aht? | |
| On peut montrer que l’équilibre est impossible. Au moindre écart par rapport à l’équilibre, cet univers « statique » explose ou implose. | | Dushobora kwerekana ko iryo gwamiswi ridashoboka. Riramutse rihushije ho gato iyo iniveri “idahinduka” yahombana burundu cyangwa igaturika. |
| It can be shown that such a balance is impossible. The slightest disturbance away from balance, and this « static » universe would either implode or explode | |
| Explosion | | Iturika |
| Explosion | |
| Implosion | | Ihombana |
| Implosion | |
| **65** | | |
| Mais alors, dites moi, notre Univers aurait pu…imploser au lieu d’exploser ? | | None se, cyo mbwira, Iniveri yacu yari gushobora …. Guhombana aho guturika? |
| Tell me, then: instead of h’explodin’ could our universe implode? | |
| En un sens, c’est une chance… | | Mu nzira imwe, ni amahirwe… |
| In a sense, there’s that possibility. | |
| Qui vous dit, alors, que le temps, lui, ne serait pas parti en ...marche arrière… | | Ni iki kikubwira ko igihe, cyo, kitari kugenda ... gisubira inyuma…. |
| In fact, it’s possible that time might decide to run backwards… | |
| Tsss !… | | Tisisisi!... |
| Tsss !… | |
| Qu’est-ce que tu fabriques ? | | Ese uriho urakora ibiki ? |
| Another gadget, Archie? | |
| Anselme a attaché deux aimants sur des patins à roulette. Ils s’attirent. Mais un ressort comprimé tend à écarter les patins l’un de l’autre. | | Anselimi yashumitse sumaku ebyiri kuri birato by’udupine munsi. Birakururana. Ariko rosoru itsindagiye igenda ishaka kubitandukanya yigizayo imwe ku ruhande rumwe n’ikindi k’urundi. |
| Archie has attached two magnets to roller skates, making them attracted to each other. But a compressed string tries to push the skates apart again. | |
| Tu vois, les aimants représentent les forces de gravitation, attractives, cohésives. Le ressort figure les forces de pression. | | Urabibona, izi sumaku zigereranwa n’imbaraga karemanonkuruzi, nkuruzi, ziganisha hamwe.  Rosoru igereranywa n’imbaraga sunika. |
| You see, the magnets represent the force of gravitation, pulling things together. The spring is the force of pressure. | |
| **66** | | |
| Quand je libère l’ensemble, les patins sont projetés loin l’un de l’autre. | | Iyo nzishumukuye, ibyo birato b’udupine mu nsi bijugunwa kimwe kure y’ikindi. |
| When I let the things go, the skates are propelled far apart. | |
| Deux cas se présentent: Soit l’impulsion communiquée aux patins est suffisamment forte, et ils s’éloignent l’un de l’autre indéfiniment. Plus ils s’éloigneront et moins la force d’attraction, qui varie comme l’inverse du carré de la distance, sera sensible. | | Iki kibazo kigaragaza impande ebyiri: yenda imbaraga-sunika zahawe ibyo birato by’udupine ni nyinshi cyane, ubwo rero ibyo birato bizahita bitandukana kimwe gikomeze guhunga ikindi ubuziraherezo. Uko bizagenda bihungana ni nako imbaraga z’ikururana, zihinduka mu ncurikaburyo ya kare y’uburebure, zizagenda zigabanuka. |
| There are two possibilities: if the impulse given by the spring is stronger enough, the skates will continue to separate indefinitely. The further apart they get, the smaller will be the force of attraction, which varies as the inverse square distance. | |
| Si les frottements sont inexistants, les patins finiront par acquérir une VITESSE CONSTANTE. | | Nimba nta tsirimana rihari, ibyo birato by’udupine mu nsi bizaruhira kugira UMUVUDUKO UMWE UDAHINDUKA. |
| If there’s no friction, the skates will eventually acquire a constant speed. | |
| Soit l’impulsion donnée par le ressort est trop faible, ou les aimants trop forts. Les patins vont alors revenir, « tomber » l’un vers l’autre, à vitesse croissante. | | Cyangwa rero imbaraga-sunika zatazwe na rosoru ni nto cyane , cyangwa za sumaku zirakomeye cyane. Bya birato by’udupine bizagaruka, “bigwe” kimwe ku kindi, k’umuvuduko wiyongera. |
| On the other hand, if the impulse from the spring is too weak, or the magnets too strong, then the skates will return, « falling » towards each other at an increasing speed. | |
| Ceci évoque deux types d’Univers possibles :  Premier scénario: l’expansion se poursuit indéfiniment. Quand les dernières étoiles seront éteintes, ce sera la nuit, le froid absolu, la MORT THERMIQUE. | | Ibi bitera gutekereza ko hariho ubwoko bubiri bushoboka bwa Iniveri:  Intekerezo ya mbere: ikweduka rirakomeza ububuraherezo. Igihe inyenyeri za nyuma zizazimira, hazaba ijoro rihoraho, ubukonje buhebuje, URUPFU RW’UBUSHYUHE. |
| This suggests two possible types of universe:  First scenario: the expansion continues indefinitely. When the last stars become extinct, there will be eternal night, absolute cold, thermal death. | |
| **67** | | |
| Second scénario: Les forces de gravité finissent par l’emporter. Après une situation d’extension maximale, l’Univers « retombe sur lui-même ». Toutes les structures, galaxies, étoiles, sont pulvérisées. Les atomes eux-mêmes sont brisés. Et le Big Bang est vécu comme à rebours, jusqu’à un nouveau rebond de l’Univers, une nouvelle phase d’expansion. | | Intekerezo ya kabiri: imbaraga karemanorukuruzi zigeraho zigatsinda.  Nyuma y’ikweduka rinini ry’umurengera, Iniveri “ izagaruka yigweho ubwayo”.  Imitererempagaze yose, za galagisi, inyenyeri, bizaturika. Ama atome ubwayo azakonjwakonjwa. Birtyo hazabaho Bigi Bange mu ncurikaburyo, kugezaho irindi zamuka rya Iniveri riba, iyindi ntera nshya y’ikweduka. |
| Second scenario: the forces of gravity finally win out. After reaching its maximal extension, the universe « falls back on itself ». All structures-galaxies, stars – are squashed flat. The very atoms are broken. And the big bang unbangs itself again…ready for a new rebound of the universe, and a new phase of expansion. | |
| C’est le mathématicien russe FRIEDMANN qui, en 1930, inventa les premiers modèles d’Univers statiques. | | Ni inzobere mu mibare y’umurusiya witwa FIRIDIMANI wahimbye, mu 1930, modeli za mbere za Iniveri zicaye hamwe. |
| The Russian mathematician Friedmann invented the first nonstatic models of the universe in 1930. | |
| Si j’avais su que l’Univers était instationnaire, j’aurais trouvé avant Friedmann (\*) | | Iyo nzakumenya ko Iniveri yari intakicaro, nari kuba narabibonye mbere ya Firidimani (\*). |
| If I had known der universe could be nonstationary, I vould haf’ discofered dem before Friedmann (\*). | |
| Monsieur Albert, qui, au prix d’acrobaties mathématiques absolument impossibles, avait bricolé en 1917 son modèle stationnaire, en fut fort dépité. Friedmann lui volait sa victoire. Il bouda alors la relativité générale pendant de longues années. | | Bwana Aluberiti, nyuma y’inkiriburane z’imibare mu by’ukuri zidashoboka, wari warashoboye guhimba, mu 1917, umudeli we nyakicaro, yahise agwa mu gahinda. Firidimani yari yamurushije kuba ikirangirire.  Bwana Aluberiti yahise ashyira iruhande rolativite rusange igihe cy’imyaka mwinshi. |
| Mr. Albert, who – at the cost of absolutely impossible mathematical acrobatics – had botches up his stationary model in 1917, was somewhat peeved. Friedmann had stolen his victory. He sulked about general relativity for many long years. | |
| Selon les modèles de Friedmann, l’Univers est en expansion indéfinie si la densité (actuelle) de matière est inférieure à 5.10-30 grammes par centimètre cube. Cet univers aurait par ailleurs un volume, une extension spatiale infinie. | | Dukurikije ama modeli ya Firidimani, Iniveri iri mw’ikweduka ritagira iherezo nimba indemere (ya magingo aya) ya matsiyeri iri munsi ya garama 5.10-30 kuri sentimetero kyibe. Iyo Iniveri kandi yaba ifite volime, n’inkweduke nyayesipase itagira iherezo. |
| According to Friedmann models, the universe undergoes indefinite expansion if the (present) density of matter is less than 5x10-30 grams per cubic centimeter. The universe would then have an infinite volume, an infinite spatial extent. | |
| (\*) authentique remarque d’Einstein. | | (\*) Ikyibutso nyacyo cya Eyinishiteyini. |
| (\*) Authentic remark of Einstein. | |
| **68** | | |
| LA (les) GEOMETRIES(s) DE L’UNIVERS | | JEWOMETIRI (ya/za) INIVERI |
| The geometry(ies) of the universe | |
| L’Univers…quelle forme a-t-il ? | | Iniveri … ifite iforoma yihe ? |
| What shape is the universe? | |
| Misère… | | Ibyago… |
| Miserable | |
| L’Univers est, pour nous, une hyper structure à quatre dimensions, où se mélangent l’espace et le temps. Les idées évoquées dans les pages précédentes correspondent chacune à une présentation différente de cette ENTITE-UNIVERS qu’est l’ESPACE-TEMPS. | | Iniveri, kuri twebwe, ni indengamitererempagaze ya dimansiyo ennye, aho esipase n’igihe byivanga. Ibitekerezo byavuzwe mu mapaje twarenze bihwanye, kimwe cyose, n’inyerekanyi inyuranye y’iyo INIVERI-TSINDA ariyo ESIPASE-GIHE. |
| The universe is, to us, a four-dimensional hypersurface, in which space and time are intermingled. The ideas discussed above correspond to different presentations of this universal entity that is space-time. | |
| On rappelle que le nombre de dimensions d’un espace est le nombre de quantités qu’il faut se donner pour y définir la position d’un point. | | Twibukeko umubare wa dimansiyo za esipase ari umubare w’inganamubare zihagije kugirango usobanure ikicaro cy’akadomo. |
| Recall that the number of dimensions of a space is the number of quantities needed to define the position of a point within it. | |
| Rendez-vous (1) mardi à onze heures à l’angle de la (2) sixième avenue et de la (3) cinquième rue au (4) troisième étage : quatre entités. | | Randevu (1) ku wakabiri saa tanu ku mfuruka y’ (2)umuhanda wa gatandatu n’agahanda (3) ka gatanu kuri (4) etage ya gatatu: amatsinda ane. |
| Meet me (1) Tuesday at 11 o’clock at the corner of (2) sixth avenue and (3) fifth street on the (4) third floor: four quantities. | |
| Par le dessin, on ne peut représenter que des espaces à DEUX dimensions, des SURFACES. Nous allons donc étudier des espace-temps à 2 dimensions, l’une étant la position et l’autre, le temps. | | Ku gishushanyo, dushobora gusa kwerekana za esipase za dimansiyo EBYIRI, INYABUSO.  Rero tugiye kwiga esipace-gihe ya dimansiyo 2, imwe ni iyikicaro naho indi, ni igihe. |
| In drawings, we can only represent spaces of two dimensions, surfaces. So we can study a space-time with two dimensions, one of space and one of time. | |
| Temps | | Igihe. |
| Time | |
| position | | ikicaro |
| position | |
| **69** | | |
| Ainsi le premier modèle d’Univers fermé, le modèle statique d’Einstein peut-il se représenter selon un cylindre. | | Birtyo modeli y’ambere yaza Iniveri zifunze , modeli iri hamwe ya Eyishiteyini ishobora kwiyerekana hakurikijwe silinderi. |
| In this way the first model of a closed universe, the static model of Einstein, is represented as a cylinder. | |
| passé – futur – espace – temps | | Kahise - Ahazaza –esipase-igihe |
| past – future – space – time | |
| Attendez, si je comprends bien, ce cylindre, nous sommes…dedans ? | | Buretse, nimba numvise neza, iyi silenderi, tuyirimwo…mwo imbere ? |
| Lessee nar…if I unnerstan’ we’re inside the cylinder? | |
| Non, dessus ! | | Oya, hejuru! |
| No, on it! | |
| A un instant donné, un objet est ce point M sur la surface, et l’ensemble de l’Univers se réduit à ce cercle. Univers fermé – une dimension d’espace | | Ku gihe runaka, ikintu ni ako kadomo M kuri ubwo buso, kandi Iniveri yose inganishwa n’iyo cercle. Iniveri ifunze – dimansiyo imwe ya esipase. |
| At a given instant, an object is represented by a point M on the surface; and the universe at that instant reduces to a circle. Closed universe – one space dimension | |
| Lorsque l’objet est immobile il décrit une génératrice du cylindre, au cours du temps. | | Iyo ikintu gihamye hamwe, kiba gishushanya jeneratirise ya silenderi, mu mwanya w’igihe. |
| If the object is motionless it describes a generator of the cylinder (a line along its length) as time flows. | |
| Il est facile de se représenter la dilatation de cet univers fermé en fonction du temps, ce qui donne un modèle d’univers instationnaire. | | Biroroshye kwerekana ikweduka ry’iyo iniveri ifunze mu nkurikiranzira y’igihe, ibyo bitanga modeli ya iniveri ntakicaro. |
| It is easy to represent the expansion of this closed universe as a function of time, giving a nonstationary model of the universe. | |
| Voici par exemple l’image à 2 dimensions d’un espace-temps en expansion indéfinie.  Zéro – « présent » - temps | | Dore, nk’urugero, ishusho muri dimansiyo ebyiri ya esipase-gihe mw’ikweduka mburaherezo.  Zero – “ ubu ” - igihe |
| For example, here’s a two-dimensional picture of an indefinitely expanding space-time. | |
| **70** | | |
| PASSE – FUTUR - Temps | | KAHISE- AHAZAZA - IGIHE |
| Past – future - time | |
| L’Univers cylindrique aurait, lui, l’allure d’un chapelet de saucisses. | | Iniveri nyasilenderi, yo, yagira intera nk’iyi shapule igizwe na za sosiso. |
| The cyclic universe looks like a lot of link sausages. | |
| PERIMETRE DE L’UNIVERS / TEMPS | | UMUZENGURUKO WA INIVERI / IGIHE |
| Boundary of the universe / time | |
| Espace – M - temps | | Esipase – M - igihe |
| Space – M - time | |
| temps | | igihe |
| time | |
| On serait alors ici. | | Twaba rero turi hano. |
| We’re here. | |
| Mais, au fait, pourquoi le temps serait-il nécessairement « OUVERT », c’est-à-dire infini à la fois vers le futur et vers le passé ? | | Ariko se, mu by’ukuri, kuki igihe, byaba ngombwa, ko kiba “GIFUNGUYE”, ni ukuvuga ko kitagira iherezo waba ugana mu ahazaza no mu gihe cyashize ? |
| But come to that, why should time have to be « open », that is, of infinite extent both into the future and the past? | |
| Vous voulez dire qu’on pourrait…refermer le temps sur lui-même ?!? | | Murashaka kuvuga ko bishoboka ko … igihe gifungwa uhujije imitwe ya cyo ?!? |
| Yer mean yer could ‘ave time wot…closes up on itself? | |
| **71** | | |
| Aucun problème…si on refermait sur lui-même le modèle d’Einstein, on obtiendrait…un TORE. | | Nta kibazo … turamutse dufunze modeli ya Eyinshiteyini duhujije imitwe ya yo, twabona… INGATA. |
| No problem…if you close the Einstein model up on itself, you get…a torus. | |
| Encore !… | | Kandi se !... |
| Here we are again! | |
| temps | | Igihe |
| time | |
| Dans cet ESPACE-TEMPS totalement fermé, les mêmes évènements se reproduisent identiquement au bout d’un temps τ qui est la PERIODE de cet étrange univers. | | Muri iyo ESIPASE-GIHE ifunze rwose, evenoma zimwe ziba mu rukurikirane ruhora rugaruka rusa kwakundi nyuma y’igice cy’umwanya τ ari cyo bita PERIYODE y’iyo nteramatsiko ya iniveri . |
| In that totally closed space-time, the same events repeat themselves over and over again, after a time τ which is the period of this weird universe. | |
| On peut aussi boucler sur lui-même un univers cyclique. | | Birashoboka ko iniveri nsubirahoyahoze yakwizinga igahuza imitwe. |
| You can also make a cyclic universe collapse on itself.. | |
| Ca devient un chapelet de saucisses, fermé sur lui-même, avec une seule saucisse ! | | Bihinduka ishapule ya za sosiso, yifungiyeho ubwayo, igizwe n’isosiso imwe ! |
| It’s a string of sausages, closed up on itself, with just one sausage! | |
| Singularité BIG BANG – Présent - Etat d’expansion maximale | | Inyakimwe BIGI BANGE – Ubu – ikicarorugendo cy’ikweduka muherezo. |
| Big bang singularity – present – state of maximal expansion | |
| Oh, regardez Léon !!! | | Ohu, reba Lewo !!! |
| Oh, look at Lenny !!! | |
| Il a craqué c’était prévisible. | | Ya payutse, byari byitezwe. |
| He’s cracked up completely. You could see it coming… | |
| **72** | | |
| EPILOGUE | | INGANAMUSOZO |
| Epilogue | |
| Voilà ce qu’on sait sur le début de l’Univers | | Dore ibyo tuzi ku ntangiro ya Iniveri |
| So that’s what we know about the beginning of the universe. | |
| Enfin…ce qu’on CROIT SAVOIR. Ca a changé de si nombreuses fois depuis 5000 ans ! | | Mu gusoza… ibyo TWIBWIRAKO TUZI. Byarahindutse inshuro nyinshi kuva imyaka 5000! |
| At least, that’s what we currently think we know. It’s changed innumerable times in the last 5000 years! | |
| « Mais cet effort consenti pour comprendre l’Univers est l’une des rares choses qui élèvent la vie humaine au-dessus de la farce en lui conférant un peu de dignité dans la tragédie. »  Steven Weinberg | | “Ariko icyo gikorwa mpurizwaho rusangi kugirango dusobanukirwe Iniveri icyo aricyo, ni kimwe mu bintu mbarwa biha ikuzo ubuzima-muntu bukarengera inkinamico yo muri iyi si, bikana buha agaciro na gacye muri aya makuba twiberamwo.”  Gitefano Weyiniberige |
| « The effort to understand the universe is one of the very few things that lifts human life a little above the level of farce, and gives it some of the grace of tragedy ». Steven Weinberg. The first three minutes. | |
| La suite du BIG BANG (formation des galaxies, des étoiles, etc…) dans MILLE SOLEILS | | Ibikurikira BIG BANG (iremwa ry’amagalagisi, ry’inyenyeri, n’ibindi n’ibindi…) murebe mu MAZUBA IGIHUMBI |
|  | |
| FIN | | UMUSOZO |
| The End | |
| LE COSMODRAME | | KOSIMOSI NYAMAHANO |
| The Cosmo drama | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| TEMPS | TEMPERATURE | DENSITE | PHENOMENES |
| time | temperature | density | phenomena |
| IGIHE | IGIPIMO CY’UBUSHYUHE | INDEMERE | FENOMENE |
| AVANT… | T>=1012 degrés |  | ?… |
| before.. | T>=1012 degrees |  | ?… |
| MBERE YA .. | T>= dogere 1012 |  | ?… |
| 1/1000e seconde | 300 milliards de degrés | EQUILIBRE THERMO | Soupe indifférenciée de photons, de neutrinos, d’antineutrinos (le photon est sa propre antiparticule), de protons, d’antiprotons, d’électrons et d’antiélectrons (positrons) |
| 1/1000 sec | 3000 billion deg. | Thermodynamic equilibrium | Undifferentiated soup of photons, neutrinos, antineutrinos (the photon is its own antiparticle), proton, antiprotons, neutrons, antineutrons, electrons, and antielectrons (positrons). |
| 1/1000 cy’i segonde | Dogere miliyalidi 300 | UBURINGANIRE TERIMODINAMIKYE | Igikoma cy’imvangye ya za fotoni, netirinosi, ndwanyanetirinosi ( fotoni yo ni yo ubwa yo ndwanyaparitikile ya yo ) ya za porotoni, ya za ndwanyaporotoni, y’ama elegitoroni na ndwanya-elegitoroni ( pizitoni ). |
| 1/100e seconde | 100 milliards de degrés | 4 milliards de g/cm3 | Hécatombe de hadrons (protons, antiprotons, neutrons, antineutrons). Il en restera un sur un milliard. Le reste s’est annihilé avec les anti-hadrons présents, pour redonner des photons. |
| 1/100 sec | 100 billion deg. | 4 billion gm/cm3 | Slaughter of the hadrons (protons, antiprotons, neutrons, antineutrons). One in a billion remains. The rest have been annihilated by their antiparticles, producing photons. |
| 1/100 cy’isegonde | Dogere miliyalidi 100 | Miliyalidi 4 za g/cm3 | Irigita-honero rya za hadoroni (porotoni, ndwanyaporotoni, netirinosi, antinetirinosi). Hazasigara imwe rukumbi kuri buri miliyalidi imwe. Ibindi byahoneye hamwe na za ndwanyahadoroni z’icyo gihe, kugirango bitange ama fotoni. |
| 1/10e seconde | 30 milliards de degrés |  | Rien à signaler. Trop chaud pour que des noyaux d’atomes se forment. |
| 1/10 sec | 30 billion deg. |  | Not a lot. Too hot for atomic nuclei to form. |
| 1/10 cy’I segonde | Dogere miliyaridi 30 |  | Nta cyo gutangaza. birashyushye bikabije kuburyo nta za nuwayo z’atome zakirema. |
| 1 seconde | 10 milliards de degrés | 380 000 g/cm3 | Les neutrinos « vivent leur vie ». Ils cessent d’interagir avec la matière. |
| 1 sec | 10 billion deg. | 380,000 gm/cm3 | Neutrinos « live their own lives » and cease to interact with matter. |
| Segonde 1 | Dogere miliyaridi 10 | g/cm3 380 000 | Za netirinosi “ zibaho mu buzima bwazo”. Zireka kugira imihurirebikorwa na matsiyeri. |
| 13 secondes | 3 milliards de degrés |  | Hécatombe d’électrons – antiélectrons. Il en restera, là aussi, un sur un milliard |
| 13 sec. | 3 billion deg. |  | Battle between the electrons and the antielectrons. Again only one in a billion survives. |
| Segonde 13 | Dogere miliyaridi 3 |  | Irigita-honero rya za elegitoroni- ndwanya-elegitoroni. Aho naho hazasigara, imwe kuri miliyaridi imwe. |
| 3 minutes | 1 milliard de degrés |  | Nucléosynthèse : formation des noyaux d’hélium. Disparition des neutrons libres (durée de vie : 109 secondes) |
| 3 min | 1 billion deg. |  | Nucleosynthesis :formation of the helium nuclei. Disappearance of free neutrons (lifetime: 109 sec). |
| Iminota 3 | Dogere miliyali 1 |  | Iremwa rya nikeleyoni: iremwa za nikeleyoni za Eliyomu. Irigita rya za netoroni zigenga ( uburambe bw’ubuzima: ama segonde 109) |
| 35 minutes | 300 millions de degrés | ~g/cm3 | La nucléosynthèse est achevée : 25% d’hélium, 75% d’Hydrogène |
| 35 min | 300 million deg. | ~ g/cm3 | Nucleosynthesis fully achieved :25% helium, 75% hydrogen. |
| Iminota 35 | Dogere miliyoni 300 | ~g/cm3 | Iremwa rya nikeleyoni riba rirarangiye: 25 % ya Eliyomu, 75% ya Idorojene. |
| 700 000 ans | 3000 degrés |  | Après annihilation de presque toute la matière et anti-matière, l’Univers vit une « ère radiative », où l’énergie-matière se trouve principalement sous forme de rayonnement. Quand la température descend à 3000°, les atomes neutres se forment, et les photons cessent d’interagir avec la matière : Univers « transparent » |
| 700,000 yr | 3000 deg. |  | After the annihilation of almost all matter and antimatter, the universe enters the « radiative era » where matter/energy occurs chiefly as radiation. When the temperature drops to 3000°, neutral atoms form and photons cease to interact with matter: the « transparent » universe. |
| 700,000 yr | Dogere 3000. |  | Nyuma y’ihonero rya matsiyeri na ndwanyamatsiyeri nka byose, Iniveri yabaye mu “bihe nyamurasire”, aho itsinda ngufu-matsiyeri byabaye ku bwinshi mu foroma murasire. Igihe igipimo cy’ubushyuhe kimanutse kikagyera kuri dogere 3000, ama atome ntagiramashanyarazi yahise akorwa noneho za fotoni zireka imihurirebikorwa na matsiyeri: Iniveri itangira noneho “kubonerana”. |
| 100 millions d’années | TR = -173° C  TM = -276 °C |  | N’étant plus réchauffés par les photons, les atomes neutres d’hydrogène et d’hélium ont vu leur température chuter en flèche. Formation des galaxies, premières étoiles. |
| 100 million yr | TR = -173° C  TM = -276 °C |  | No longer reheated by photons, neutral atoms of helium and hydrogen undergo a rapid drop in temperature. Formation of galaxies and the first stars. |
| Imyaka miliyoni 100 | TR = -173° C  TM = -276 °C |  | Kuko zitari zigishyushya na za fotoni, atome za idorojene n’iza eliyomu zitagira amashanyarazi zagiye kubona zibona igipimo cy’ubushyuhe bwa zo kiriho kiragabanuka n’ingoga. Bihita bibyara iremwa z’ama galagisi n’inyenyeri za mbere. |
| 5 milliards d’années |  |  | Formation de la Terre |
| 5 billion yr |  |  | Formation of the earth. |
| Imyaka miliyaridi 5 |  |  | Iremwa ry’umubumbe w’isi |
| 10 milliards d’années | TR = - 270°C  (3 degrés Kelvin) | 10 –30 g/cm3 | Développement de la vie |
| 10 billion yr | TR = - 270°C | 10 –30 g/cm3 | Emergence of life. |
| Imyaka miliyari 10 | TR = - 270°C | 10 –30 g/cm3 | Itunguka ry’ubuzima |
| Aujourd’hui |  |  | Invention de la bombe atomique… |
| Today |  |  | Invention of the atomic bomb… |
| Uyu munsi |  |  | Ivumburwa rya bombe atomikye…. |