|  |  |
| --- | --- |
| Francais | Kinyarwanda |
| Le Trou Noir | Umwobo Wirabura |
| Jean-Pierre Petit | Yohani-Petero Petit |
| Traduit par : | Byahinduwe na: Mohamed Abdel Aziz Kamanzi |
| 1 | 1 |
| Si cet Univers est le meilleur des univers possibles, que sont donc les autres ? | Niba iyi Iniveri ariyo nziza kurusha izindi zishoboka, izindi se zo zimeze zite ? |
| 2 | 2 |
|  | **L’Entete en Kinyarwanda** |
| 3 | 3 |
| Monsieur Albert ! Qu'est-ce que vous faites ? | Bwana Aluberiti ! Muriho murakora iki ? |
| Tiens, Anselme, assieds-toi | Ngaho, Anselimi, icara. |
| C'est quoi ? | Ni iki ? |
| Le Cosmol, Anselme, le Cosmol ......  .... qui ouvre la Porte | Kosimole, Anselimi, Kosimole…..  …. Ni nde ukinguye uRugi |
| La Porte, quelle Porte ?  Je ne comprends pas | uRugi, uruhe Rugi ?  simbisobanukirwa |
| Comprendre ! Ah oui ...  ... comprendre ... | Gusobanukirwa ! Ahi yego…  … gusobanukirwa… |
| Les autres disent : démarche logique  ... c'est de la foutaise ! | Abandi bavuga : inzira nyayo  … ni amafuti ! |
| Seul ... le Cosmol ...  .. ouvre la Porte .. | Yonyine… Kosimole…  … kingura uRugi… |
| ... Foutaise ... | … Amafuti… |
| La Porte, oui la Porte ... | URugi, yego uRugi… |
| 4 | 4 |
| Du Grand Univers | Kuva kuri Iniveri Nini |
| ... Univers ... | … Iniveri… |
| COSM | KOSIM |
| ... Univers ... | … Iniveri … |
| Monsieur Albert ! | Bwana Aluberiti ! |
| Sophie ! | Sofiya ! |
| Hum ... | Humu… |
| Encore ces nuées ... | Kandi biriya bicu… |
| 5 | 5 |
| Une fois de plus, Anselme part explorer des mondes nébuleux. | Ku nshuro yindi kandi, Anselimi agiye gushakisha imibumbe y’amasi nyabicu. |
| Tiens, qu'est-ce que c'est que ce truc là ?  On dirait un rouleau pour court de tennis,  ou une sorte de rouleau à peinture. | Dore ye, icyo kintu ni iki ?  Wagirango ni ikizingo cy’ikibuga cya tenisi, cyangwa ubwoko bw’ikizingo cy’amarangi. |
| On peut le déplacer TOUT DROIT, sans effort.  Par contre, impossible de dévier d'un poil à DROITE ou à GAUCHE. | Umuntu ashobora ku kigizayo ukomeje INTUMBERO IGOROROTSE IMBERE YAWE, nta zindi mbaraga.  Ariko kandi, ntushobora guhindukira na gato i BURYO cyangwa i BUMOSO. |
| A quoi sert cette poignée ?  Tiens, elle supprime l'adhérence et me permet de temps en temps de changer de direction. | ESE icyo kiganza kimara iki ?  Dore ye, gikuraho imatana kandi rimwe na rimwe gituma nshobora guhindura intumbero. |
| Grâce à cet appareil, Anselme peut tracer les GÉODÉSIQUES d'une surface.  A l'aide de trois géodésiques, Anselme peut tracer des TRIANGLES : | Yifashishije iki gikoresho, anselimi ashobora guca ama JEWODEZIKYE ya sirifase.  Akoresheje jewodezikye eshatu, Anselimi ashobora gushushanya ama TIRIYANGELI : |
| Une surface est un ESPACE À DEUX DIMENSIONS. C’est-à-dire qu’il faut DEUX QUANTITÉS pour y repérer la position d’un point, deux coordonnées. | Sirifase ni ESIPASE NYADIMANSIYO EBYIRI.  Ni ukuvuga ko hakwiye IBIPIMWA BIBIRI kugirango ugere ku kicaro cy’akadomo runaka, ibyerekezo bibiri. |
| 6 | 6 |
| Voyons, quand l'espace est EUCLIDIEN, la somme des angles de mon triangle vaut 180 °. | Turebe, iyo esipase ari NYAYEKILIDE, interanyo y’ibipimo by’imfuruka za tiriyangyeri yanjye ingana na °180. |
| Quand l'espace a une courbure négative, cette somme est INFÉRIEURE à 180 degrés | Iyo esipase ifite ubuhetame bwa negatifu, icyo giteranyo kiba ari GITO kuri dogere 180 |
| Dans un espace à courbure POSITIVE, la somme est SUPÉRIEURE à 180 degrés | Muri esipase y’ubuhetame bwa POZITIFU, igiteranyo kiba KININI kuri dogere 180. |
| **Â+B+Ĉ=180˚** | Â+B+Ĉ=˚180 |
| **ESPACES À COURBURE VARIABLE :** | ESIPASE Z’UBUHETAME BUHINDAGURIKA: |
| J'ai inventé un curvimètre. Il est constitué de trois lamelles élastiques pouvant tourner  librement autour de trois rivets A, B, C. | Navumbuye kuruvimetero. Igizwe n’uturahure dutatu dukweduka dushobora kuzenguruka uko twishakiye iruhande y’udushyitsi dutatu A, B, C. |
| Il suffit de le plaquer sur une surface et de mesurer les angles à l'aide des trois rapporteurs  pour connaître la COURBURE LOCALE. | Nta kindi gisabwa uretse kuyomeka kuri sirifase noneho ugapima imfuruka wifashishije raporuteri eshatu kugirango umenye UBUHETAME BW’AHO HANTU. |
| COURBURE POSITIVE | UBUHETAME BWA POZITIFU |
| COURBURE NÉGATIVE | UBUHETAME BWA NEGATIFU |
| (\*) Pour plus de détails, voir le GÉOMÉTRICON, du même auteur, Editions BELIN. | (\*) Ku bindi bisobanuro birambuye, reba JEWOMETIRIKONI, y’umwanditsi umwe, Icapiro BELINI. |
| 7 | 7 |
| Cette bosse ménagée dans un plan est constituée d’une région centrale à courbure positive, entourée par une région à courbure négative. | Iryo pfupfu ryashyiswe mu kibyatarare kigizwe n’akarere ko hagati k’ubuhetame bwa pozitifu, bukikijwe n’akarere k’ubuhetame bwa negatifu. |
| ZÔNE À COURBURE POSITIVE  ZÔNE À COURBURE NÉGATIVE  ZÔNE À COURBURE NULLE | INTARA Y’UBUHETAME BWA POZITIFU  INTARA Y’UBUHETAME BWA NEGATIFU  INTARA Y’UBUHETAME BUGANA N’UBUSA |
| Du point de vue de la COURBURE, le CREUX est identique à la BOSSE | Ushingiye k’UBUHETAME, Ikinogo kimeze kimwe n’IPFUPFU. |
| COURBURE POSITIVE  COURBURE NULLE  COURBURE NÉGATIVE | UBUHETAME BWA POZITIFU  UBUHETAME BWA NEGATIFU  UBUHETAME BUGANA N’UBUSA |
| Sauf erreur, ceci est un TORE. | Uretse kwibeshya, iyi ni iNGATA. |
| Oui, il y a une bande à courbure positive, une autre à courbure négative, séparées par  une frontière où la courbure est nulle. | Yego, hari umuhora w’ubuhetame bwa pozitifu, n’uwundi w’ubuhetame bwa negatifu, bitandukanijwe n’urubibe aho ubuhetame bungana n’ubusa. |
| Cette dernière pouvant être déterminée en mettant le tore en sandwich entre deux plans. | Aho hanyuma hashobora kugaragara ushyize ingata hagati y’ibibyatarare bibiri. |
| Mon cher Tirésias, avez-vous réalisé que votre coquille était un espace bidimensionnel  à courbure variable ? | Muvandimwe wanjye Tireziyasi, washoboye kubonako kiriya gishishwa cyanyu cyari esipase nyadimansiyo-ebyiri y’ubuhetame buhindagurika ? |
| mi !.. | Mi !.. |
| Léon, laisse Tirésias tranquille! | Lewo, rekera Tireziyasi amahoro ! |
| 8 | 8 |
| **POINTS CÔNIQUES** | UTUDOMO NYAKONE |
| Tu vas voir, Anselme, il y a des choses plus étranges encore. | Ugiye kureba, Anselimi, hari ibintu bindi bitangaje kandi. |
| Dépêche-toi, Tirésias, j’ai soif de connaître ... | Banguka, Tireziyasi, mfite inyota yo kumenya… |
| Attends-moi ! | Ntegereza ! |
| Tu vois, Tirésias, je vais MAILLER ma surface en entrecroisant des géodésiques,  ce qui me donnera des tas de triangles | Urareba, Tireziyasi, ngiye KUJISHA sirifase yanjye nsobekeranya za jewodezikye, ibyo bizatanga amatsinda ya za tiriyanjyeri |
| Coquille à courbure variable ... Je t’en ficherais, moi !!.. | Igishishwa cy’ubuhetame bunyuranye… ntacyo bimbwiye, jyewe !!.. |
| Alors là, je n’y comprends plus rien ! Que se passe-t-il autour de ce point P ? | Noneho rero aho, ntacyo ngisobanukirwamwo na busa ! ni iki kibera iruhande y’ako kadomo P ? |
| Tu n’as qu’à utiliser ton curvimètre. | Wakoresheje se gusa kuruvimetero ya we. |
| 9 | 9 |
| Enfin, Sophie, que se passe-t-il ? Si le triangle du curvimètre ne contient pas ce point P,  il indique une courbure nulle. | Hanyuma se, Sofi, ni iki cyabaye ? Niba tiriyangeri ya kuruvimetero itarimwo ako kadomo P, yerekana ubuhetame bungana n’ubusa. |
| Mais si le point P est dans le triangle, alors c’est courbe ! | Ariko niba akadomo P kari muri tiriyangeri, ubwo rero harahetamye ! |
| C’est un point cônique. Tiens, regarde, je prends un plan, J’ENLÈVE un secteur  d’angle θ et je recouds. | Ni akadomo nyakone. Dore, reba, nimfata ikibyatarare, ngaKURAMWO segiteri y’imfuruka θ noneho nkahadoda. |
| PLAN | IKIBYATARARE |
| Â+B+Ĉ=180° + θ | Â+B+Ĉ= °180 + θ |
| J’obtiens un cône que nous appellerons un POSICÔNE | Mbona ikone tuzita POZIKONE |
| Vous pouvez vérifier, avec du carton. Un rouleau de papier collant vous aidera à  matérialiser facilement les géodésiques. | Ushobora kubinyomoza, ukoresheje ikarito. Ikidongi cy’urupapuro rumatana kizagufasha kugaragaza jewodezikye mu buryo bworoheje. |
| 10 | 10 |
| Bon, alors, si mon triangle contient le sommet d’un cône, la somme de ses angles est  toujours supérieure à 180° ! | Byiza, noneho rero, niba tiriyangeri yanjye irimwo isonga rya kone, igiteranyo cy’imfuruka zayo kiruta buri gihe °180 ! |
| Pas si vite ! En entaillant mon plan je vais maintenant au contraire RAJOUTER  un secteur d’angle θ. | Nta kwihuta birtyo ! Ninshyiramwo igihato mu kibyatarare cya njye ubwo ahubwo nzaba NONGEYEMWO isegiteri y’imfuruka θ. |
| Alors ... Ça fera un NÉGACÔNE ? | Noneho rero… Bizatanga Inegakone ? |
| Cette fois-ci, quand le triangle entoure le point P, la somme des angles vaut 180° - θ ! | Ubu bwo, iyo tiriyangeri izengurutse akadomo P, igiteranyo cy’imfuruka kingana na °180- θ! |
| Mais, de nouveau, quand le point est en dehors du triangle, la somme vaut 180°. | Ariko, noneho kandi, iyo akadomo kari hanze ya tirinyangeri, igiteranyo kiba kingana na °180. |
| Cette propriété des cônes est indépendante de la taille du triangle, que celui-ci soit  minuscule ou gigantesque. | Iki kiranga cy’amakone nta sano kigirana n’ubungane bwa tiriyangeri, naho iyi ngiyi yaba akunzugurunya cyangwa se nini cyane. |
| 11 | 11 |
| Mais ... quand même ! ...  c’est courbe ou c’est pas courbe ? | Ariko… nyabuneka !...  Kirahetamye cyangwa ntigihetamye ? |
| Un point cônique, Anselme, c’est de la courbure concentrée | Akadomo nyakonikye, Anselimi, ni ubuhetame butsindagiranye. |
| Entre les points côniques, l’espace est euclidien, sans courbure | Hagati y’utudomo nyakonikye, esipase ni nyayekilide, iba ari ntabuhetame. |
| L’angle θ est la mesure de cette quantité de courbure | Imfuruka θ ni igipimo cy’ubungane bw’ubwo buhetame. |
| POSICÔNE | POZIKONE |
| Voici le résultat de l’opération, faite par Anselme, dans le cas d’un cône à courbure positive. | Dore ibitangwa n’icyo gikorwa, cyatunganijwe na Anselimi, mu birebana na kone y’ubuhetame pozitifu. |
| Et dans le cas d’un cône à courbure négative | Naho se mu birebana na kone y’ubuhetame negatifu. |
| NÉGACÔNE | NEGAKONE |
| 12 | 12 |
| Prenons une surface PLANE et maillons-la avec des géodésiques formant un quadrillage régulier. On dira qu’on a PAVÉ cette surface avec des carrés, tous identiques. Si nous suivons une TRAJECTOIRE, un TRAJET, tel qu’on coupe les côtés des carrés successifs sous un même angle, ce trajet s’effectuera selon une géodésique de la surface.  La Direction | Dufate sirifase IBYATARAYE noneho tuyijishe dukoresheje za jewodezikye zirema ikinyanguni ennye zingana. Hazavugwako iyo sirifase ya SHASHWEHO amakare yose angana. Niba dukurikiye INZIRA, URUGENDO, nk’uko ukata impande z’amakare akurikirana ukurikije imfuruka imwe, urwo rugendo ruzakorwa hakurikijwe ijewodezikye ya sirifase.  Ubuyobozi. |
| Mais, pourquoi ne pas faire cela sur une sphère ? | Ariko se, kuki ibyo bitakorwa kuri siferi ? |
| Primo, essaie de PAVER une sphère avec des carrés, bien jointifs, tu m’en diras  des nouvelles. | Ubwa mbere, tugerageze GUSASIRA siferi dukoresheje za kare, zegeranye neza, uzambwira amakuru yabyo. |
| Les méridiens d’une sphère sont des géodésiques de celle-ci. Un trajet coupant ces  méridiens sous un angle constant, différent de 90°, mènerait invariablement vers l’un des  PÔLES ! | Amameridiye ya siferi niyo jewodezikye zi iyi ngiyi. Urugendo rwahuranya izo meridiye hakurikijwe imfuruka idahinduka, itandukanye na °90, ruzaganisha ntampinduka n’imwe kuri imwe muri za POLE ! |
| Une navigation à cap constant mène ... au pôle ! | Itsimburanya hakurikijwe intumbero idahinduka riganisha… kuri pole ! |
| PÔLE | POLE |
| 13 | 13 |
| En coupant les méridiens de la sphère à 90°, je me déplacerais suivant des parallèles | Uramutse ukase za meridiye za siferi hakurikijwe intumbero ya °90, wagendera ku ntumbero ya za paralele. |
| parallèles qui ne sont pas de géodésiques. Vu ! (\*) | Paralele zitari jewodezikye. Byarizwe ! (\*) |
| Je peux recouvrir une surface plane, euclidienne, à l’aide d’éléments plans, quadrillés | Nshobora gutwikira isirifase ibyataraye, nyayekilide, nkoresheje ibintu bibyataraye, bya kwadiliye. |
| Et si je me déplace en coupant ces maillages sous un angle constant, à condition de bien assurer les raccords, de proche en proche, j’obtiendrai une géodésique. | Kandi niba ngenze nambukiranya izo njishi hakurikijwe imfuruka idahinduka, ngiye nubahiriza indodo, bya hafi na hafi, nzagera kuri jewodezikye. |
| POSICÔNE | POZIKONE |
| NÉGACÔNE | NEGAKONE |
| Ce moyen simple donne également les géodésiques du cylindre, qui sont en forme de  ressort à boudin | Ubwo buryo bworoshye butanga nabwo jewodezikye za sirenderi, ziri mw’iforoma ya rosoru ya budine. |
| (\*) On ne peut les tracer, sur la sphère, à l’aide de ruban adhésif (sauf l’équateur). | (\*) ntibishoboka kuzishushanya, kuri siferi, ukoresheje akenda kamatana (cyeretse ekwateri). |
| 14 | 14 |
| Voici pourquoi la somme des angles d’un triangle, sur un posicône, s’accroît de l’angle  de découpe θ : | Dore impamvu igiteranyo cy’imfuruka za tiriyangeri, kuri pozikone, kiyongeraho imfuruka y’ubukatiro θ: |
| 90°  = 90° + 90°  = 180° + θ | °90  =°90 + °90  = °180 + θ |
| Anselme va maintenant construire des cônes particuliers, dans lesquels la régularité du maillage peut être conservée  La Direction | Anselimi ubu agiye kubaka za kone z’umwihariko, aho ubumerakimwe bw’ijishwa bushobora kubahirizwa.  Ubuyobozi. |
| Là, j’enlève 90°. | Hariya, ndakuramwo °90. |
| Sur un tel cône, tu peux tracer des triangles rectangles équilatéraux. | Kuri kone nk’iriya, ushobora gushushanyaho za tiriyangeri regitangeri nganyampande. |
| = 180° + 90°  = 270° | = °180 + °90  = °270 |
| 15 | 15 |
| Maintenant, j’enlève un secteur de 180°. | Ubu ngubu, nkuyeho segiteri ya °180. |
| Sur un tel cône, la somme des angles d’un triangle vaut 360° | Kuri kone nki yo, igiteranyo cy’imfuruka za tiriyangeri kingana na °360. |
| Ce qui signifie que l’on pourrait tracer dessus, à l’aide de ses géodésiques, un triangle  ayant trois angles égaux à 120°, donc obtus. | Bivuzeko bishoboka gushushanya ho, ukoresheje jewodezikye zayo, tiriyangeri ifite imfuruka eshatu zingana na °120, rero zagutse. |
| Et il se refermerait quand même ? | Kandi izafungwa ibyaribyo byose ? |
| Hum ... | Humu… |
| Bien sûr, mon cher Tirésias, c’est vous qui êtes obtus ! | By’ukuri, nshuti yanjye Tireziyasi, ni mwebwe mufungiranye! |
| mi ! | mi ! |
| 16 | 16 |
| Sur ce cône, on peut tracer des BIANGLES, la somme des angles valant 180°. | Kuri iyo kone, hashoborwa gushushanywaho za mfuruka-ebyiri, z’igiteranyo kingana na °180. |
| Attendez ! là, je ne comprends plus ...  On parlait des triangles. Voilà maintenant des BIANGLES. Pourquoi pas, la prochaine  fois, des .... monoangles ?!?!.... | Buretse ! aho, sinsobanukirwa na busa…  Bavuga ko ari za tiriyangeri. Dore noneho za MFURUKA-EBYIRI. Kuki se, ubutaha, za… mfuruka-imwe ?!?!.... |
| =180° | =°180 |
| LE CÔNE VU DE DESSUS | KONE IREBEWE HEJURU |
| Tous ces objets sont des POLYGONES | Ibyo bintu byose ni za POLIGONE |
| DANS LE PLAN :  La somme des angles d’un  - triangle vaut 180°  - quadrangle vaut 180° + 180° = 360°  - pentangle vaut 180° + 180° + 180° = 540° | MU KIBYATARARE :  Igiteranyo cy’imfuruka za   * Tiriyangeri kingana na °180 * Kwadarangeli kingana na °180 + °180 = °360 * Petangeli kingana na °180 + °180 + °180 = °540 |
| Je craque ... | Ndapayutse… |
| Et dans le cas du BIANGLE, réduit à un segment, cette somme est nulle | Naho iyo ari MFURUKA-EBYIRI, yahindutse umurongo, icyo giteranyo kingana n’ubusa. |
| 17 | 17 |
| Pourquoi 180° de plus à chaque fois que l’on rajoute un sommet ? | Kuki °180 ziyongeraho buri gihe twongeyeho isonga ? |
| Hop ! | Hope ! |
| 180° | °180 |
| Ceci devrait vous éclairer | Ibi byagombye kutumurikira |
| Bon, continuons ... | Byiza, dukomeze… |
| Je vais maintenant enlever les trois quarts du plan. | Ubu ngiye gukuraho bitatu bya kane by’ikibyatarare. |
| On dirait une serviette de table | Wagirango ni seriviyete yo ku meza. |
| Et quand je la regarde par le bout | Kandi iyo nyirebye ntangiriye ku musozo |
| Anselme obtient ceci | Anselimi abona ibi |
| 18 | 18 |
| Sur ce cône, toutes les géodésiques se recoupent elles mêmes (elles se recoupent ici à  angle droit). On peut donc y tracer des monoangles | Kuri iyi kone, jewodezikye zose zinyuranamwo ubwazo ( zinyuraniramwo hano zikurikije imfuru yemye). Umuntu yayishushanyaho imfuruka za mpandimwe. |
| C’était donc vrai ! | Rero byari byo ! |
| Tout dépend de l’angle θ du cône | Byose biterwa n’imfuruka θ ya kone. |
| θ‹90°  Les géodésiques ne se referment pas | θ‹ °90  Jewodezikye ntizifungiranaho |
| Θ=90°  cas limite | θ= °90  Injyanaruhande ntarengwa |
| θ›90°  Les géodésiques se referment | θ› °90  Za jewodezikye zifungiranaho |
| **LES PÔLES** | ZA POLE |
| Et si j’enlevais ... tout ? | Ese iyaba narinkuyemwo… byose ? |
| Comment tout ?!? | Gute byose ?!? |
| Oui, si j’enlevais pratiquement TOUT le plan | Yego, ese iyaba narinkuyemwo urebye ikibyatarare CYOSE |
| 19 | 19 |
| Bon, voilà mon cône | Byiza, reba kone yanjye |
| Vous appelez cela un cône ? | Icyo mucyita kone ? |
| Misère ... | Amagorwa… |
| En fait, les MAILLAGES obtenus par Anselme auraient pu être construits en étirant le  matériau | Mu by’ukuri, INJISHI zagezweho na Anselmi zashoboraga kuba zarakozwe hakweduwe ibikoresho. |
| En enlevant pratiquement tout le plan et en appliquant ce procédé, on obtiendrait ceci : | Ukuyemwo nk’ikibyatarare cyose noneho kandi ugashyira mu bikorwa ubwo buryo, wagera kuri iki : |
| Et on obtient alors un PÔLE | Noneho kandi ubona i POLE |
| Le pôle, c’est ce qui reste quand on a tout enlevé. Ce point représente une courbure concentrée égale à 360° | I pole, ni ikintu gisigara iyo wakuyemwo byose.  Ako kadomo kagaragaza ubuhetame butsindagiranye bungana na °360. |
| 20 | 20 |
| Tout à l’heure, j’avais pavé des espaces à deux dimensions (surfaces) avec des quadrangles.  Mais j’aurais aussi bien pu le faire avec des triangles | Mu kanya gashize, nari nometse esipase za dimansiyo ebyiri ( amasirifase) nkoresheje mfurukennye.  Ariko kandi nari no gushobora kubikora nifashishije amatiriyangeri. |
| Ou avec des hexagones | Cyangwa na za hezagone. |
| 60°  120°  180° | °60  °120  °180 |
| Ces maillages en triangles équilatéraux permettent d’engendrer les cônes d’angle 60°,  120°, 180°, 240° et 300° | Izo njishi z’amatiriyangeri ndeshyampande zituma hakorwa kone z’imfuruka za °60, °120, °180, °240 na °360. |
| 21 | 21 |
| 240°  300°  -90°  -60° | °240  °300  -°90  -°60 |
| En insérant un secteur d’angle θ, je crée une courbure négative -θ, concentrée au sommet  de ce négacône | mpasemwo segiteri y’imfuruka θ, mba mparemye ubuhetame bwa negatifu – θ, butsindagiraniye mw’isonga ry’iyo negakone. |
| Quantité de courbure concentrée = -180°, etc ... | Ubungane bw’ubuhetame ntsindagirane= -180°, etc … |
| On peut aussi faire de jolis négacônes avec des maillages triangulaires. | Unashobora kandi gukora negakone nziza ukoresheje injishi nyatiriyangeli. |
| 22 | 22 |
| **MESURE DE LA COURBURE** | IGIPIMO CY’UBUHETAME |
| Voici Anselme très occupé à jouer une marelle d’un nouveau genre | Dore Anselimi ahugiye cyane gukina ikibariko cy’ubwoko bushya. |
| Le jeu consiste à entourer un point de concentration de courbure avec des carreaux en respectant la continuité du flêchage. Quand on a fait un tour autour du point P, l’angle dont la flêche a tourné donne une mesure directe de la courbure θ | Uwo mukino ushingiye mu gukikiza akadomo k’itsindagirana ry’ubuhetame ukoresheje amakaro unubahiriza intumbero y’imyambi. Iyo urangije gukora umuzenguruko w’akadomo P, imfuruka y’aho umwambi wahindukiye itanga igipimo nyacyo cy’ubuhetame θ |
| Il faut que mes carreaux soient bien jointifs | Hakwiye ko amakaro yanjye yegerana neza |
| PLAN | IKIBYATARARE |
| CYLINDRE | SILENDERI |
| CÔNE | KONE |
| Quelques exemples :  Plan, cylindre, cône (sans entourer le sommet) : quantité de courbure : zéro | Ingero zimwe na zimwe :  Ikibyatarare, silenderi, kone (utazengurutse isonga) :  Igipimo cy’ubuhetame : ubusa |
| POSICÔNE + 90° | POZIKONE + °90 |
| NEGACÔNE - 180° | NEGAKONE - °180 |
| Tournons autour du point dans un sens quelconque. Si la flêche tourne dans le même  sens, il s’agira d’un posicône. Si elle tourne en sens inverse, il s’agira d’un négacône. | Tuzenguruke akadomo dukurikije inzira iyariyo yose. Niba umwambi uhindukira mu ntumbero imwe, ubwo tuzaba dufite pozikone. Niba uhindukira mu ntumbero inyuranye, tuzaba dufite negakone. |
| 23 | 23 |
| Je vais fabriquer des posicônes ayant chacun un très petit angle θ | Ngiye gukora amapozikone afite buri imwe yose imfuruka nto cyane θ |
| Des atomes de courbure en quelque sorte ... | Mu yindi mvugo, ama atome y’ubuhetame… |
| Et puis je vais les coller ensemble | Hanyuma rero nzomekanye. |
| COLLE | KOLE |
| J’obtiens une surface sur laquelle je vais tracer des triangles faits de géodésiques,  obtenues à l’aide de ruban adhésif. | Mbona isirifase ngiye gushushanyaho amatiriyangeli akozwe na za jewodezikye, twakoze hifashishijwe akenda kamatana. |
| La somme des angles du triangle dépasse 180° d’une valeur qui est égale à la somme  des angles des cônes élémentaires dont les sommets sont contenus dans ce triangle.  La Direction | Igiteranyo cy’imfuruka za tiriyangeli cyasumbye °180 ho agaciro kangana n’igiteranyo cy’imfuruka za makone mato y’amasonga abarizwa muri iyo tiriyangeli.  Ubuyobozi. |
| Ce que nous appelons habituellement une surface courbe peut être considéré comme  un assemblage d’un très grand nombre de microcônes collés ensemble | Icyo twita mu busanzwe isirifase ihetamye ishobora gufatwa nk’igiteranyo cy’umubare munini wa twa kone tunzugunya duteranyijwe hamwe |
| On peut aussi assembler des NÉGACÔNES, ou des POSICÔNES et des NÉGACÔNES.  Dans ce cas, la somme des angles du triangle vaudra 180°, plus la quantité de courbure  qu’il contient, comptée algébriquement. | Tushobora kandi gufatanya udu KONE TUNZUGUNYA, cyangwa ama POZIKONE n’ama NEGAKONE.  Muri iyo njyanaruhande, igiteranyo cy’imfuruka za tiriyangeri kingana na °180, wongeyeho ubungane bw’ubuhetame itwikiriye, bubazwe mu buryo bwa alijebure. |
| 24 | 24 |
| **PATCHWORK** | AKAZI K’IBIREMO |
| Sophie, qu’est-ce qui se passe si j’assemble des NÉGACÔNES ? | Sofi, haraba iki nimfatanya ama NEGAKONE ? |
| Par exemple des négacônes θ = -180°. Leur contour correspond à un hexagone qui aurait  ses six angles droits | Urugero ama negakone ya θ = -°180. Umuzenguruko wazo uhwanye na hegizagone yaba ifite imfuruka zayo esheshatu zemye. |
| On peut d’abord les assembler quatre par quatre | Dushobora ubwambere kuzifatanya ennye kuri ennye. |
| Si tu en assembles vingt, tu obtiens cet élément de surface à courbure négative, chacun se plaçant sur un des vingt sommets d’un DODÉCAÈDRE (\*) | Uramutse ufatanije makumyabiri, ubona iki gice cya sirifase gifite ubuhetame bwa negatifu, bumwe bwaserukiye kw’isonga rimwe muri makumyabiri ya DODEKAYEDERI(\*) |
| (\*) Du Grec DODEKA = Douze + EDRA = BASE | (\*) Mu Kigiriki DODEKA=Cumi na kabiri + EDRA = INDIBA |
| 25 | 25 |
| Le même objet où l’on a réparti plus uniformément la courbure négative.  Il est constitué de soixante hexaorthogones. | Cya kintu basakajeho mu buryo bungana ubuhetame bwa negatifu.  Kigizwe na heza-orutogone mirongwitandatu. |
| Un soixantoèdre, en quelque sorte ... | Isuwasantoyederi, mu yandi magambo… |
| On dirait une vertèbre de DODÉCAÈDRODON | Wagirango n’ingingomugongo ya DODEKAYEDORODONI |
| Si vous étiez carreleur, et si vous utilisiez des carreaux hexaorthogonaux, voilà à quoi  ressemblerait votre sol. | Iyaba mwari umwometsi w’amakaro, kandi iyaba mwakoreshaga amakaro nya heza-orutogono, dore uko hasi mu nsu waba wometse hasa. |
| Mon cher, je me suis laissé dire qu’en modifiant les gènes d’un escargot, on pourrait  faire en sorte que sa coquille ... | Nshuti yanjye, naremeye mbwirwa ko uwahindura umuragebuvuke tw’igishorobwa, byashoboka ko igishishwa cya yo … |
| Cet exemple montre comment la distribution de la courbure peut conditionner la forme  des objets. | Uru rugero rwerekana ukuntu ikwirakwiza ry’ubuhetame rishobora kugira icyo rimara mw’ihinduka ry’iforoma y’ibintu. |
| Quelle horreur !!! | Mbega amarorerwa !!! |
| 26 | 26 |
| **TROIS DIMENSIONS** | DIMANSIYO ESHATU |
| Sophie, est-ce qu’on peut VOIR la courbure de notre espace à TROIS dimensions ? | Sofi, ese dushobora KUBONA ubuhetame bwa esipase yacu ya dimansiyo ESHATU ? |
| C’est difficile, puisque tu habites dedans | Biraruhije, kuko uyituyemwo |
| Voyons, j’ai vu qu’on pouvait projeter des géodésiques d’une surface (à deux  dimensions) sur un plan (2 dimensions) | Turebe, nabonyeko umuntu ashobora gutega igicucu cy’amajewodezikye y’isirifase ( ya dimansiyo ebyiri) ku kibyatarare ( dimansiyo 2) |
| Cette "bosse" correspond à une concentration de courbure positive, entourée d’un halo  de courbure négative. | Iri « pfupfu » riranga intsindagirane y’ubuhetame bwa pozitifu, bukikijwe n’igicu cy’ubuhetame bwa negatifu. |
| Regarde maintenant un cube habillé avec de la ficelle | Reba ubungubu ikyibe yambaye hakoreshejwe umugozi. |
| 27 | 27 |
| maintenant, je fais glisser les ficelles, comme ceci : | Ubungubu, ngiye kunyereza imigozi nk’uku nguku : |
| En assemblant ainsi huit de ces cubes, on obtient la projection à trois dimensions,  dans un espace euclidien (sans courbure), des géodésiques d’une région d’un espace tridimensionnel où une courbure positive est entourée d’un halo de courbure négative. | Birtyo ufatanije amakyibe umunani nk’ayo, ubona interashusho ya dimansiyo eshatu, muri esipase nyayekilide ( nta buhetame), ya zajewodezikye z’akarere ka esipase nyadimansiyo-eshatu aho ubuhetame bwa pozitifu buzengurutse n’igicu cy’ubuhetame bwa negatifu. |
| En assimilant ces géodésiques à des TRAJECTOIRES, on trouverait d’abord une  répulsion, puis une attraction, puis une répulsion | Usanishije izo jewodezikye n’ama YIRA, wabona ubwambere na mbere iyigizayo, nyuma yaho, ikururana, hanyuma kandi iyigizayo. |
| 28 | 28 |
| En faisant glisser les fils de cette façon et en assemblant convenablement les cubes,  on fabriquerait l’image d’un monde peuplé de courbures positives et négatives : | Ugiye unyereza imigozi muri ubu buryo noneho kandi ugafatanya uko bikwiye ama kyibe, wakora igishushanyo cy’isi ituwe n’ubuhetame bwa pozitifu na negatifu : |
| Quand on y regarde de près, il s’agit de déformations affectant des CUBES emplissant l’espace tridimensionnel | Iyo ubirebeye hafi, usanga ari amahinduraforoma akora kuri za KYIBE zuzuye esipase nyadimansiyo eshatu. |
| Tiens, c’est curieux, je pourrais empiler tous ces cubes bizarres et remplir l’espace. | Dore, biteye amatsiko, nshobora kurundanya ayo makyibe yose adasobanutse noneho nkuzuza esipase. |
| 29 | 29 |
| **PROJECTIONS** | INTERAMASHUSHO |
| Je peux projeter les géodésiques d’un cône sur le plan. | Nshobora gutera ishusho y’amajewodezikye ya kone ku kibyatarare |
| PLAN | IKIBYATARARE |
| toutes ces lignes incurvées, cela évoque des TRAJECTOIRES | Iyi mirongo yose ihetamye, ibyo byerekana ama YIRA |
| Exact ! | Byo pe ! |
| masse m | mase m |
| L’idée de base de la RELATIVITÉ GÉNÉRALE consiste à assimiler les MASSES à des altérations locales de la courbure de l’espace. | Igitekerezo shingiro cya RELATIVITE RUSANGE gishingiye ku gusanisha ama MASE n’impinduka z’ubuhetame bwaho bwa esipase. |
| Vous voulez dire que la masse est un angle ?!? | Murashaka kuvuga ko mase ari imfuruka ?!? |
| Hi Hi !.. mettez m’en pour π/8 .... | Hi Hi !.. nshyiriramwo iya π/8 .... |
| Oui, dans la mesure où les masses sont des concentrations de courbure | Yego, mu mitekerereze igira iti za mase ni intsindagirane z’ubuhetame |
| 30 | 30 |
| En somme, ce que vous voulez dire, monsieur Albert, c’est que les inflexions des trajectoires, dues aux FORCES, ne sont qu’un effet de PROJECTION, dans notre monde sensible, d’une trajectoire tracée sur une autre surface, et qui est une GÉODÉSIQUE de celle-ci. | Muri make, icyo mushaka kuvuga bwana Aluberiti, ni uko imihindukire y’inzira, itewe n’IMBARAGA, ari gusa igikorwa cy’INTERAMASHUSHO, mw’isi yacu y’inkirigito, ry’inzira yaciwe ku yindi sirifase, kandi ari JEWODEZIKYE y’iyi ngiyi. |
| encore de la métaphysique ! | Metafizikye kandi ! |
| mais non, c’est de la géométrie | Ariko oya, ni jewometiri |
| Je vais te donner un exemple. Imagine que nous soyons dans une capsule spatiale, en  orbite autour de la Terre. | Ngiye kuguha urugero. Tekereza ko turi mu cyumba muri esipase, tuzenguruka Isi. |
| Nous échappons alors à toute pesanteur | Ubwo rero nta rukuruzi nimwe yaba itugeraho |
| Ah non ! | Ahi oya ! |
| mi ! | mi ! |
| Nous allons jouer à une sorte de billard | Tugiye gukina umukino usa nka billard |
| 31 | 31 |
| Apparemment, cet objet est constitué de deux surfaces transparentes, pleines de plis, de  cloques, mais identiques et proches l’une et l’autre | Bigaragara ko icyo kintu kigizwe na sirifase ebyiri zibonerana, zuzuye iminkanyari, imihiro, ariko isa kandi imwe yegeranye n’iyindi. |
| Ce qui permet de Tirer des petites billes entre les deux et d’observer leurs trajectoires | Ibyo bituma haterwa utubiye duto hagati yazo kandi inzira zatwo zikitegerezwa. |
| Celles-ci ne dépendent pas de la vitesse initiale V qui est conservée pendant tout le mouvement.  La Direction | Izo nzira ntizihindurwa n’umuvuduko ntangiriro udahinduka muri urwo rugendo rwose.  Ubuyobozi |
| Dans ce cas précis, il se trouve que toutes les trajectoires possibles sont des GÉODÉSIQUES  (s’il y avait de la pesanteur cela ne serait plus le cas). | Muri iyo njyanaruhande isobanutse, hagaragarako inzira zose zishoboka ari za JEWODEZIKYE (iyaba hari inkurura, ibyo ntibyabaye byo). |
| Oh, regardez, la lampe projette les trajectoires sur le plancher de notre capsule spatiale ! | Ohu, reba, itara riratera ishusho y’inzira hasi ya kapusile nyasipase yacu. |
| Quelqu’un qui ne verrait que ces ombres penserait que les objets qui se déplacent sur  ce PLAN sont soumis à un CHAMP de FORCES. Alors que cela n’est qu’un problème  de courbure d’une surface. | Umuntu wabona ayo mashusho yatekereza ko ibintu bigendagenda kuri icyo KIBYATARARE biri mu MURIMA w’IMBARAGA NKURURA.  Ahubwo ari uko icyo ari ikibazo cy’ubuhetame bwa sirifase. |
| 32 | 32 |
| Alors, quand j’observe la trajectoire d’une comète autour du Soleil, en supposant qu’elle s’effectue dans un espace tridimensionnel euclidien, sans courbure, en fait cette comète suit une GÉODÉSIQUE d’une sorte d’espace dans lequel .... elle va TOUT DROIT !!!! | Birtyo rero, iyo nitegereje inzira nkurikizwa y’ i komete izenguruka Izuba, twemejeko ikorwa muri esipase ya dimansiyo eshatu nyayekilide, nta buhetame, ikiri cyo ni uko iyo komete igendera kuri JEWODEZIKYE y’ubwoko bwa esipase aho…. igenda YEMYE RWOSE !!! |
| On ne perçoit que l’ombre des choses | Tubona ibicucu by’ibintu. |
| c’est très platonicien, ce que vous dites, mon cher Tirésias | Ibyo muvuga, nshuti yanjye Tireziyasi, bijyanye n’inyakuri ya palatoni pe. |
| On ne peut aller que TOUT DROIT ! | Nta kundi ushobora kugenda uretse WEMYE RWOSE ! |
| la LUMIÈRE suit aussi une GÉODÉSIQUE | uRUMURI rugendera ku iJEWODEZIKYE. |
| Tiens, c’est amusant, les géodésiques, quand on les projette suivant un autre angle,  n’ont pas du tout la même tête ! | Dore, birashimishije, ama jewodezikye, iyo uteye amashusho yayo ukurikije iyindi mfuruka, ntabwo agira na busa umutwe umwe ! |
| ?!? | ?!? |
| Tirésias ! | Tireziyasi ! |
| 33 | 33 |
| Bon, bon .... | Byiza, byiza… |
| **MASSE - MATIÈRE** | MASE- MATSIYERI |
| Mais alors, le Soleil est un ... cône ? | Ariko rero, i Zuba ni i… nyakone ? |
| Terre  Mercure | Isi  Merikyire |
| On sait que le Soleil dévie les rayons lumineux venant de Mercure | Turabizi ko Izuba riyobya imirasire y’urumuri ituruka kuri Merikyire |
| Nous croyons que l’espace, au voisinage du SOLEIL, est PLAT. En fait, cet astre, par  sa masse importante, représente une certaine quantité de courbure. Mais, comme le Soleil  n’est pas une masse ponctuelle, nous devrions représenter cette région de l’espace à l’aide d’un cône émoussé : | Twemera ko esipase, mu buturanyi bw’IZUBA, IBYATARAYE. Mu by’ukuri, uriya mubumbe w’izuba, urebeye no ku buremere bwawo bwinshi, ugaragaza ubuhetame bufatika runaka. Ariko, nk’uko Izuba atari mase nyakadomo, twakagombye kugaragaza iyo ntara ya esipase twifashishije kone isennye kw’isonga: |
| étoile  objet massif  observateur | Inyenyeri  Ikintu kiremereye  indorerezi |
| Des objets extrêmement massifs peuvent courber l’espace au point qu’un observateur  pourra percevoir DEUX images I1 et I2 d’une même étoile E :  c’est l’effet de LENTILLE GRAVITATIONNELLE, récemment mis en évidence par  l’observation. | Ibintu biremereye cyane bishobora kugonda esipace k’uburyo indorerezi ishobora kubona ishusho EBYIRI I1 na I2 z’inyenyeri imwe E :  Ni inkurikizi za LANTIYE NYAGARAVITE, yagejejwe ahagaragara vuba n’ukwitegereza. |
| 34 | 34 |
| Les masses des atomes, des particules, constituent la courbure générale de l’Univers. | Mase y’ama atome, y’ama paritikyile, agize ubuhetame rusange bwa Iniveri. |
| On donne à la MASSE une signification GÉOMÉTRIQUE | Duha MASSE igisobanuro NYAJEWOMETIRIKYE |
| mais, entre les atomes il y a bien du ... VIDE ? | Ariko, hagati y’ama atome hariho….UBUSA ? |
| ou alors je ne comprends plus rien ... | cyangwa rero nta nakimwe nsobanukiwe… |
| mais non, cher ami, cette vieille opposition entre matière et vide est complètement  dépassée ; il n’y a plus que de la .... géométrie | Ariko oya, nshuti yanjye, ririya hangana rishaje hagati ya matsiyeri n’ubusa ryataye rwose agaciro ; hasigaye gusa ….jewometiri |
| Plus que de la géométrie !!?! | Birenze jewometiri !!?! |
| 35 | 35 |
| Et les négacônes ?  Ils évoquent des "masses négatives", génératrices de forces répulsives. Un univers empli  de masses négatives serait bien étrange. Au lieu d’engendrer des galaxies, des étoiles, il  se peuplerait de bulles, de grands vides :  Ainsi semblent se distribuer les amas de galaxies, qui forment un étrange tissu cellulaire, chaque cellule ayant quelque 200 millions d’années-lumière de côté. | Naho se za negakone ?  Zivuga kuri “mase negatifu”, zibyara imbaraga nsunika. Iniveri yuzuyemwo mase negatifu yaba itangaje. Aho kubyara za galagisi, inyenyeri, yaba ituwemwo n’amafuro, n’imyanya-busa minini:  Birtyo rero niko amatsinda ya za galagisi yikwirakwiza, yubaka igitambara gitangaje gisa ni kigizwe n’amaselile, buri selile ikagira uruhande rw’uburebure nk’ubwa miliyoni 200 z’imyaka-rumuri. |
| Les forces de gravité pourraient alors se révéler répulsives à très grande distance. | Imbaraga nyagaravite, birtyo, zishobora kwigaragaza nka nsunika ku mirambi miremire cyane. |
| 36 | 36 |
| **POLYÈDRES** | POLIYEDERI |
| Anselme, tu vas matérialiser les géodésiques d’une surface à l’aide, par exemple, d’un  ruban adhésif. | Anselimi, ugiye kugaragaza amajewodezikye ya sirifase ukoresheje, nk’urugero, akenda kamatana. |
| Le fait de plier ce cône (θ = 90°), ne change rien aux géodésiques, et il épouse alors parfaitement le sommet d’un cube. | Igikorwa cyo guhina iyo kone (θ = °90), nta na kimwe gihindura kuri za jewodezikye, kandi rero gihuye neza n’isonga rya kyibe. |
| De même, tu peux ménager trois plis sur ce cône (θ = 180°) pour lui faire épouser le  sommet d’un tétraèdre régulier. | Nk’uko rero, ushobora gukora imihiro itatu kuri iyo kone (θ = °180) kugirango ushobore kuyihuza n’isonga rya tetarayederi y’impande zingana. |
| 37 | 37 |
| **IL FAUT QU’UN ESPACE SOIT OUVERT OU FERMÉ** | BISABAKO ESIPASE IBA IFUNGUYE CYANGWA IFUNZE |
| Huit cônes (θ = 90°) permettent de fabriquer un CUBE 90 x 8 = 720° | Kone umunani (θ = °90) zituma gukora i KYIBE ya °90 x 8 = °720 bishoboka |
| Quatre cônes (θ = 180°) permettent de fabriquer un TÉTRAÈDE 180 x 4 = 720° | Kone ennye (θ = °180) zituma gukora i TETARAYEDERI ya °180 x 4 = °720 bishoboka |
| Vingt cônes (θ = 36°) permettent de fabriquer un DODÉCAÈDRE 36 x 20 = 720° | Kone makumyabiri (θ = °36) zituma gukora i DODEKAYEDERI ya °36 x 20 = °720 bishoboka |
| En assemblant le plus régulièrement possible un nombre N de microcônes d’angle θ,  je constate que lorsque N x θ = 720°, j’obtiens .... une sphère ! | Ngiye wegeranya mu buryo buhwanye neza kandi bushoboka umubare N wa za mikorokone z’imfuruka θ, mbona ko igihe N x θ = °720, mbona siferi ! |
| C’est normal puisque la COURBURE TOTALE de la sphère vaut 720° | Ni ibisanzwe kuko uBUHETAME BWOSE bwa siferi bungana na °720 |
| maintenant, sors de là mon chéri | Ubu rero, nshuti yanjye, sohoka aho ngaho |
| 38 | 38 |
| Sur la sphère, la courbure est uniformément répartie. Ainsi la somme des angles d’un  triangle tracé sur une sphère est égale à 180° + 720° x s/S où s est la surface du triangle  et S celle de la sphère. Le second terme : 720 x s/S représente la QUANTITÉ de COURBURE contenue dans le triangle.  La Direction (\*)  Exemple ; ce triangle occupe le huitième de la surface de la sphère  Â+B+C = 180° + 720°/8 = 270° | Kuri siferi, ubuhetame busakaye mu buryo bungana hose. Birtyo igiteranyo cy’imfuruka za tiriyangeri ishushanyije kuri siferi kingana na °180 + °720 x s/S  Aho s ari ubuso bwa tiriyangeri naho S ari ubwa siferi. Igihimba cya kabiri: 720 x s/S kigaragaza uBUNGANE bw’UBUHETAME buri muri tiriyangeri.  Ubuyobozi (\*)  Akarorero; iyo tiriyangeri iri mu gitereko kigana n’igice kimwe cya munani cy’ubuso bwa siferi  Â+B+Ĉ = °180 + °720/8 = °270 |
| Fantastique !... | Biratangaje !... |
| Pour des raisons analogues, si la densité moyenne dans notre espace tridimensionnel  (c’est-à-dire la quantité de courbure par unité de volume) dépasse 10-29 grammes/cm3 cet espace se REFERMERA sur lui-même. | Kubera impamvu zisa n’izo, niba indemere yo hagati na hagati muri esipase nyadimansiyo eshatu (ni ukuvuga ubungane bw’ubuhetame ku gipimo cya volime) gisumba garamu 10-29 /cm3 iyo esipase IZIFUNGIRA kuriyo ubwanyo. |
| Dites, monsieur Albert, la courbure totale d’un TORE, ça vaut quoi ? | Vuga, bwana Aluberiti, ubuhetame bwose bw’INGATA, bungana n’iki ? |
| Simple, Anselme, tu n’as qu’à le représenter comme ceci : avec huit posicônes (θ = +90°)  et huit négacônes (θ = -90°) | Biroroshye, Anselimi, yigaragaze gusa urtya : wifashishije posikones umunani (θ = +°90)  Na ngakones umunani (θ = -°90) |
| (\*) Théorème dû à GAUSS | (\*) Ihame dukesha GAWUSI |
| 39 | 39 |
| La somme des seize angles, des seize courbures, est nulle. La COURBURE TOTALE  du TORE est donc .... ZÉRO ! | Igiteranyo cy’imfuruka cumi n’esheshatu, cy’ubuhetame cumi na butandatu, kingana n’ubusa. UBUHETAME BWOSE bw’INGATA rero ni… UBUSA ! |
| Eh oui ... | Ehee yego… |
| 720°  Zero  -720°  -1440° | °720  Zero  -°720  -°1440 |
| Tout objet qui est du genre sphère a une COURBURE TOTALE égale à 720°,  c’est-à-dire 4π | Ikintu cyose cy’iforoma ya siferi gifite UBUHETAME BWOSE bungana na °720, ni ukuvuga 4π |
| Un tore à N trous, une FOUGASSE (\*), aura une courbure totale égale à -4π(N-1) (on retranche 4π pour chaque trou) | Ingata y’imyobo N, IFUGASE (\*), izagira ubuhetame bwose bungana na -4π(N-1) ( dukuramwo 4 π kuri buri mwobo) |
| Et si tu fabriques un objet fermé sur lui même en forme de polyèdre, en sommant toutes les courbures concentrées en ses sommets, tu devras retrouver sa courbure totale. | Naho iyo ukoze ikintu kifungiyeho ubwacyo mw’iforoma ya poliyederi, ugateranya ubuhetame bwitsindagiriye mu masonga, ugomba kubona ubuhetame bwose. |
| Tirésias, que faites-vous mon vieux ? | Tireziyasi, muzehe wanjye urakora iki ? |
| Je cherche ma courbure totale | Ndashaka ubuhetame bwose bwanjye |
| (\*) Une FOUGASSE est une sorte de pain que l’on fabrique dans le midi de la France,  où habite l’auteur. | (\*) i FUGASE ni ubwoko bw’umukati ukorerwa mu majyepfo y’u Bufaransa, aho uyu mwanditsi atuye. |
| 40 | 40 |
| **PREMIÈRE APPROCHE DU TROU NOIR** | IMYEGERERE YA MBERE Y’UMWOBO WIRABURA |
| Qu’est-ce que c’est que ce truc ? | Icyo kinyagwa ni bwoko ki ? |
| Avec mon ruban adhésif, j’ai tracé quelques géodésiques de cette bizarre surface. | Nifashishije akenda kamatana, naciye za jewodezikye zimwe na zimwe z’iriya nyagwa ya sirifase. |
| 41 | 41 |
| Si la géodésique plonge suffisamment dans cette dépression, elle ira jusqu’à se recouper  elle-même | Niba jewodezikye yinjira bihagije muri iki kinogo, izageraho igaruke aho yanyuze. |
| PLAN | IKIBYATARARE |
| RACCORD PLAN-CYLINDRE | IFATANYIRIZO IKIBYATARARE-SIRENDERI |
| Si la géodésique vient à couper le cercle qui représente la frontière entre cette surface et  le tube cylindrique, elle ne revient plus. | Niba jewodezikye igeze aho ihura na serikyeri yerekana urubibe hagati y’iyo sirifase n’umuheha nyasilenderi, ntizigera igaruka na busa. |
| cylindre | silenderi |
| Les géodésiques du cylindre sont des hélices | JEWODEZIKYE za silenderi ni za elise |
| Nous appellerons cette frontière l’HORIZON | Twita uwo mupaka IRENGERO |
| 42 | 42 |
| Celui qui aurait l’illusion de vivre dans un monde PLAN concevrait les trajectoires de  cette manière. | Uwaba agifite ukwibeshya ko aba mw’isi IBYATARARE yatekereza injyendo muri ubu buryo. |
| HORIZON | IRENGERO |
| Fabriquez votre trou noir à l’aide d’un plan muni d’un trou (1), de six troncs de cônes  (à assembler bord à bord) et d’un cylindre (8) | Nimukore umwobo wanyu wirabura mwifashishije ikibyatarare gifite umwobo (1), ingiga esheshatu za kone (ni ugufatanya umusozo ku wundi) hamye na silenderi (8) |
| PLAN | IKIBYATARARE |
| cylindre | silenderi |
| VARIANTES | IBIHINDUKA |
| 43 | 43 |
| cercle HORIZON | serikyeri BURENGERO |
| Voici une autre manière de figurer un TROU NOIR, à l’aide de maillages. | Dore ubundi buryo bwo kwerekana UMWOBO WIRABURA, wifashishije injishi. |
| Nous n’avons pris des maillages réguliers que pour ces raisons d’esthétique. | Twafashe injishi ziteye kimwe kubera gusa impamvu z’umurimbo. |
| 44 | 44 |
| La règle du jeu consiste à couper ces maillages successifs sous un angle constant, en assurant un raccord, une continuité, à chaque frontière circulaire. Plus on s’approche du trou noir et plus son attraction se fait sentir. A l’intérieur du CERCLE HORIZON, la trajectoire s’enroule en spirale. On notera que le maillage central, polaire, peut être assimilé au maillage d’un cylindre par des géodésiques, vu en perspective. | Itegeko ry’umukino rigena ko ari uguca izo njishi zikurikiranye hakurikijwe imfuruka idahinduka, k’uburyo hasanwa, mu bukurikirane, kuri buri mupaka nyaserikyeri. Uko wegera umwobo wirabura ni nako inkurure irushaho kwiyongera.  Hagati ya SERIKYERI BURENGERO, inzira irinzinga nk’igishorobwa. Twagaragaza ko injishi yo hagati, nyapole, ishobora gufatwa nk’injishi ya silenderi hakoreshejwe jewodezikye, birebewe mu bw’itarure. |
| Attention ! Il y a quelque chose qui cloche de A à Z dans votre affaire ! | Ikitonderwa ! hari ikintu kidasobanutse kuva kuri A kugeza kuri Z mu ntekerezo yanyu! |
| Vous remplacerez des masses par des courbures et les trajectoires par des géodésiques.  Mais qu’est-ce que vous faites de la VITESSE INITIALE ? | Muzasimbuza za mase n’ubuhetame naho inzira zisimbuzwe jewodezikye.  Ariko se UMUVUDUKO NTANGIRIRO uzawukoresha iki ? |
| La trajectoire d’un objet dans le champ de force créé par une ou plusieurs masses dépend  de sa vitesse initiale V0 | Inzira y’ikintu mu murima w’imbaraga waremwe na mase imwe cyangwa nyinshi, ugengwa mu mihindukire n’umuvuduko w’ibanze V0 |
| Exemple : l’obus du canon et l’attraction terrestre. | Urugero : igisasu kiraswa na kano n’inkurure y’isi. |
| 45 | 45 |
| Alors, les dessins de tout à l’heure correspondaient à une valeur particulière de la vitesse initiale Vo ? | Noneho rero, ibishushanyo byo mu mwanya ushize byari bihwanye n’agaciro kihariye k’umuvuduko w’ibanze V0 |
| **EN PLONGÉE** | **MU MWIBIRO** |
| Imaginons un monde construit comme un oignon, c’est-à-dire en couches concentriques. (\*) | Tekereza isi yubatswe nk’igitunguru, ni ukuvuga ifite ibishishwa bigerekeranya kandi bisangiye senteri. (\*) |
| COSMIC PARK | PARIKYE NYAKOSIMOSI |
| A chaque couche correspond une intensité V de la vitesse. Et, plus on va vite, plus on est profond. | Kuri buri gishishwa hariho ingano V y’umuvuduko. Kandi uko wihuta, niko unajyamwo imbere. |
| A la vitesse de la lumière, on est au centre de l’oignon. | K’umuvuduko w’urumuri, uba ugeze hagati y’igitunguru. |
| (\*) Ce modèle a déjà été présenté dans TOUT EST RELATIF, sous le nom de COSMIC PARK (même auteur, éditions BELIN) | (\*) Uyu mudeli werekanwe kera muri IBINTU BYOSE BIFITANYE ISANO, kw’izina rya PARIKINGI NYAKOSIMOSI (umwanditsi umwe, icapiro BELINI) |
| 46 | 46 |
| En l’absence de FORCES, un objet conserve sa vitesse V (donc reste à une même distance  du centre de l’oignon). Il décrit une GÉODÉSIQUE de la SPHÈRE correspondante c’est-à-dire un GRAND CERCLE. | Iyo hatariho IMBARAGA, ikintu kigumana umuvuduko wacyo V (birtyo kikaguma ku burebure bumwe uturutse kuri santeri y’igitunguru). Gishushanya JEWODEZIKYE ya SIFERI bihwanye, ni ukuvuga SERIKYERI NINI. |
| Et maintenant regardez bien ! | Noneho ubu murebe neza ! |
| Voici le résultat du coup de marteau de monsieur Albert. Comme on peut le voir, l’effet s’atténue vers le centre. | Dore ingaruka y’ihondwa ry’inyundo ya bwana Aluberiti. Nk’uko umuntu ashobora kubibona, inkurikizi igenda yoroha uko ugana kuri santeri. |
| Voici un creux (ou une bosse, c’est pareil ...). On a figuré les lignes de niveaux (qui ne sont PAS des géodésiques !) et une géodésique particulière. | Dore icyobo ( cyangwa impfupfu, ni kimwe…). Herekanwe imirongo y’ubugerweho (itari za jewodezikye !) hamwe na jewodezikye yihariye. |
| 47 | 47 |
| V1 ‹ V2  ‹V3 | V1 ‹ V2  ‹V3 |
| PLAN | IKIBYATARARE |
| Plus la vitesse initiale est faible, plus la déformation est marquée et plus la trajectoire est incurvée. | Uko umuvuduko ntangiriro ari muto, ni nako ubugonde bugaragara kandi ni nako inzira ihetama. |
| Sous l’effet de l’attraction gravitationnelle, la vitesse d’un objet s’accroît d’abord, puis décroît. La vitesse maximale est atteinte lorsque la distance entre l’objet et la masse attractive est minimale (périhélie) | Kubera inkurikizi z’inkurura nyagaravite, umuvuduko w’ikintu uriyongera ubwambere, hanyuma ukagabanuka. Umuvuduko w’umurengera ugerwaho igihe uburebure hagati y’ikintu na mase nkurura ari nto cyane (periheli) |
| 48 | 48 |
| Qu'est-ce que c'est que cet engin? | Ese icyo kinyamuvuduko ni nyabaki ? |
| C'est le CHRONOSCAPHE | Ni KORONOSIKAFU |
| Il permet de suivre les géodésiques du cosmic park | Gituma hakurikiranwa za jewodezikye za parikye nyakosimosi |
| Mais pourquoi s'enfermer dans le chronoscaphe ? | Ariko kuki kwifungirana muri koronosikafu ? |
| jamais on ne me fera monter là-dedans ! | Habe na rimwe ntawuzanyinjiza hariya mwo imbere ! |
| Tout l'ensemble du Cosmic Park baigne dans un fluide : le CHRONOL | Parikye Nyakosimosi yose hamwe yoga mu gitemba :  KORONOLE. |
| Le trajet suivi par le CHRONOSCAPHE s'appelle le DESTIN | Inzira yakurikiwe na KORONOSIKAFU yitwa INGENERWA. |
| 49 | 49 |
| Comment le conduit-on votre CHRONOSCAPHE ? | Itwarwa ite KORONOSIKAFU yanyu ? |
| On ne le conduit pas. C'est lui qui te conduit. | Ntitwarwa. Niyo igutwara. |
| Pas de volant, pas de changement de vitesse. Est-ce qu'il y a une marche arrière ? | Nta vola, nta hinduranya ry’umuvuduko. Ese igira gusubira inyuma? |
| En principe NON (\*) | Hakurikijwe amahame OYA (\*) |
| qu'est-ce que c'est que ce bazar ? | Icyo kinyagwa ni kintu ki ? |
| Ce bazar, Tirésias c'est simplement le TEMPS | Icyo kinyagwa, Tireziyasi ni mu bisanzwe IGIHE. |
| Cela fonctionne comme une CLEPSYDRE, une horloge hydraulique. A l'intérieur de ce  réservoir, tu as du CHRONOL à une pression PR. A l'extérieur du CHRONOSCAPHE  règne une pression PE. | Ibyo bikora nka KELEPUSIDERI, isaha nyabuzi. Muri iyo rezerivuwari, ufite KORONOLE kw’isunika Pr. Hanze ya KORONOSIKAFE haganje isunika PE |
| PR CHRONOL TEMPS | PR KORONOLE IGIHE |
| (\*) Note de SERVICE : Le SECOND PRINCIPE nous dit qu'il est impossible de suivre  les géodésiques de l'espace-temps (COSMIC PARK) à rebrousse poil.  La Direction | (\*) Inyandiko z’AKAZI : IHAME RYA KABIRI ritubwirako bidashoboka gukurikira jewodezikye za esipase-gihe ( PARIKYE NYAKOSIMOSI) inzira iyobya.  Ubuyobozi |
| 50 | 50 |
| Comme la pression PR est supérieure à PE, le chronol s'écoule et le débit-mètre indique  le temps qui passe | Kuko isunika PR ari rinini kuruta PE, koronolo iramanuka noneho impimabwisukye ikagaragaza igihe. |
| Plus on s'enfonce dans le chronol et plus la pression PE s'accroît. Comme le débit est  proportionnel à l'écart (PR - PE) : le temps s'écoule moins vite. | Uko umanuka muri koronolo ni nako isunika PR rikura. Kuko insuka ihinduka kimwe n’igitandukanyo (PR – PE) : igihe gitemba buhoro. |
| Et la profondeur, C'EST la vitesse. Donc plus on va vite et moins le temps s'écoule (\*) | Naho injyakuzimu, NI umuvuduko. Rero uko ujya hasi wihuta ni nako igihe gitemba gahoro (\*) |
| Et lorsqu'on est à la vitesse de la lumière, PE devient précisément ÉGAL à PR, et le temps  se fige. | Naho iyo ugendera ku muvuduko w’urumuri, PE iba mu by’ukuri INGANA na PR, noneho igihe kigahagarara. |
| Et on ne peut pas aller plus vite que la vitesse de la lumière, de même que l'on ne peut  pas aller plus profond que le centre du Cosmic Park. | Kandi ntawushobora kugendera ku muvuduko uruta uw’urumuri, nk’uko udashobora kumanuka ikuzimu kurusha Parikye Nyakosimosi. |
| (\*) VOIR TOUT EST RELATIF, même auteur, éditions BELIN | (\*) REBA IBINTU BYOSE BIFITANYE ISANO, umwanditsi umwe, icapiro BELINE |
| 51 | 51 |
| La surface du cosmic park, c'est l'immobilité, le repos. | Sirifase ya parikye nyakosimosi, ni ubutanyeganyega, uburuhuko. |
| C'est en restant immobile que l'on vieillit le plus ! | Iyo ugumye ahantu utanyeganyega usaza ningoga ! |
| ETAT REPOS | IMITERERE BURUHUKO |
| Quand un corps est très massif, il courbe fortement l'espace-temps. Ce qui veut dire qu'en cette région, même au repos, un objet baignera dans le CHRONOL à pression plus forte. Et son temps s'écoulera moins vite que celui d'un objet également au repos, mais loin de toute masse. Cela serait le cas au voisinage d'un objet superdense comme une étoile à neutrons. | Iyo ikintu kiremereye cyane, kigonda bikabije esipase-gihe. Bivuze ko muri ako karere, naho ikintu cyaba kiri mu buruhuko, kizaguma kijanditse muri KORONOLE y’isunika rinini. Kandi igihe cyacyo kizatemba buhoro kurusha icy’ikintu nacyo kiri mu buruhuko, ariko kiri kure ya mase iyo ariyo yose.  Ibyo ni byo biba mu nkenjyero z’ikintu k’indemere y’umurengera nk’inyenyeri igizwe na za netoroni. |
| Que se passerait-il si on sortait brusquement du chronoscaphe ? | Ese byazagenda bite turamutse dusohotse vuba na vuba muri koronosikafe ? |
| Peut être qu'on attraperait un coup de vieux ? | Yenda twahura n’ubusaza bwihuse ? |
| Débit de temps | Ubwisuke bw’igihe |
| Et quand le chronol du réservoir est complètement épuisé, c'est ... la mort ?.. | Kandi iyo koronole yo muri rezoruvari irangiye, ubwo ni …. Urupfu ?.. |
| 52 | 52 |
| **COMMUNIQUER** | GUTANGAZA |
| Nous voilà donc enfermés dans ces chronoscaphes. Mais comment pouvons nous communiquer ? | Twebwe aha uko utubona dufungiye muri izi koronosikafu. Ariko se twavugana dute ? |
| En utilisant des PHOTONS. | Dukoresheje za FOTONI. |
| Les photons sont comme des pinceaux de phares qui balayeraient toutes les couches du Cosmic Park à vitesse angulaire constante. | Fotoni ni nk’imishito y’amatara izenguruka imurika ibirundo byose bya Parikye Nyakosimosi k’umuvuduko nyamvuruka udahinduka. |
| ETAT DE REPOS  VITESSE VA  VITESSE VB | IMITERERE Y’UBURUHUKO  UMUVUDUKO VA  UMUVUDUKO VB |
| Un objet A, cheminant à une vitesse VA, peut déclencher le départ d'un de ces pinceaux de phares en direction d'un objet B cheminant à vitesse VB. | Ikintu A, kigendera ku muvuduko VA , gishobora gutangiza urugendo rw’umwe mu mishito y’amatara mu ntumbero y’ikintu B kigendera ku muvuduko VB. |
| 53 | 53 |
| La lumière est un phénomène périodique, auquel on peut associer une fréquence N | Urumuri ni impinduka ngarukiragihe, dushobora guhuza na furekanse N |
| Fréquences basses Fréquences élevées  INFRAROUGE ROUGE ORANGE JAUNE VERT BLEU VIOLET ULTRAVIOLET | Furekanse zo hasi  Furekanse zihanitse  IMBANZIRAMUTUKU UMUTUKU ORANJE UMUHONDO ICYATSIKIBISI UBURURU VIYOLETI INDENGERAVIYOLETI |
| Et la couleur est déterminée par cette fréquence | Kandi ibara ritangwa n’iyo furekanse |
| Les fréquences (émises ou reçues) sont mesurées par rapport au temps qui s'écoule dans  le chronoscaphe de l'émetteur ou du récepteur. Dans le chronoscaphe A, Anselme émet  de la lumière bleue. Il se trouve dans une région de l'espace où règne une forte courbure.  Il est par exemple près d'une étoile à neutrons (très massive).  Sophie, dans le chronoscaphe S, reçoit cette lumière. Elle se trouve loin de cet objet supermassif. Donc son temps va s'écouler plus vite et elle mesurera une fréquence plus  faible, au point que cette lumière sera, pour elle, décalée vers le rouge.  C'est ce qu'on appelle le RED SHIFT (glissement vers le rouge) d'origine gravitationnelle. | Furekanse ( zoherejwe cyangwa zakiriwe) zipimwa zigereranijwe n’igihe gitambuka muri koronosikafu y’inyohereza cyangwa y’inyakira.  Muri koronosikafu A, Anselimi yohereza urumuri rwa bururu. Ari mu karere ka esipase harangwa n’ubuhetame bukabije.  Urugero ari iruhande y’inyenyeri igizwe na za neteroni (iremereye by’umurengera).  Sofiya, muri koronosikafu S, yakira urwo rumuri. Ari kure y’icyo kintu kiremereye by’umurengera. Birtyo igihe cye kizahita vuba cyane kandi azapima furekanse ntoya cyane, k’uburyo urwo rumuri ruzaba, kuri we, ruganisha ku mutuku.  Ni icyo bita INGANA MUTUKU ( iserereka riganisha ku mutuku) ry’inkomoko nyagaravite. |
| 54 | 54 |
| Anselme se trouve sur une étoile à neutrons.  (Nous l'avons affranchi des contraintes de la pesanteur pour qu'il ne soit pas  instantanément aplati sur sa surface sous l'effet de son propre poids). | Anselimi ari ku nyenyeri igizwe na za netoroni.  (twamusoneye imbogamizi ziturutse ku nkurura kugirango ntabyatarare ako kanya kuri sirifase yayo kubera inkurikizi ziturutse ku buremere bwe bwite). |
| Tiens ... une belle pomme rouge ! | Dore… ipomu nziza itukura ! |
| Ça alors ! maintenant elle est verte | Ibyo rero ! ubu irasa n’icyatsikibisi. |
| En fait la pomme ÉTAIT VERTE et c'est l'altération du temps qui changeait son apparence. | Mu by’ukuri pomu YASAGA N’ICYATSIKIBISI ariko ni imihindukire y’igihe yahinduraga isura yayo. |
| Les pommes ne sont plus ce qu'elles étaient ... | Ipomu ntizikiri uko zari ziri… |
| 55 | 55 |
| **SECONDE APPROCHE DU TROU NOIR** | ISUZUMA RYA KABIRI RY’UMWOBO WIRABURA |
| Nous allons continuer d'explorer le cosmic park | Tugiye gukomeza kwiga parikye nyakosimosi |
| OK, je monte avec Léon. Bonne géodésique !... | Byiza, ndazamutse na Lewo. Jewodezikye nziza !... |
| Léon, monsieur Albert, je les vois, là-bas | Lewo, bwana Aluberiti, ndababona, hariya |
| Et j'ai également un contact en phonie, par radio (\*) | Kandi mfite umuyoborajwi wa foni, hakoreshejwe radiyo (\*) |
| Tiens, qu'est-ce que c'est que ce truc, au loin | Dore, ese icyo kinyagwa ni nyabaki, urebeye kure |
| On dirait une trombe | wagirango ni urushonzi |
| (\*) Les ondes radio sont de même nature que les ondes lumineuses. Même vitesse de propagation C, mais fréquences plus basses. | (\*) imirari nyaradiyo iri mu bwoko bumwe n’imirari nyarumuri. Umuvuduko umwe C, ariko za furekanse zo hasi. |
| 56 | 56 |
| C'est un trou noir ! | Ni umwobo wirabura ! |
| Monsieur Albert et Léon sont carrément tombés dedans. | Bwana Aluberiti na Lewo nta kibuza baguyemwo. |
| on passe près, dis-donc ! | Duce hafi, disi ariko ! |
| Est-ce qu'on peut faire quelque chose pour Léon et monsieur Albert ? | Ese dushobora kugira icyo tumarira Lewo na bwana Aluberiti ? |
| Impossible, nos géodésiques n'ont pas l'air de devoir se croiser. | Ikidashoboka, jewodezikye zacu ntabwo zisa nizishobora guhura. |
| 57 | 57 |
| Est-ce que tu les vois ? | Ese urababona ? |
| Le fond du trou noir apparaît complètement opaque. | Indiba y’umwobo wirabura isa ni iyijimye rwose. |
| Je les vois encore, mais leur chronoscaphe est devenu d'une couleur rouge sombre | Ndacyababona, ariko koronosikafu yabo yafashe ibara ry’umutuku wijimye |
| Allô, monsieur Albert, Léon est-ce que vous me recevez ? | Yewe, bwana Aluberiti, Lewo ese muranyumva? |
| Je n'y comprends rien. Sa voix est devenue suraiguë et il parle trop vite | Nta nakimwe numva. Ijwi rye ryahindutse rirerire cyane kandi aravuga vuba birengeye |
| Sa voix est de plus en plus grave. On dirait un disque qui s'arrête !?! | Ijwi rye riragenda ryika. Wagirango ni disikye iriho ihagarara !?! |
| AHHDTEUHHH... | AHHDTEUHHH... |
| Problèmes de communication, quand on vit dans des "bulles de temps" bien différentes. | Ibibazo by’itumanaho, iyo muba mu «  mibumbe y’ibihe » anyuranye rwose. |
| 58 | 58 |
| **QUESTION DE TEMPS** | IKIBAZO K’IGIHE |
| Plus Albert et Léon s'enfoncent profondément dans le CHRONOL et plus la pression extérieure PE croit, donc moins leur clepsydre débite, moins le temps s'écoule dans leur chronoscaphe. | Uko Aluberiti na Lewo bakomeza kwika muri KORONOLE ni nako isunika rituruka hanze PE ryiyongera, rero ni nako kelebusideri yabo isuka bicye, uko ni nako kandi igihe cyirekura muri koronosikafu yabo. |
| Quand ils atteindront le fond des choses et la vitesse de la lumière, leur horloge hydraulique de bord aura débité une quantité limitée de chronol, ce qui signifie que ce trajet aura été effectué en temps FINI.  Mais si, Sophie, Anselme, Max et Tirésias pouvaient continuer de suivre leur chute, celle-ci leur semblerait interminable.  La lumière émise par leur chronoscaphe sombre vite dans l'infrarouge hors du domaine  de la lumière visible, tandis que leur message radio glisse dans l'infrason. | Igihe bazagerera ku ndiba y’ibintu n’umuvuduko w’urumuri, isaha yabo nyabuzi bagendana izaba yarekuye ubungane mbarwa bwa koronole, bivuze ko urwo rugendo ruzaba rwarakozwe mu gihe NDANGIRA.  Ariko niba, Sofiya, Anselimi, Magisi na Tireziyasi bashoboraga gukomeza gukurikira ihanuka ryabo, ryazababera intarangira.  Urumuri rwoherejwe na koronosikafu yabo rurengera vuba mu cyiciro cya emfararuje hirya y’icyiciro cy’urumuri rugaragara, naho ubutumwa nyaradiyo bwabo bwabarizwa muri emfarajwi. |
| Cela me rappelle le paradoxe d'Achille, qui tente de s'approcher de la tortue en diminuant  À CHAQUE FOIS la distance qui l'en sépare par deux. Il y parvient en un temps fini. | Ibyo binyibutsa imbusanye ya Ashile, ugerajyeza kwegera akanyamaswo agabanya BURI GIHE urugendo rubatandukanya na kabiri. Abigeraho mu mwanya ndangira. |
| 59 | 59 |
| Voici, dans ce modèle du COSMIC PARK, une image du trou noir. Le poinçon a complètement défoncé l'espace-temps jusqu'au centre, où règne la vitesse de la lumière.  Toutes les nappes en ce point deviennent tangentes à un cône de demi-angle au sommet α | Dore, muri uwo mudeli wa PARIKYE NYAKOSIMOSI, ishusho y’umwobo wirabura.  Uruhindu rwose pe rwatoboye esipase-gihe kugera muri santeri, ahagengwa n’umuvuduko w’urumuri.  Ibyicaro byose biba nkoraho kuri kone ifite icya kabiri cy’imfuruka kw’isonga ingana na α |
| Cône horizon | Kone burengero |
| Dans ce modèle, la distance est en fait un ANGLE entre deux rayons vecteurs :  exemple OM et OC.  En regardant le dessin ci-dessus, on s'aperçoit que l'on ne pénètre jamais à l'intérieur du  cône de demi angle au sommet α. Pour un observateur qui séjournerait à la surface du CHRONOL, c'est-à-dire à l'état de repos, et qui ne concevrait pas cette courbure de  l'espace-temps, cette frontière du trou noir, appelée HORIZON, apparaîtrait suivant un CERCLE qui serait franchi à la vitesse de la lumière. | Muri uwo mudeli, intandukanye-rugendo ni, mu by’ukuri, iMFURUKA hagati ya reyo vegiteri ebyiri :  Urugero OM na OC.  Iyo ureba igishushanyo kiri munsi, uhita ubona ko ntawinjira na rimwe mu mbere ya kone y’icya kabiri cy’imfuru yo kw’isonga ingana na α. Ku indorerezi yaba ituye k’ubuso bwa KORONOLE, ni ukuvuga mu gihe cy’uburuhuko, kandi yaba itihishurira ubwo buhetame bwa esipase-gihe, urwo rubibe rw’umwobo wirabura, rwitwa IRENGERO, ryakwigaragaza hakurikijwe SERIKYERI yazambukwa k’umuvuduko w’urumuri. |
| cône horizon | Kone burengero |
| 60 | 60 |
| ÉTAT DE REPOS | IMITERERE Y’UBURUHUKO |
| Oh, regarde, nous voilà revenus près de notre point de départ, près du chronoscaphe n°3,  qui est resté immobile. | Ohu, dore twagarutse hafi yaho twatangiriye urujyendo, hafi ya koronosikafu n°3, yo yasigaye aho itanyeganyega. |
| Notre excursion autour du trou noir a freiné notre vieillissement. Si l'un de nous était resté dans ce chronoscaphe au repos, il aurait peut-être attendu notre retour pendant des centaines ou des milliers d'années ! | Urugendo rwacu mu nkengero z’umwobo wirabura rwahagaritse gusaza kwacu. Iyaba umwe muri twebwe yari yasigaye muri koronosikafu iri hamwe, yari kuba yenda yumvise igaruka ryacu mu gihe cy’ibinyejana cyangwa se ibihumbi by’imyaka ! |
| où mènent les trous noirs ? | Ese inyobo yirabura ituganisha he ? |
| Personne n'en sait rien. La théorie montre qu'un anti trou noir pourrait exister. | Nta muntu n’umwe ugira icyo abizi ho. Intekerezo yerekana ko indwanyamwobo wirabura ishobora kubaho. |
| C'est-à-dire un objet où on ne pourrait jamais entrer. On ne pourrait qu'en sortir. | Ni ukuvuga ikintu cyo udashobora nabusa kwinjiramwo. Ushobora gusa gusohokamwo. |
| une FONTAINE BLANCHE | iRIBA RYERA |
| 61 | 61 |
| Voici, dans le modèle du COSMIC PARK à quoi pourrait ressembler un couple  trou noir - fontaine blanche | Dore, mu mudeli wa PARIKYE NYAKOSIMOSI icyaba gisa n’itsinda nyabubiri umwobo wirabura – iriba ryera |
| c'est le MÊME objet, mais avec une orientation inverse des géodésiques. | Ni ikintu KIMWE, ariko gifite intumbero ndebanyuma ya zajewodezikye. |
| Mais qu'y a-t-il DANS le trou noir, au delà de l'HORIZON ?  Est-ce qu'il n'y a ... RIEN ?!? | Ariko ni iki kiri MU mwobo wirabura, hirya y’IRENGERO ?  Ese nta….n’UBUSA buriyo ? |
| L'intérieur du trou noir serait-il du RIEN à l'état pur ?... | Imbere mu mworo wirabura haba hari UBUSA mu gihe cy’umwimerere ?... |
| Mais non ! "l'intérieur" du trou noir serait tout simplement l'extérieur de la fontaine  blanche associée | Ariko sibyo ! « imbere » mu mwobo wirabura haba ari gusa inyuma y’iriba ryera bihujwe. |
| On remarquera que, dans ce modèle, la structure TROU NOIR – FONTAINE BLANCHE  donne à tous les feuillets du Cosmic Park l'allure de surfaces inorientables, à un seul côté, le "passage" inversant les objets.  Par exemple un R se retrouve selon un Я. | Umuntu azabona yuko, muri uwo mudeli, imiterere UMWOBO WIRABURA – IRIBA RYERA  Itanga, ku mpapuro zose za Parikye Nyakosimosi, ingyendo ya za sirifase ntayoborwa, z’uruhande rumwe, « intambuko » ihindukiza ibintu.  Urugero, R yisanga ari Я. |
| 62 | 62 |
| **LA BOUTEILLE A L'ENCRE** | ICUPA YA WINO |
| Mais il y a d'autres théories. Certains pensent que les trous noirs mettent notre univers en communication avec un UNIVERS JUMEAU. | Ariko hari izindi ntekerezo. Bamwe batekereza ko imyobo yirabura ihuza iniveri yacu na INIVERI Y’IMPANGA YAYO. |
| Ou même avec un monde où tout serait en miroir y compris le temps | Cyangwa se kandi iyihuza n’iyindi si aho ibintu byose bisa n’ibyahinduwe n’indorerwamu yewe n’igihe ubwacyo. |
| COSMOL | KOSIMOLE |
| Au demeurant, s'il existe des audacieux qui se sont approchés d'un trou noir, aucun n'est revenu pour le raconter. | Ibigaragara ni uko, nimba hari abashiritse ubwoba bakegera umwobo wirabura, nta n’umwe wagarutse ngo abituganirire. |
| au fond, la coquille de Tirésias n'est peut-être qu'un trou noir ! | Neza na neza, igishishwa cya Tireziyasi cyaba yenda ari umwobo wirabura ! |
| maman ! | Mama ! |
| 63 | 63 |
| Léon, laisse Tirésias tranquille ! | Lewo, reka Tireziyasi yiturize ! |
| Allons, Tirésias l'essentiel, c'est d'y être bien, finalement dans cette coquille | Tugende, Tireziyasi iki ngenzi, ni ukuhagera nyabyo, muri iki gishishwa neza |
| mi !.. | mi ! |
| **ÉPILOGUE** | INTANGIRIRAMUSOZO |
| Ouh là là, le cosmol ! J'ai mal à la tête ... | Uwu la la, kosimole ! ndaribwa mu mutwe… |
| Voyons. Le vide et la matière, c'est pareil ! L'espace peut se refermer sur lui-même, et on ne peut aller que tout droit ! | Turebe. Ubusa na matsiyeri, ni kimwe !  Esipase ishobora kwifungiranaho ubwa yo, kandi umuntu ashobora kugenda gusa atumbereye imbere ye ! |
| 64 | 64 |
| Si cet Univers est le meilleur des univers possibles, que sont donc les autres ? | Niba iyi Iniveri ariyo nziza kurusha izindi zishoboka, ubwo se izindi zo zimeze zite ? |
| **FIN** | UMUSOZO |
| 65 | 65 |
| D'ou vient l'eau qui s'écoule de ce robinet qui semble flotter dans l'espace ? | Amazi atemba aturutse muri iri robine isa ni reremba muri esipase aturutse he ? |
| Hmmm ... | Humumu… |
| Et où s'en va-t-elle puisque le niveau dans le seau reste constant ! | Nonese arajya he ko ubugerwaho mu ndobo budahinduka ! |
| et pourtant, elle coule ! | Kandi yamara, aratemba ! |
| 66 | 66 |
| robinet factice | Irobine y’inkorano |
| Fontaine Blanche | Iriba ryera |
| tube en plexiglass permettant l'ascension de l'eau refoulée par la pompe  miroir double-fond  Pompe à eau électrique  piles | Itibe ikozwe muri pelegisigalase yemerera izamuka ry’amazi yasubijwe inyuma na pompe indorerwamu ya ndiba-ebyiri  Pompe y’amazi ikoreshwa n’amashanyarazi  imbikamashanyarazi |
| Trou Noir | Umwobo Wirabura |