

PI VIT PASE LIMYÈ

Jean-Pierre Petit



2008

Nonm ki trase
pi vit pase lonbraj li

Zanmi, sanble ou boulvèse.
sa ki rive ou?

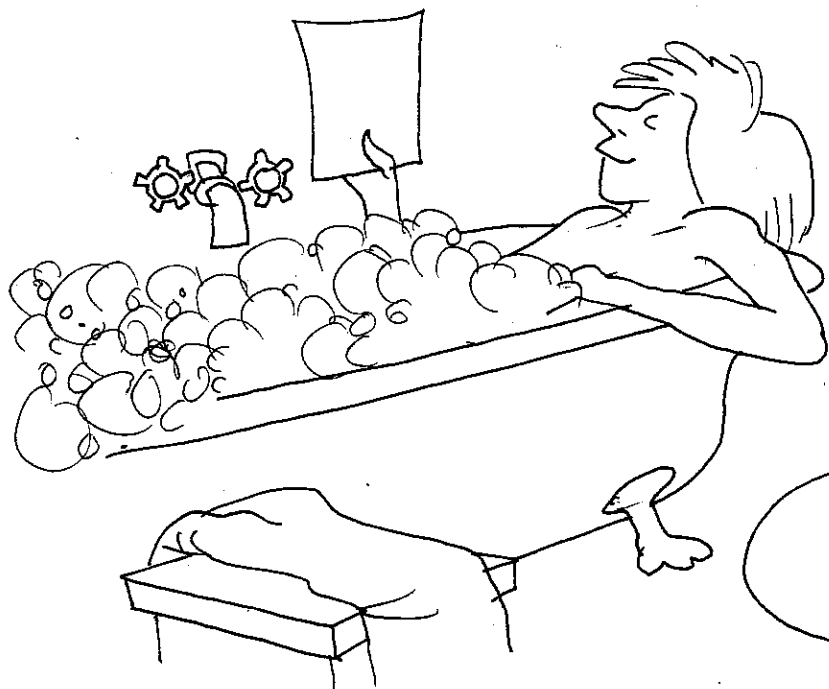


Mwen soti nan yon
senpozyòm astrofizik
se pa ti koze!

Premye deba a te konsantre sou ekspansyon Linivè.
Yo te vle konnen ki kote fenomèn nan te pase. Èske Latè a elaji?
Non! nou t'ap konnen sa! E sistèm solè a? Non plis!
Èske galaksi yo ap agrandi? Pa ditou!

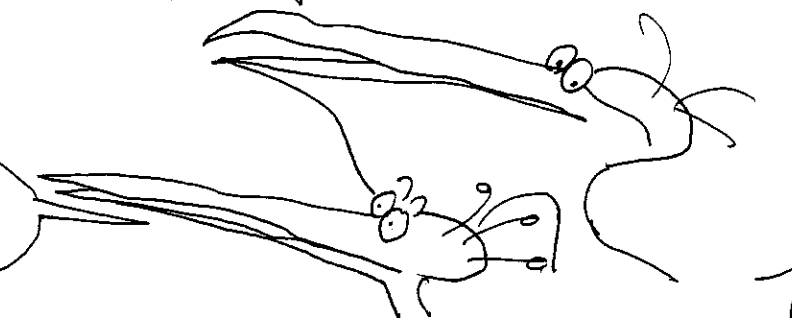


Mwen sipoze Linivè
a dwe elaji yon kote!
Sa ensanse!



Ou konnen ke obsèvasyon
konfimechak ane yon ti kras pi plis ke
estrikti linivè **ENKONPLÈ**

Enkonplè?
kisa ou vle di la?



Aprè yo te dekouvri ke galaksi yo te kapab rasanble an **GRAP**. Tankou grap Vyèj la oswa grap Coma a, ki rasanble mil galaksi nou te panse ke linivè a te kapab prezante yon estrikti **YERACHIK**



E nou te kòmanse fè rechèch **GWO GRAP** yo "grap rezen" elatriye...

E kisa nou jwenn?



Sa ki amizan, nan mond syans la se lefèt ke mo yo parèt, yo gonfle, epi yo eklate tankou balon. Pandan yon bon bout tan se mo sipè-grap la sèlman astrofizisyen te gen nan bouch yo. Epi toudenkou, pftt! li te disparèt!


Absoliman!

Mwen sipoze se paske nou pa janm jwenn yo

Astwonòm dekouvri pa kont yon plas kote galaksi yo te rasanble daprè yon kalite plak, ke yo te rele **GWO MIRAY LA** (*)

Sa vle di ke nan "plak" sa te gen anpil galaksi e ke sou toude bò yo se vid?

(*) The Great Wall

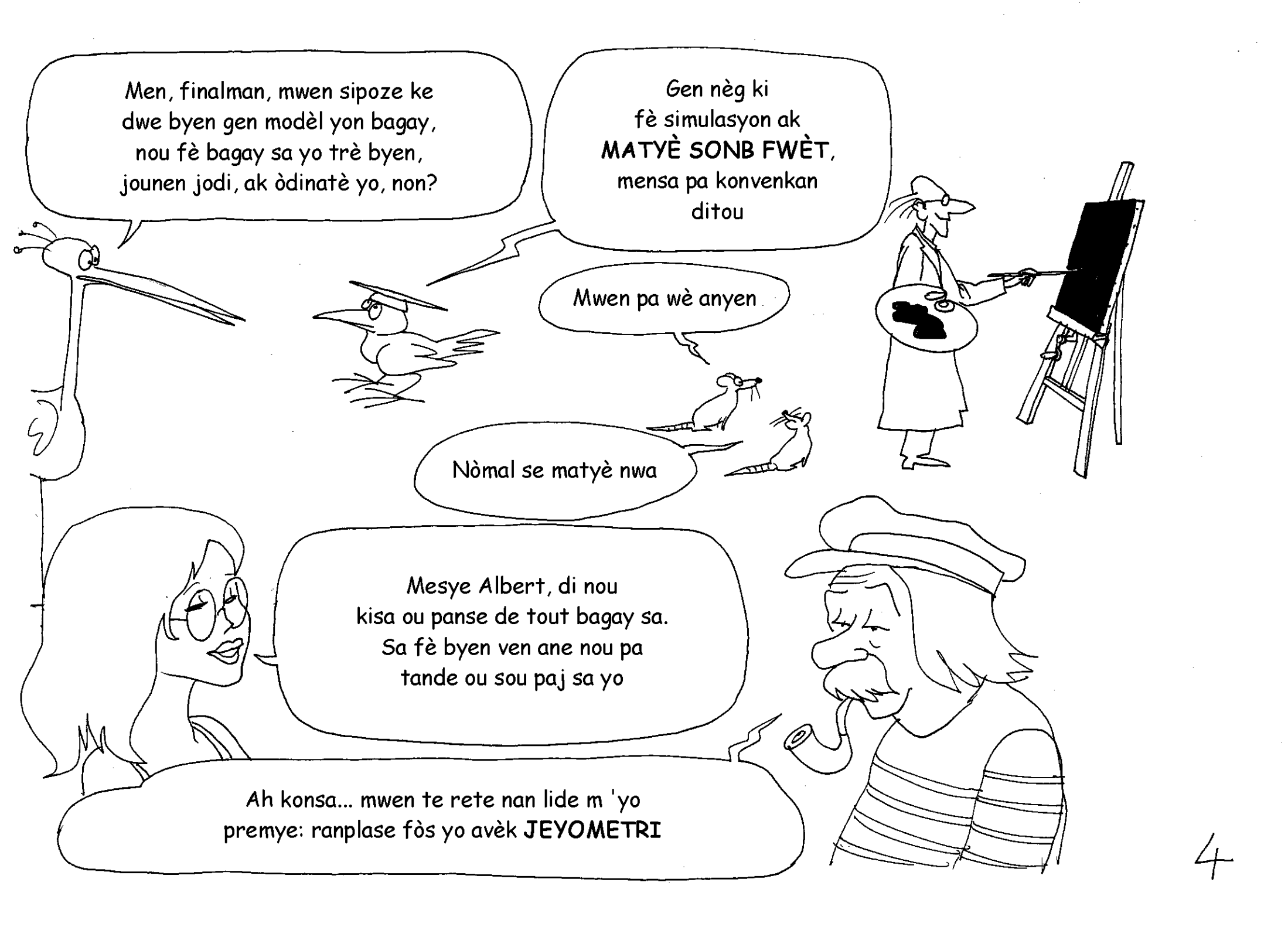


Pandan ane yo, obsèvasyon
yo te vin rafine. Nou konnen jodi a
ke galaksi yo, matyè a, ranje alantou
gwo boul vid ki gen 100 milyon ane
dyamèt limyè

E byen, ou wè,
pwoblèm ou an rezoud:
ekspansyon an fèt nan
"boul" sa yo

Hmmm... alò grap galaksi yo,
konsantrasyon matyè sa yo, ta twouve
nan pwen jonksyon nan twa nap de...
boul sa yo. Men, ki jan estrikti
sa fòme?

Elas, monchè, nou pa gen okenn ide sou sa



Men, finalman, mwen sipoze ke
dwe byen gen modèl yon bagay,
nou fè bagay sa yo trè byen,
jounen jodi, ak òdinatè yo, non?

Gen nèg ki
fè simulasyon ak
MATYÈ SONB FWÈT,
mensa pa konvenkan
ditou

Mwen pa wè anyen.

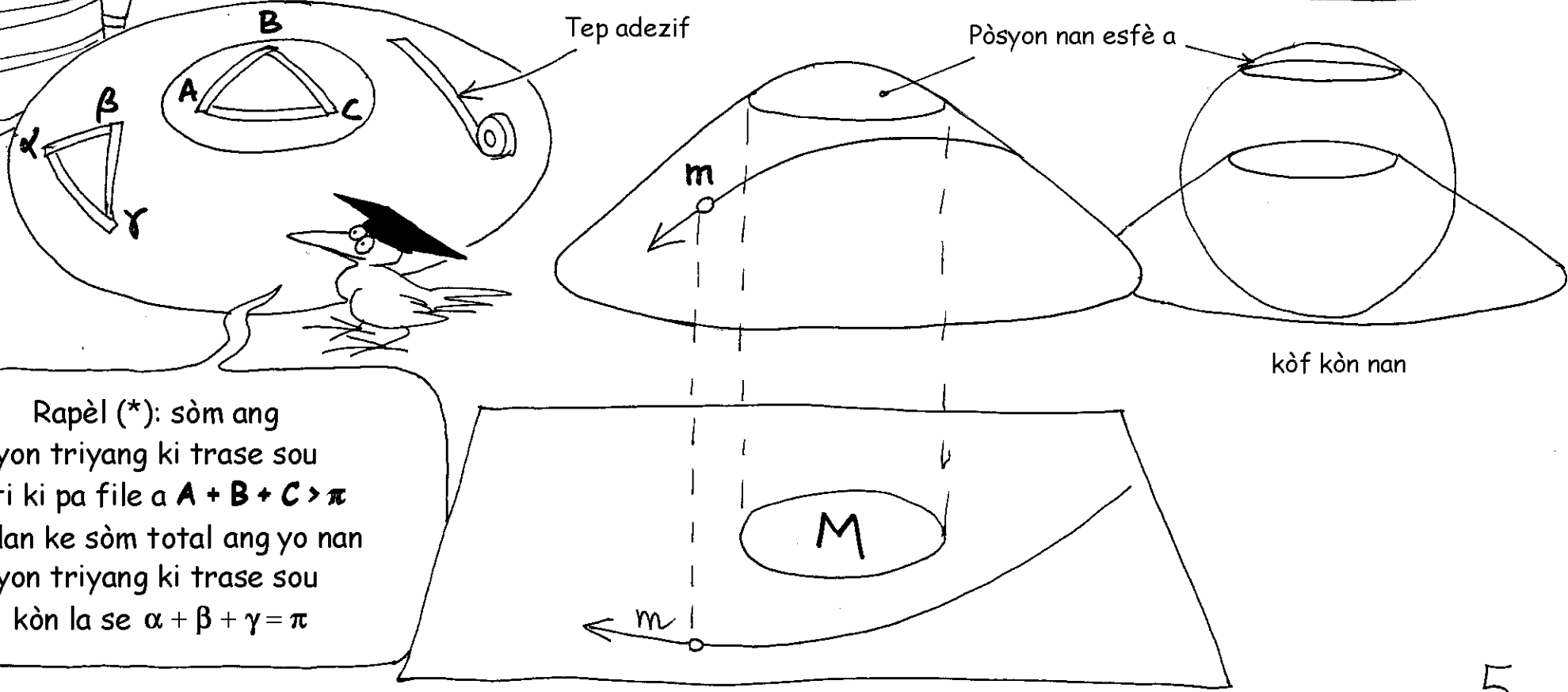
Nòmal se matyè nwa

Mesye Albert, di nou
kisa ou panse de tout bagay sa.
Sa fè byen ven ane nou pa
tande ou sou paj sa yo

Ah konsa... mwen te rete nan lide m 'yo
premye: ranplase fòs yo avèk **JEYOMETRI**



Pran yon objè ki gen mas M , yon etwal, yon planèt, nenpòt bagay.
 Gen yon mas m k'ap sikile tou pre. Trajektwa li vinpliyè pa fòs ki atire li,
 newtonyen, ke mas M nan ap egzèse sou li. Nou ka ranplase, nan 2 dimansyon pa
 yon kòn ki pa file. Avèk tep ou ka ekri sou sifas sa yon **JEYODEZI** ki,
 pwojte sou yon plan ap bay menm trajektwa a. Mas la lè sa se yon
 pòsyon nan espas la (bouchon won) ki gen yon sèten koube.



Rapèl (*): sòm ang
 yon triyang ki trase sou
 pati ki pa file a $A + B + C > \pi$
 Pandan ke sòm total ang yo nan
 yon triyang ki trase sou
 kòn la se $\alpha + \beta + \gamma = \pi$

(*) Gade RÈG EUCLID yo?, TWOU NWA.

Depi **MAS = KOUB**,
nou byen dakò, si linivè a
ENKONPLÈ sa vle di ke li **KOUVRI** avèk
Rejyon nan espas 3D a, ki gen yon koub,
li separe avèk rejyon ki **PA-KOUB**,
plat, eklidyen. Se vre?

Se... hmm... egzakteman sa.
Men li ta trè difisil pou fè rankontre
pòsyon nan espas 3d koub la ak pòsyon
nan espas 3d eklidyen an.

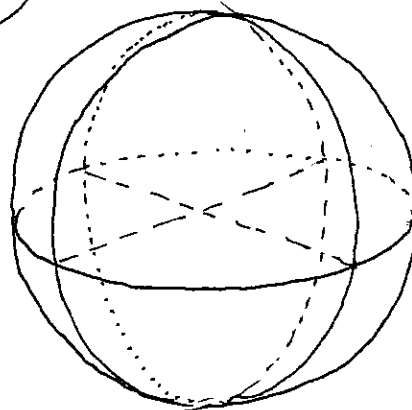
Natirèlman,
men ki koteou vle vini?

ti gason
sa pa janm
sispann...

Wi, men tankou nan imaj
talè a nou ka fè l nan 2d

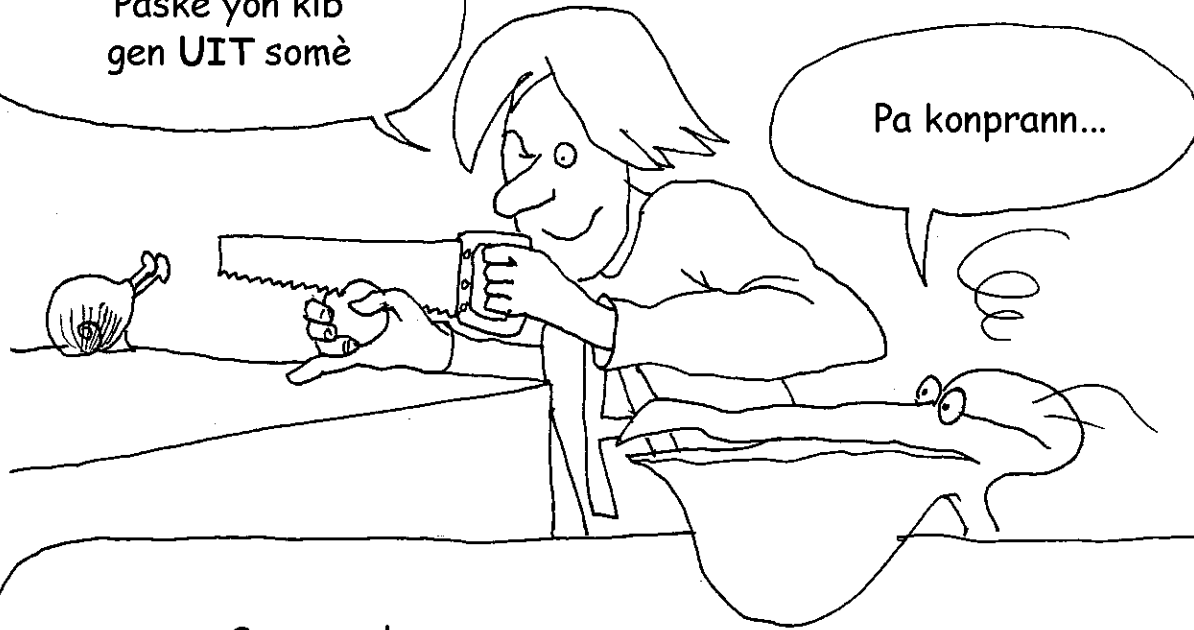
Gade. Mwen pran
boul ping pong

Mwen koupe l an uit



Poukisa uit?

Paske yon kib gen UIT somè



Pa konprann...

Mwen kòmanse konprann sa syantis nou an gen nan tèt li

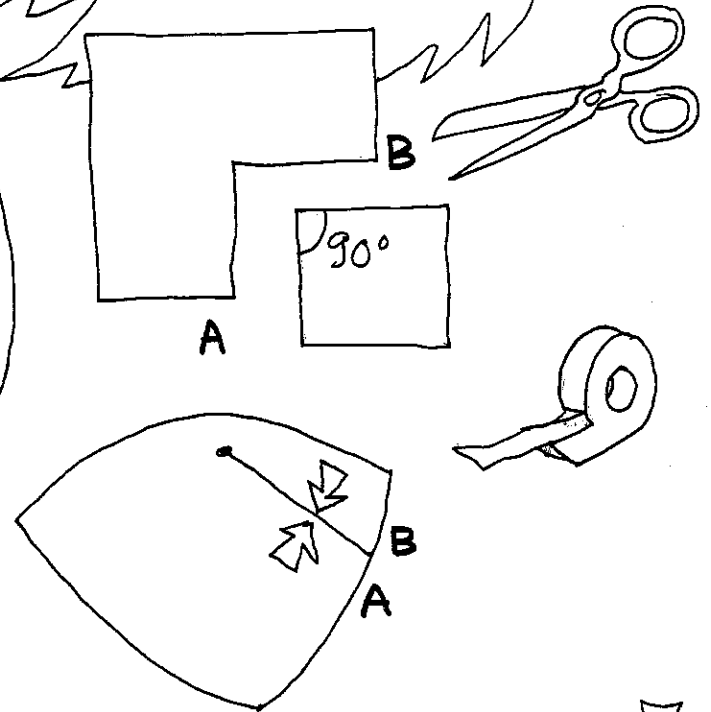


Sa yo se kesyon nan **KOUBI TOTAL** ki te dekri nan **TOPOLOJIKON** an.

Sa ki nan esfè a se 4π . Se poutèt sa nan yon wityèm nan esfè gen yon devyasyon distribye ki se $4\pi/8 = \pi/2 = 90^\circ$. Menm jan ak yon

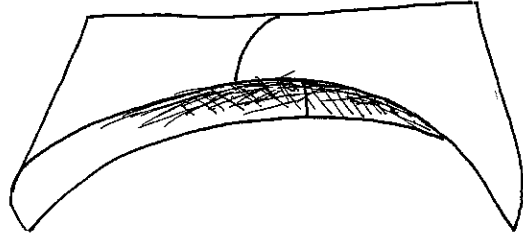
POZIKON bati ak yon koupe nan $\pi/2 = 90^\circ$ ou jwenn yon

PWEN KOUB KONSANTRE

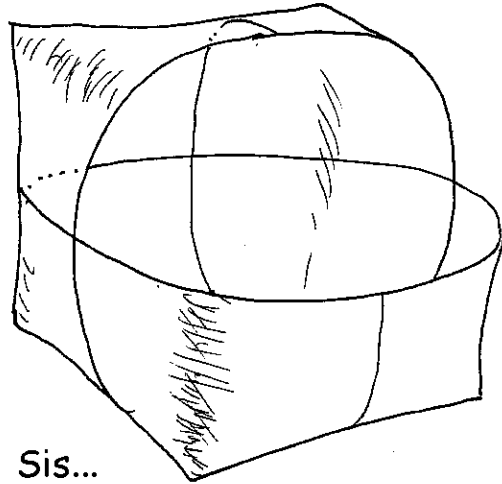
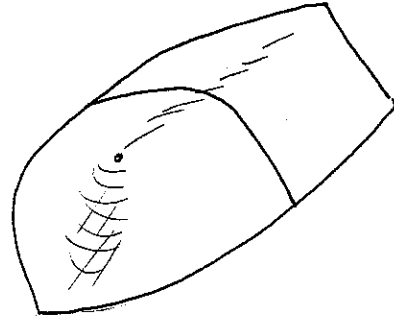


Reli tou **RÈG EUCLID** YO OK ?

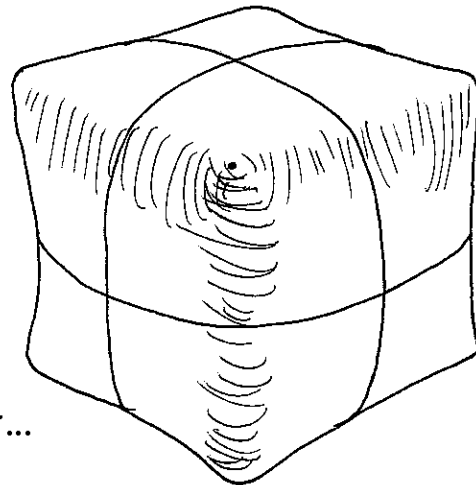
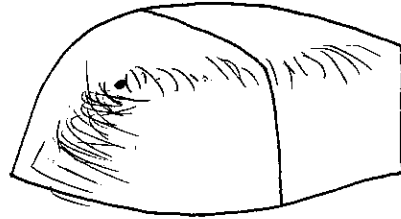
YON KIB SAN BÒ



De POZIKWEN ansanm



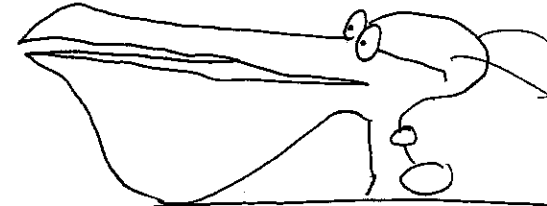
Sis...



Uit...

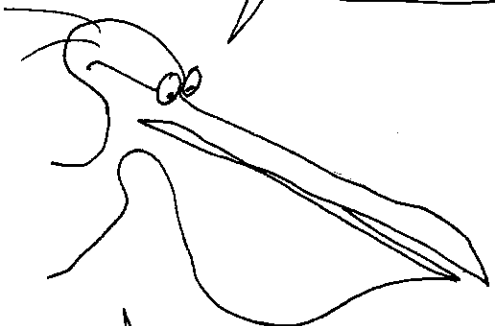


Anselme ka mete
ansanm 8 pwen konik,
pwen ki genyen yon devyasyon
konsantreki vo $\pi/2$

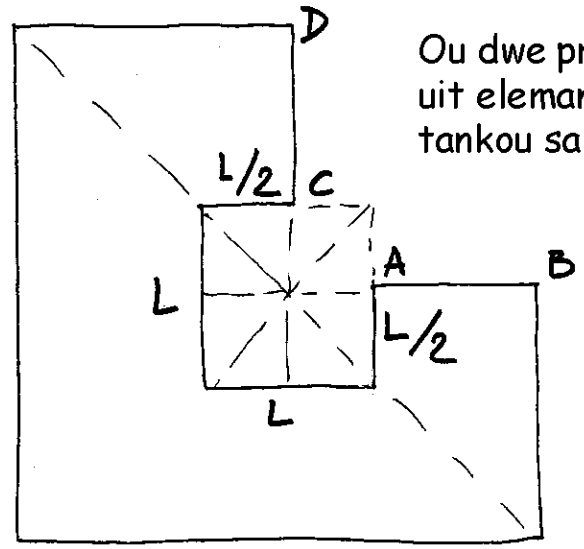


Men, ki kote bò yo ye ?

Li trè bèl.
Men, kisa n'ap fè ak wityèm
bal ping pong yo ?



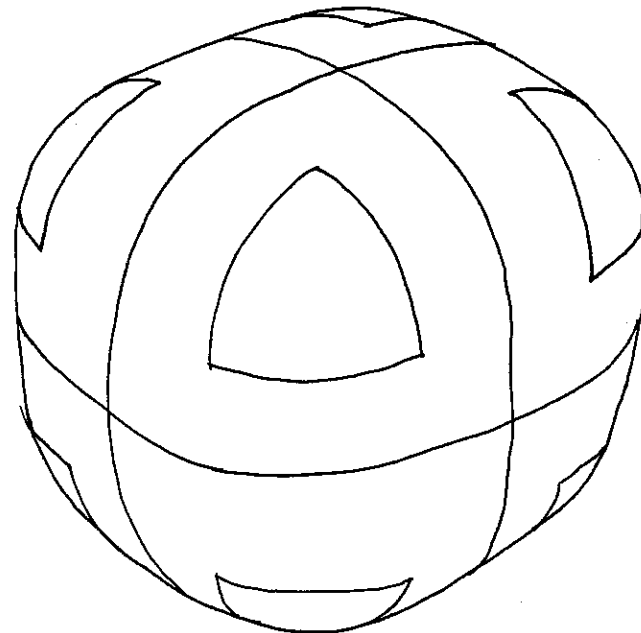
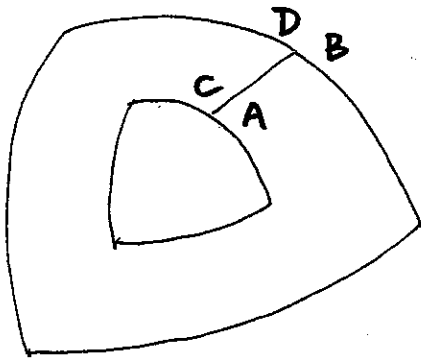
Men non,
mwen konprann.
Ou pral wè



Ou dwe prepare
uit eleman
tankou sa:

Mwen dwe
te manke yon epizòd

Rete sèlman pou adapte kwen sferoidal yo

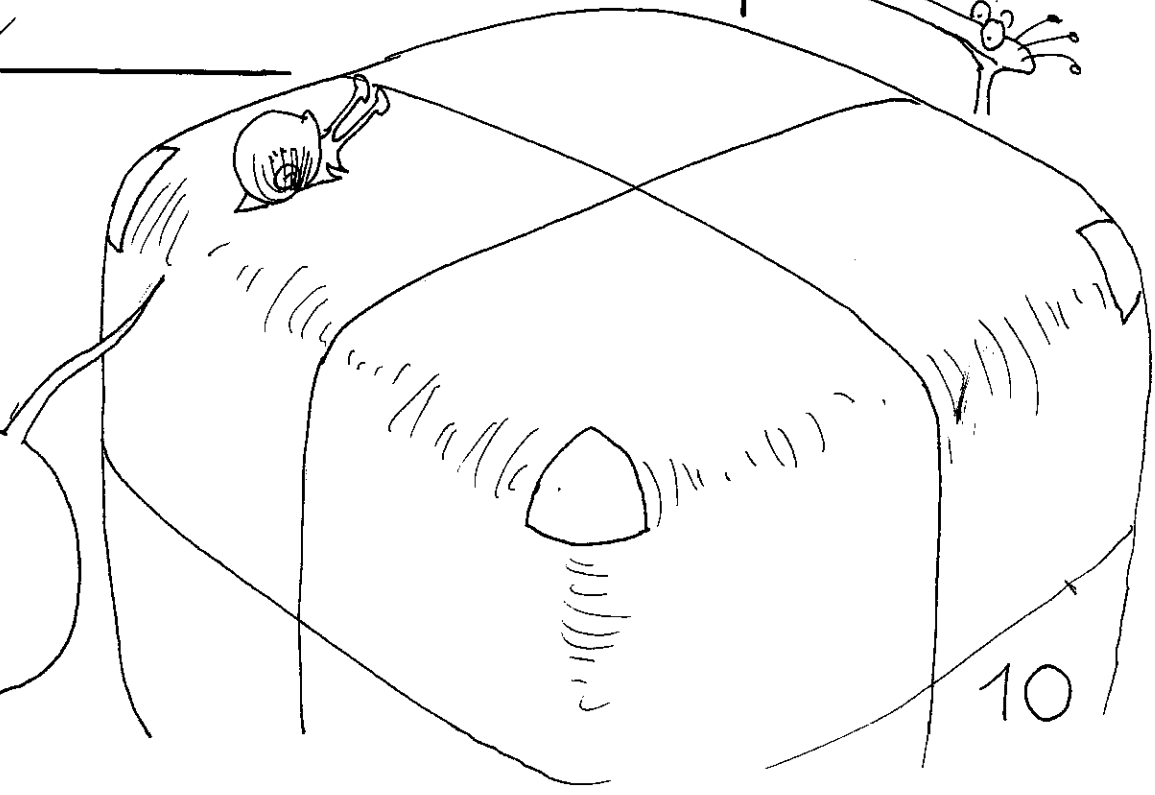
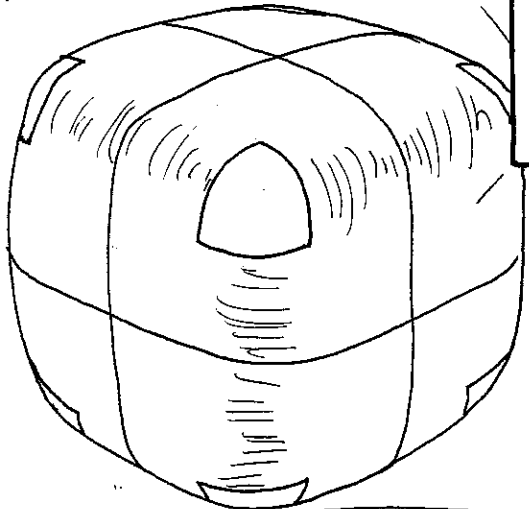
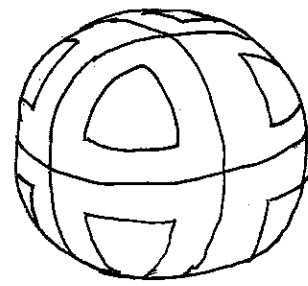
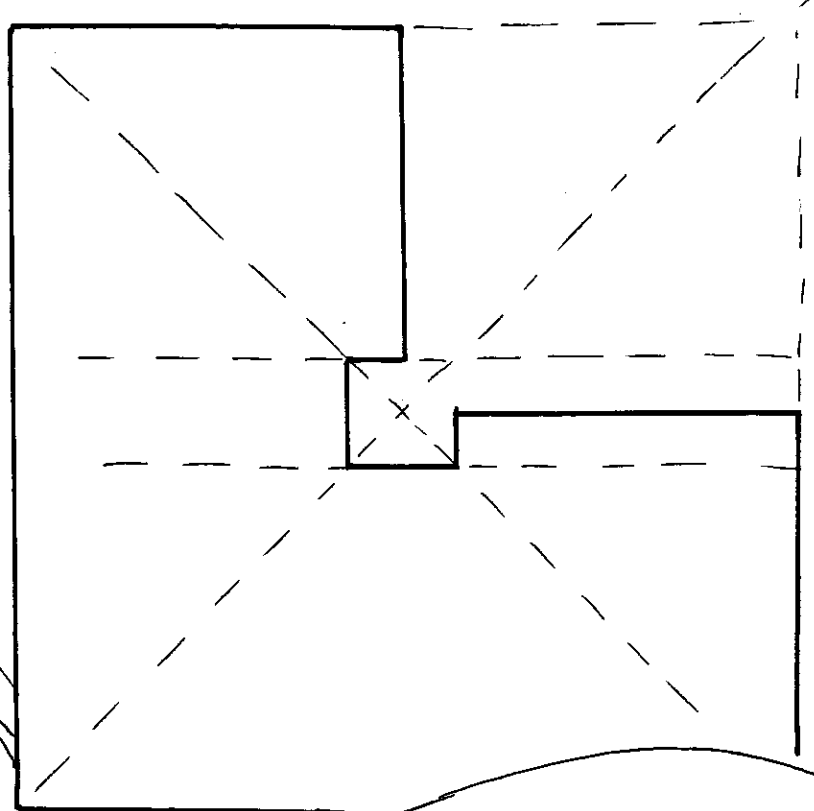
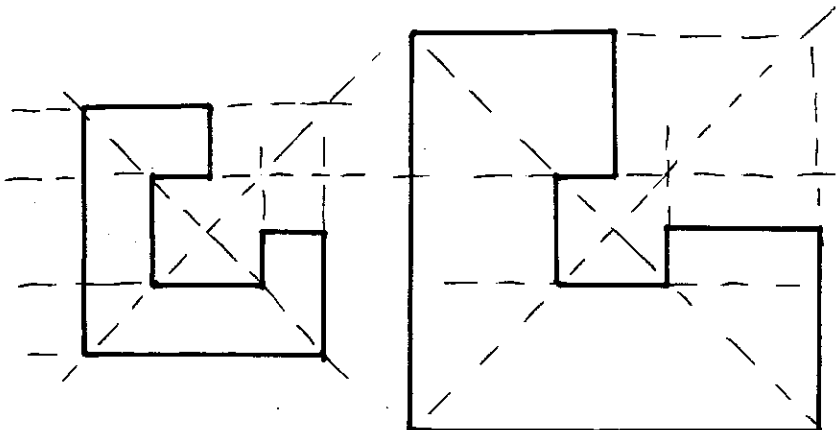


Plan tanjant
yo konekte !!!

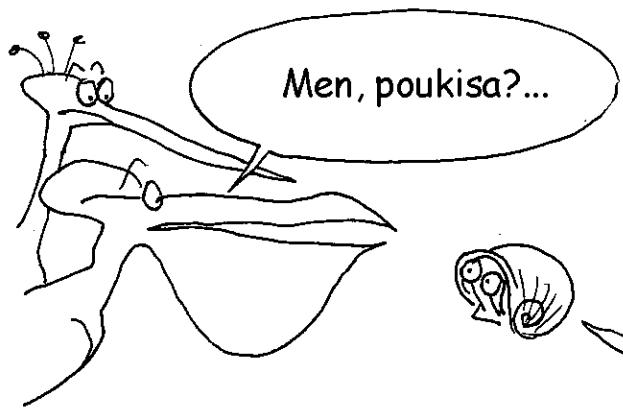


Hmmm... yon kout chans

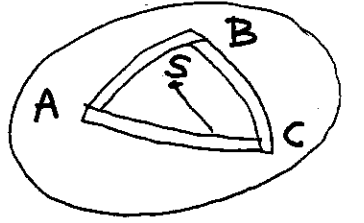
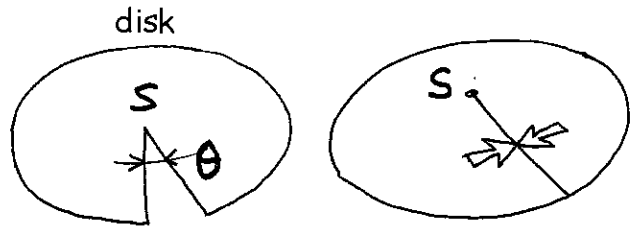
ke kare santral la bay enpresyon
l'ap redwi se sèlman yon ilizyon optik



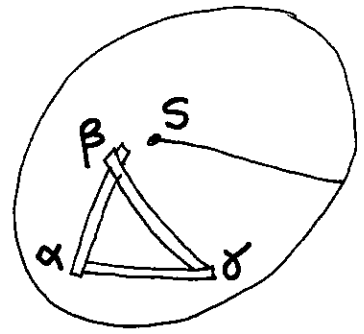
Di, idyo de sèvis yo, an'n sispann
istwa san sans yo. Ta gen kontinwite nan plan
tanjan la kèlkeswa enpòtans relatif la,
nan zòn, uit kwen awondi yo.



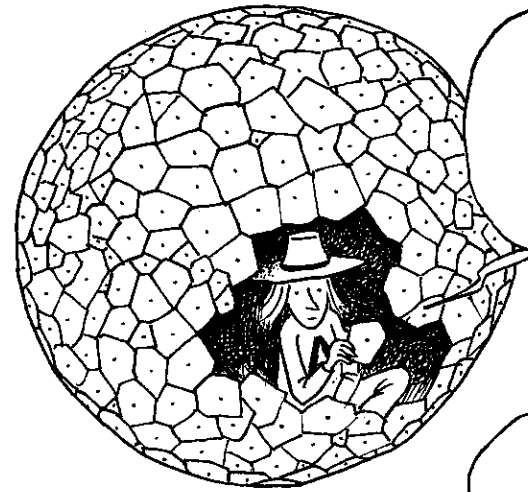
(*) Al reli ti komik yo kote ou te parèt pou trant ane! (TWOU NWA A, paj 8 ak sa ki annapre). Ou kreye yon POZIKON lè'w koupe nan yon ang θ . Si ou trase yon triyang ki gen 3 jeyodezi, pral gen de ka. Swa triyang sa gen somè S sa nan kòn nan, Lè sa a, sòm ang yo pral vo $\pi + \theta$ Swa li pa genyen'l e sòm ang li yo nan somè a lè sa se **SÒM EKLIDYEN AN** ki vo π . Si ou kole ansanm de pozikòn ki koresponn ak dekoupaj θ_1 ak θ_2 sòm kwen nan yon triyang ki gen de somè S_1 ak S_2 ap sòm eklidyen π ogmante pa $\theta_1 + \theta_2$



$$\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = \pi + \theta$$



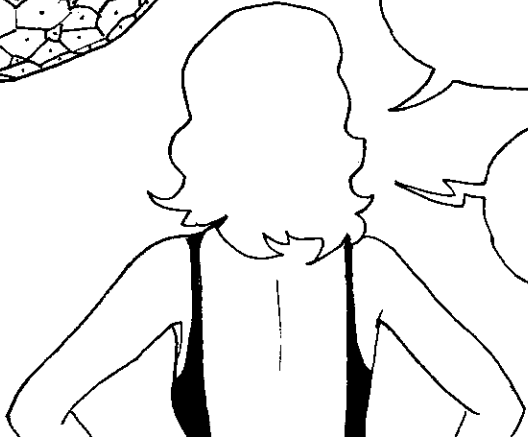
$$\hat{\alpha} + \hat{\beta} + \hat{\gamma} = \pi$$



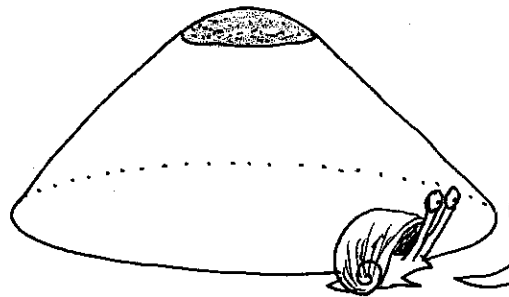
Lè'w rasanble trè regilyèman yon nonb N mikrokòn ki gen ang θ , Mwen note ke lè $N \times \theta = 720^\circ$ Mwen jwenn... yon esfè

Sa se yon bagay nòmal depi **KOUB TOTAL** esfè a se 720°

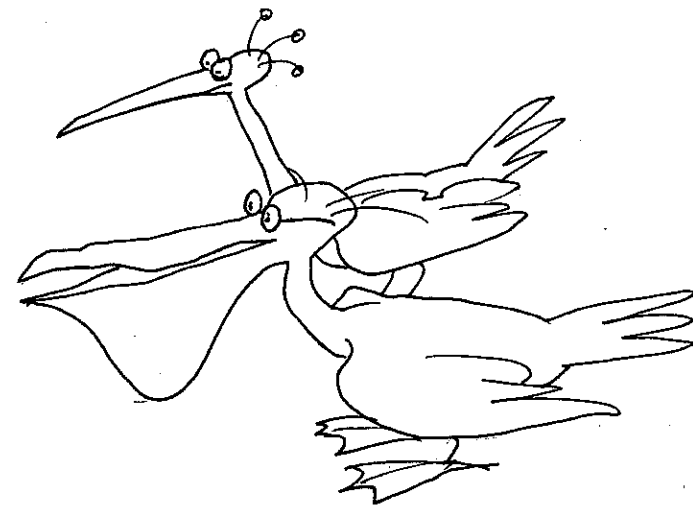
Kounye a, ale deyò, cheri



(*) TWOU NWA A paj 9



Lè'w vle mete yon bagay koub nan eklidyen an, ou dwe jis verifye ke koub yo koresponn. Pa egzanp, sipoze ou te vle fabrike yon kòn ki pa file

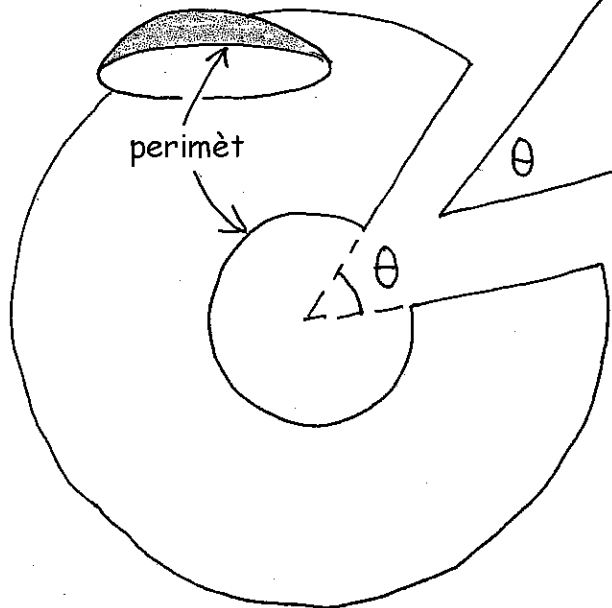


$$S = 4\pi R^2$$

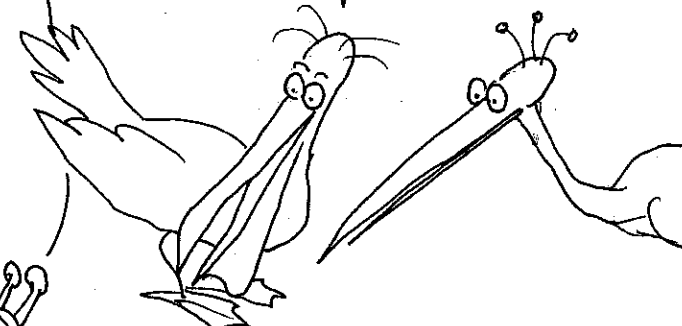
$$720^\circ$$

Kantite koub ki nan kalòt esferik la egal ak :

$$\theta = 720^\circ \times \frac{A}{4\pi R^2}$$



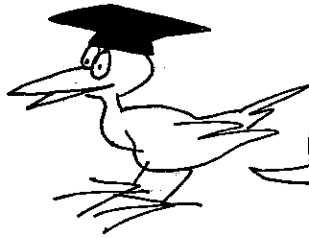
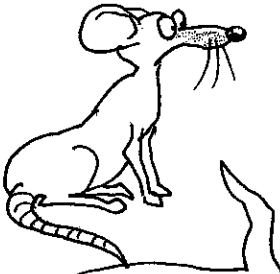
Flan kòn ki pa file a se yon pati nan yon kòn ki koresponn ak yon dekoup nan ang θ sa. Ou dwe jis dekoupe tèt ang sa pou perimèt yo ka ajiste epi tout bagay ok.



e tòk!

MATYÈ, VID...

Bon, si mwen byen konprann, nan Linivè, matyè a twouve'l nan yon bann ti zile, avèk anpil vid nan alantou'l, ou byen nan mitan'l. Men kisa VID la ye?



Pou yon fizisyen vid pafè a, ranpli avèk **ANYEN**, pa ka egziste. Fò Linivè an antye ta nan zero absoli. Vid pafè sa ta enposib pou izole, menm avèk yon bwat ki trè pwès. Li t'ap reyone e "vid" sa ta pral peple avèk foton ki emèt nan pawa a (*)

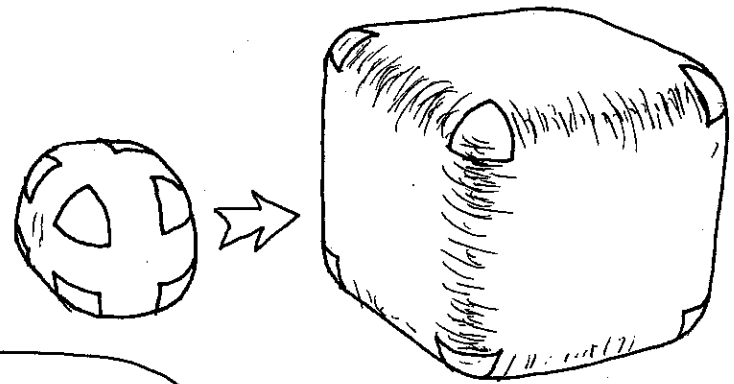
Sa vle di, gran vid sa yo ki ant galaksi yo te ranpli ak foton ki emèt pa... etwal yo?



Fò'w reli **BIG BANG**. Obsèvasyon te revele an 1967 prezans anpil foton nan tout linivè a (yon milya fwa pi plis ke patikil matyè yo, ki fòme **FON REYONMAN KOSMOLOJIK AK 3°K**. A touch-touch se foton sa yo ki fòme sa nou rele "vid kosmik" la e se yo menm ki peple boul sa yo ki gen 100 milyon ane-limyè nan dyamèt

(*) Lè li koresponn ak $h\nu = hc/\lambda = kT$ kote T se tanperati absoli pawa, c nan vitès limyè a, h konstan Planck la ak k konstan Boltzmann nan

Pou rezime, imaj Anselme pwopoze a, ki se yon kib avèk kwen awondi yo, nan sifas konstan, ki fòme ak wityèm nan esfè yo, ki rejwenn pa yon sifas ekstansib, yon "vid", ki fòme ak "foton jwentif" pa twò move



Men foton yo, sa bouje!
Mwen pa konprann imaj sa nan yon "twal foton jwentif"

Ou gen rezon. Vag yo, yo menm tou, y'ap bouje. Fò'w imagine pito yon sòt de "KLAPO" ki pa janm sispann ajite pa vag yo ke longè ond yo ta egal ak senk milimèt (*)

Donk, si "KLAPO" sa elaji, sa vle di gen nouvo vag k'ap parèt

Non, sa yo se "vag yo" ki elaji. longè ond λ foton "kosmolojik" sa yo ogmante tankou dimansyon R Linivè a

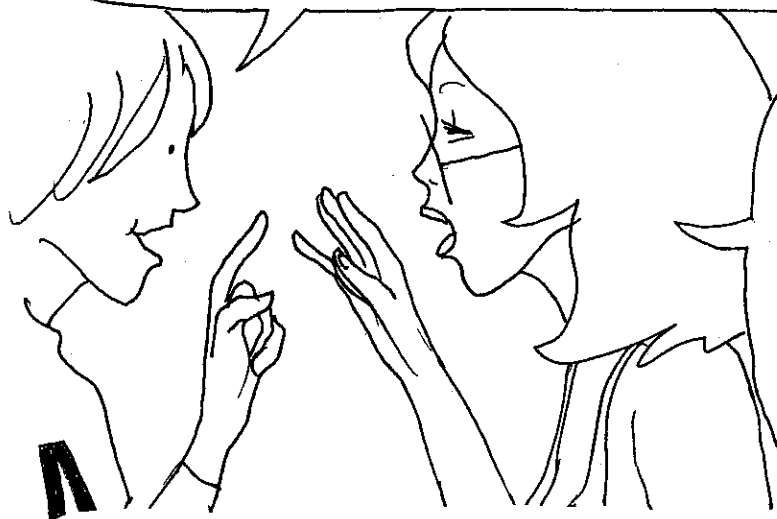
(*)

$$\lambda = \frac{hc}{kT}; h = 6,63 \cdot 10^{-34}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}; k = 1,38 \cdot 10^{-23}$$

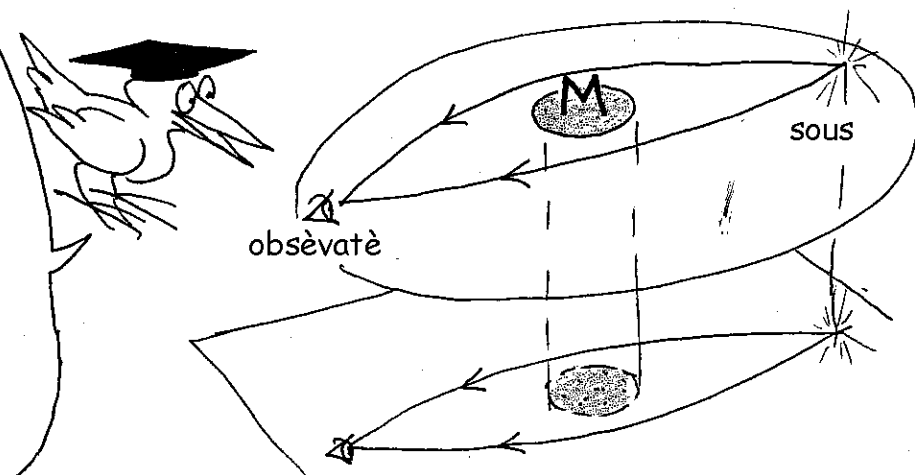
$$T = 3^\circ \text{K} \Rightarrow \lambda = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Sophie, enèji ki genyen nan linivè a se sòm enèji ki nan patikil ki gen mas m yo, ki se mc^2 , ki pa varye si m ak c se konstan. Ak enèji $h\nu = hc/\lambda$ nan foton kosmolojik. Si nonb yo pa varye pandan ke longè ond λ yo ogmante tankou **DIMANSYON KARAKTERISTIK R** linivè a sa vle di ke enèji yo diminye. Se konsa, **KOSMOS L' AP PÈDI ENÈJI**



Pa imagine ke tout bagay senp epi tout moun byen konprann. **MODÈL KOSMOLOJIK** la se yon senp **OBJÈ JEYOMETRIK**, solisyon **EKWASYON EINSTEIN** nanki paka jere egzistans patikil yo ki se yon pati nan **MEKANIK KWANTIK** la. Pandan ou konnen ke maryaj la pa konsome

Sa vle di, nou pran yon **IPÈSIFAS 4d** epi nou mete ladan kèk patikil pandan nou sipoze ke y'ap swiv jeyodezik yo. **IPO TÈZ** sa pèmèt yo fè **PREDIKSYON**. Pou foton yo: Devyasyon yo pa yon mas pa efè **LANTIY GRAVITASYONÈL**, sa ki te rive mete an evidans an 1915 nan okazyon yon eklips total Solèy la pa Lalin nan

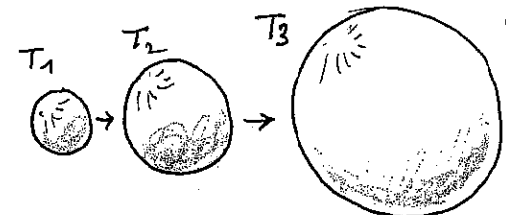


Efè **MIRAJ GRAVITASYONÈL** la

MODÈL KOSMOLOJIK

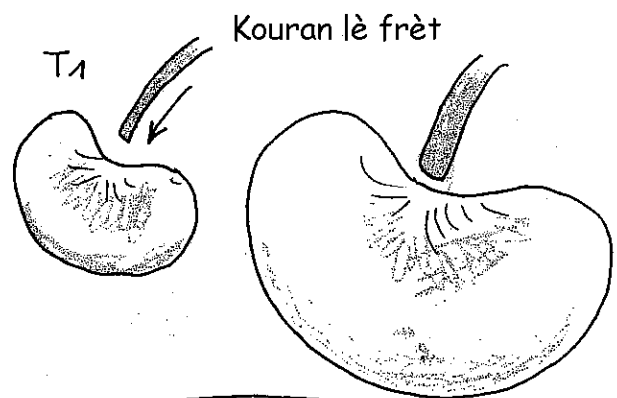
Yon **MODÈL KOSMOLOJIK** se yon solisyon nan yon ekwasyon nan chan tankou ekwasyon **EINSTEIN** nan $S \Leftarrow \chi T$ ki ta dwe li "nan direksyon flèch la".
T reprezante **KONTNI AN ENÈJI-MATYÈ** linivè a ki **DETÈMINE JEYOMETRI** a nan yon **IPÈSIFAS** ki gen kat dimansyon, ki pral **ESPAS-TAN AN**. Ann montre ki jan distribisyon enèji nan yon objè ka detèmine jeyometri li.
Konsidere yon chanm ki gen fòm yon esfè nan tanperati òdinè. Ann aranje'n pou nou chofe'l nan yon fason ki pa inifòm, pa egzanp lè nou mete li nan yon atmosfè gaz de pli zan pli cho, men pandan n'ap refwadi yon pati avèk yon jè lè frèt. Objè a pral elaji epi fòm li, jeyometri li pral depann de valè tanperati a nan nenpòt ki pwen nan chanm metalik sa.

Direksyon an.

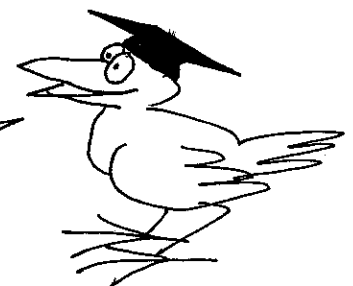


Yon esfè vid, an metal, ki plase nan yon atmosfè gaz nan tanperati k'ap

ogmante pral elaji pandan l'ap konsève **SIMETRI ESFERIK** li. Men, si pa egzanp nou kontrarye lokalman ekspansyon li ak yon jè lè frèt li pral sanble ak yon pistach:



Nou pral ka pale sou **CHAN TANPERATI**



Anselme bati yon modèl jeyometrik 2d nan yon linivè ki pa omojèn, ak rejyon ki pa elaji, ki antoure pa yon bann gwo vid k'ap agrandi. Sa se youn nan aspè kle nan kòsmòs la jan nou konnen li jodi an. Anvan, kosmolojis yo te reprezante linivè a tankou yon jan de gaz, inifòm, ke "molekil" yo se te galaksi yo (*). Modèl sa te dire. Sepandan pèsonn, kounye a, pa kapab bati yon solisyon nan ekwasyon Einstein la ki pa gen simetri nan esfè S^3 a. Nou se poutèt sa, eseye dekri yon fondamantalman omojèn, mond enkonplè pa envoke parfe "lis", omojèn solisyon yo.

Sa te di, lè nou ekstrè soti nan yon ekwasyon jaden tankou Einstein a, nan fòm lan nan yon ipèrsurface kat dimansyon, ki sa nou fè? Li rete pou **MAPPER** a, mete yon sistèm kowòdone (x, y, z, t) sou li, twa premye a refere li a pozisyon nan yon pwen sou ipèrsas la ak katrityèm lan ke yo te sipoze reprezante tan. Lè sa a se kote **GEOMETRY** pase baton a bay doktè a.

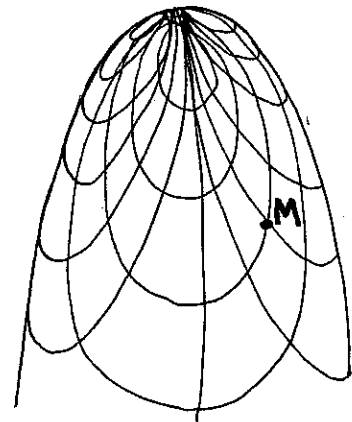
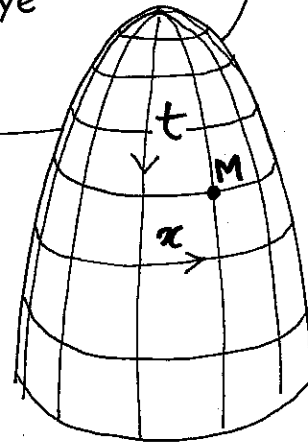
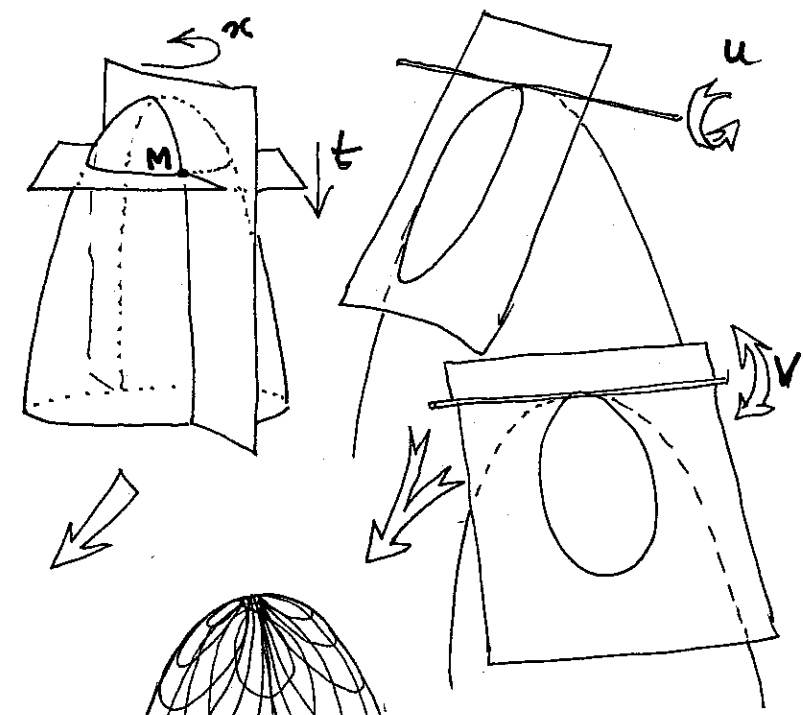
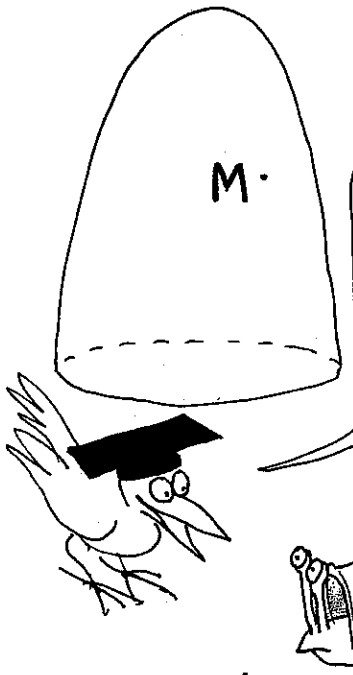


Mwen sensèman regrèt pou ou, men kòsmòs sa se yon vrè fwomaj Swis. Pou modèl omojèn ou a an "pousyè gaz" li pral nesesè pou revize sa.

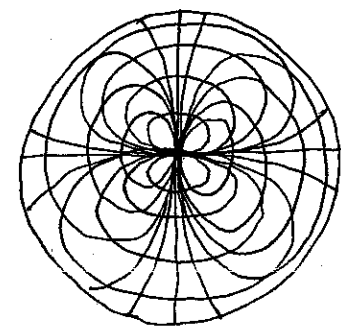
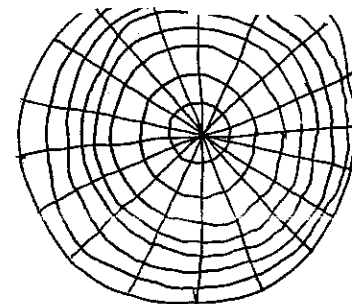
(*) Yon "linivè plen pousyè", paske vitès ajitasyon nan galaksi yo te piti devan c .

KATOGRAFYE

An nou konsidere yon sifas nan fòm yon paraboloyid, yon "gato bè".
 Nou ka jwenn pozisyon yon pwen M gras avèk de nimewo, ke nou pral rele **KOWÒDONE**.
 Men pou yon menm sifas gen yon enfinite nan chwa nan **SISTÈM KOWODONE** posib.
 Nou ka pa egzantp koupe li pa de fanmi plan, pandan seksyon yo konstitye de fanmi koub.



Wè dapre aks la



Si gato bè sa sipoze reprezante imaj yon espas-tan 2d lè sa a, dwe toujou egziste yon chwa patikilye nan kowòdone ki defini san konfizyon **ESPAS AK TAN AN?**

DESINE YON MOUTON POU MWEN (*)

Youn nan pi gwo chanjman paradigm nan kòmansman syèk sa se te pou konsidere ke nou pa t'ap viv nan yon **ESPAS 3d** men nan yon **IPÈSIFAS 4d**. Nan menm epòk la gen ekwasyon ki vin konplete sa yo ke nou te deja genyen, tankou ekwasyon Maxwell yo, nan elèktromayetik. Te gen **NOUVO FENOMÈN** ki te pote yon nouvo lo **OBSÈVAB**, tankou chaj elektrik. **FIZISYEN** an te akeri yon "bwat zouti" ki gen ladan yon seri ekwasyon entèdepandan ki te gen "konstan" ladan.

G : konstan gravitasyonèl

c : vitès limyè

m : mas elemantè (nikleyon, elektwon)

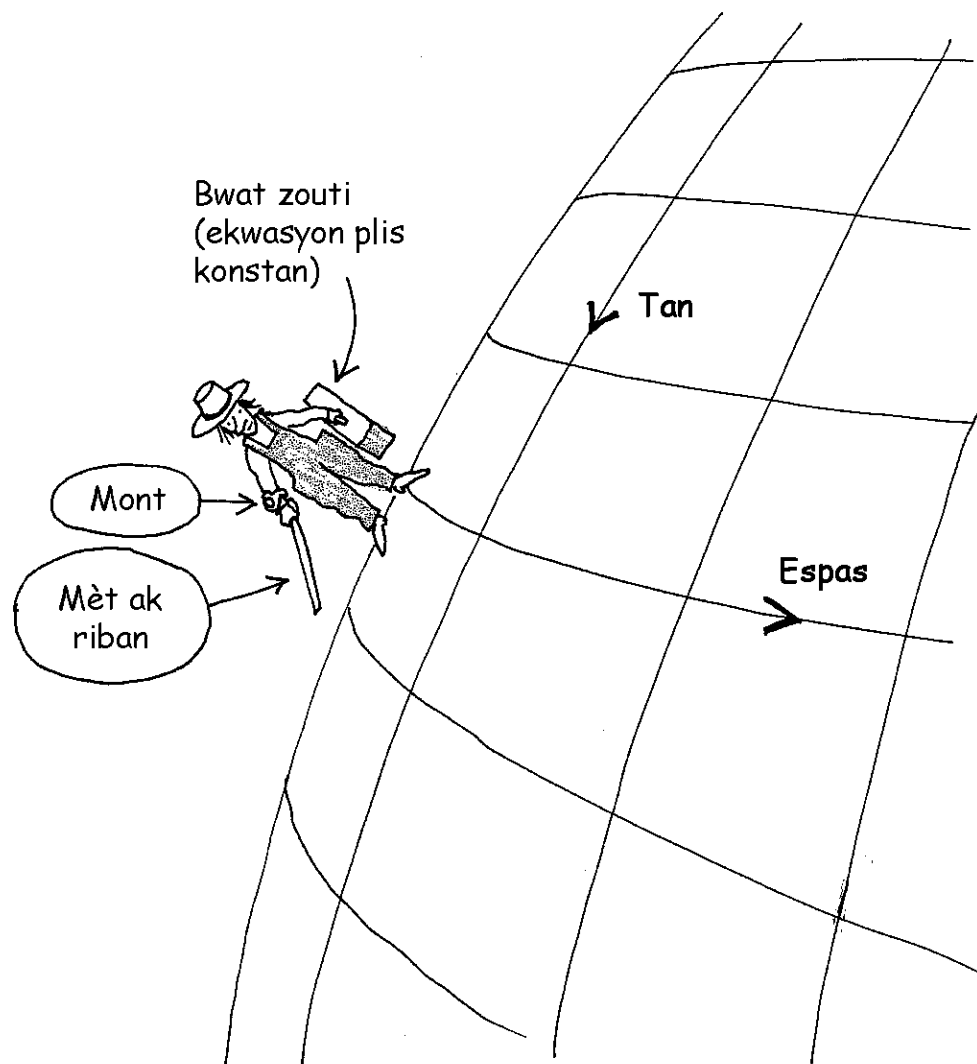
h : konstan Planck la

e : chaj elektrik elemantè

μ_0 : "pèmeyabilite mayetik vid la"

α : konstan estrikti fin (jeyometri atòm)

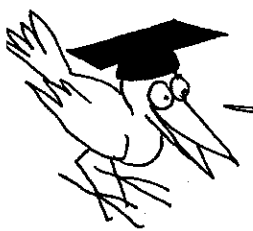
Nou dekouvri ke te gen menm atòm yo toupatou nan linivè a, ke li t'ap evolye, ke te gen yon pase ak yon avni e ke nou t'ap viv nan yon pòsyon tou piti nan espas-tan.



(*) Yon fraz ke lektè **PETIT PRINCE** yo, tradwi nan plizyè lang, konprann trè byen.

Nou te dekouvri ke **REYÒNMAN** ak **MATYÈ** te sèlman de manifestasyon menm antite a, **ENÈJI-MATYÈ**, dapre selèb ekilib la $E = mc^2$ e nou prese verifye li eksperimantalman nan anpil bèl eksperyans ki fèt deyò.

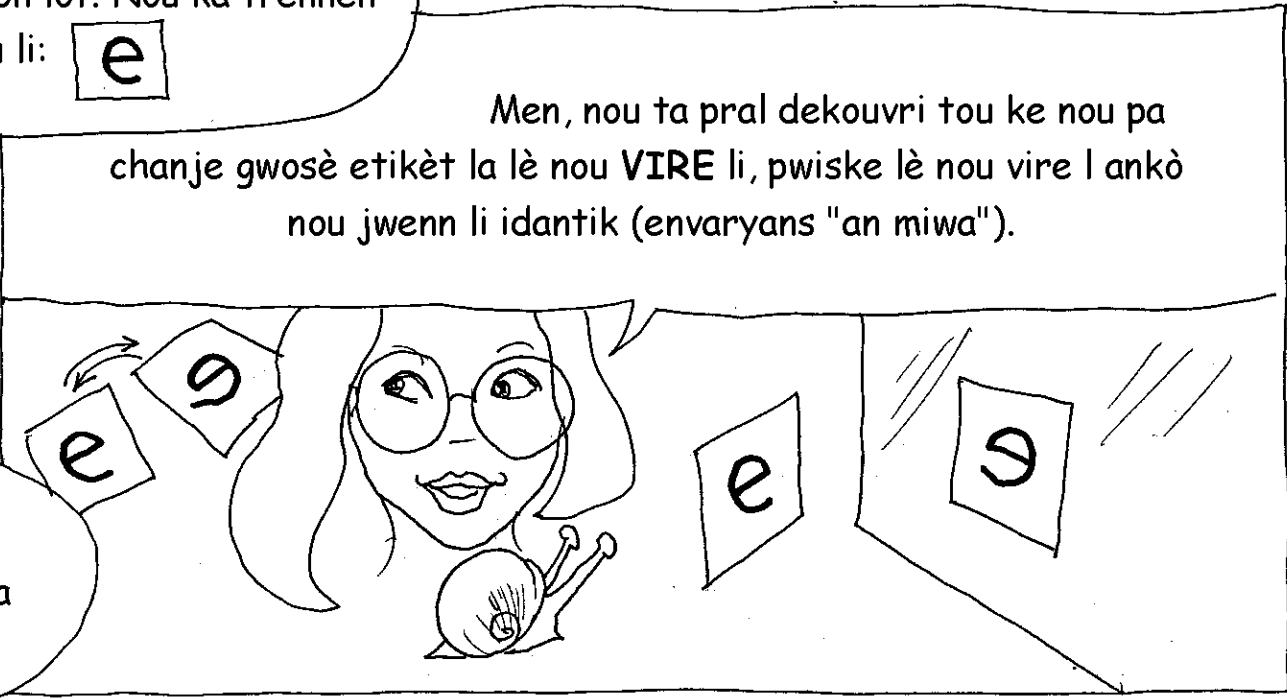
Li te rete pou etidye **LOKALMAN**, pwopriyete yo nan ipèsifas-abita nou an.



Imagine ke nou t'ap viv sou yon sifas ki gen koub ki varye yon ti kras soti nan yon pwen pou rive nan yon lòt. Nou ka trennen yon etikèt sou li: **e**



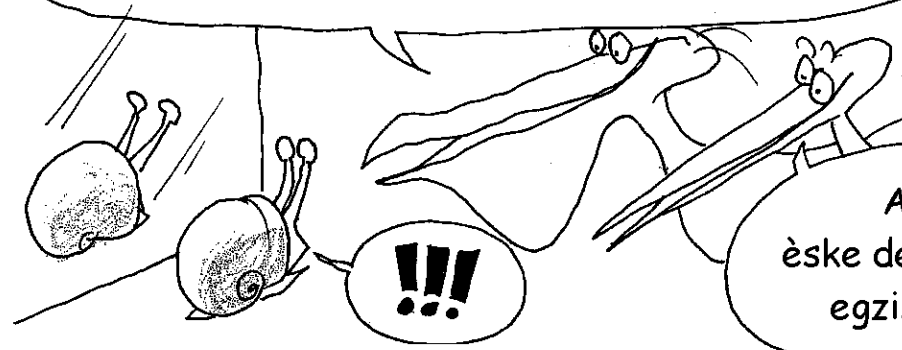
Nou ta pral wè lè sa ke etikèt la **ENVARYAN** si nou vire'l oswa deplase'l (yon ti kras, pa twòp) (*).



Men, nou ta pral dekouvri tou ke nou pa chanje gwozè etikèt la lè nou **VIRE** li, pwiske lè nou vire l ankò nou jwenn li idantik (envaryans "an miwa").

(*) Nou pral di ke espas sa lokalman envaryan pa **GWROUP** de **WOTASYON** ak **TRADIKSYON**.

Monchè Tiresias, èske ou konnen ke kokiyo ou a pa idantik ak imaj li nan miwa? Èske w se yon kalmason "dwat" oswa "gòch"?



Anplis de sa, èske de popilasyon sa yo egziste nan lanati?

Nou te di ke nan ti komik sa yo nou pa fè politik!

Simetri sa raple dekouvèt **DYALITE MATYÈ-ANTIMATYÈ (*)** ki an patikilye ranvèse chaj elektrik la:

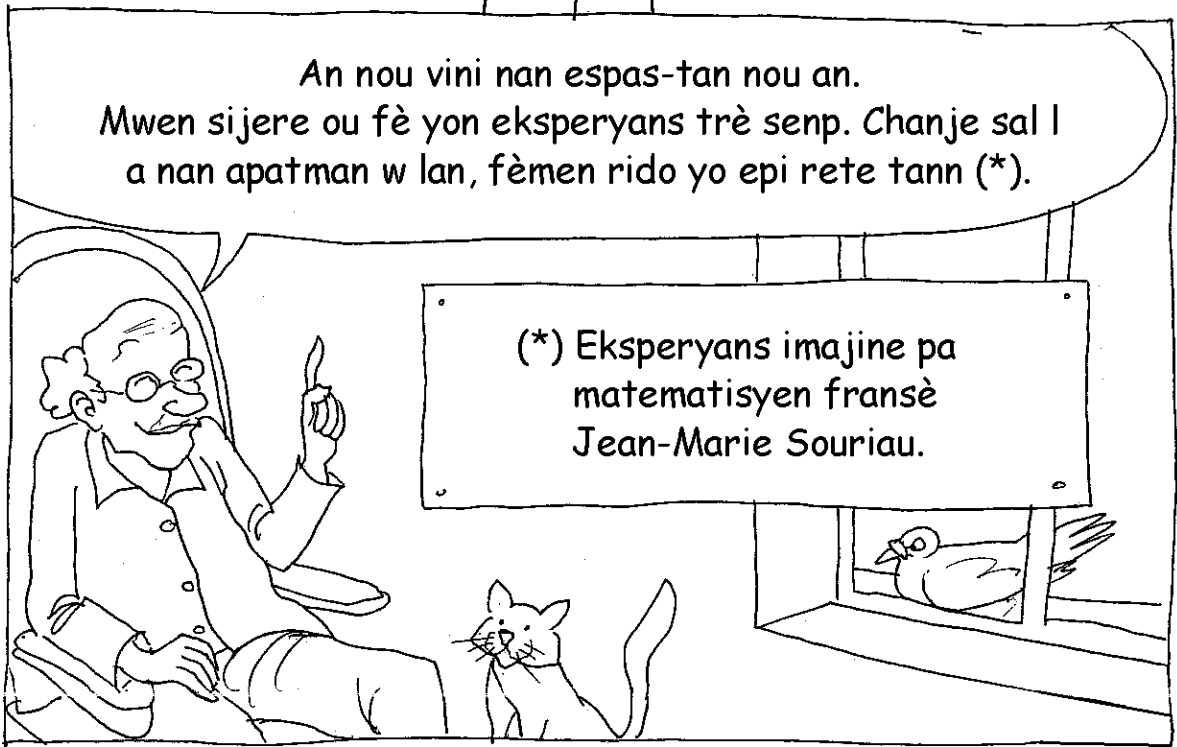
$$\theta = -e$$

Lefèt ke gwosè karaktè a pa chanje montre lefèt ke mas yon patikil antimatiyè se menm bagay ak sa ki nan patikil ke li konstitiyè simetrik la.

$$m = m$$



Tout patikil: netwon, mezon, kwark, elatriye gen antipatikil yo, eksepte **FOTON** ki se pwòp antipatikil li.



An nou vini nan espas-tan nou an. Mwen sijere ou fè yon eksperyans trè senp. Chanje sal l a nan apatman w lan, fèmen rido yo epi rete tann (*).

(*) Eksperyans imajine pa matematisyen franse Jean-Marie Souriau.

Li pa pase **ANYEN**.

Sa se mouvman nan "etikèt la" ke nou deplase, men nan 4d.

E sou bò **WOTASYON** nan espas 4d sa?

Nou envaryan pa translasyon spasyo-tanporèl.

Gen ekivalan an, men li enposib pou reprezante paske "4d etikèt yo" envaryan pa wotasyon nan yon ang **IMAJINÈ** ki konstitye **GWOUPE LORENTZ** la (*).

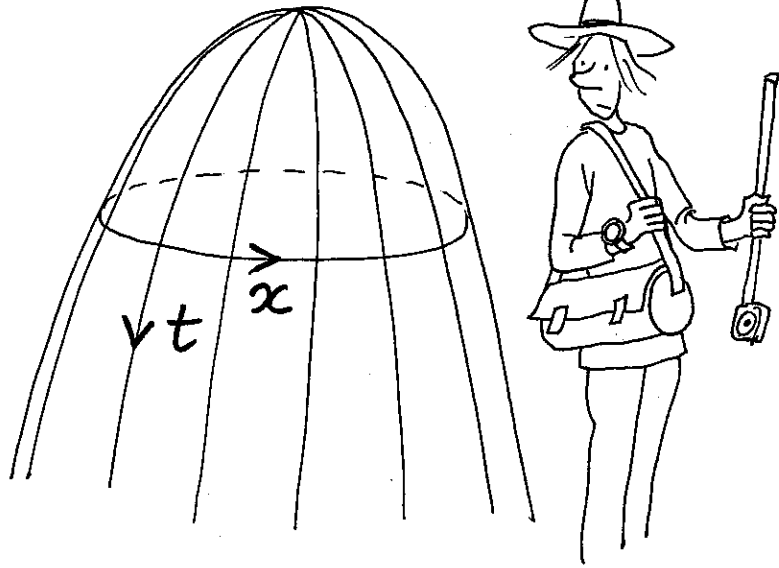
Reyalite a rete ke bwat zouti **FIZISYEN** an te sanble travay byen nan ti kwen espas-tan nou an (si nou eksepte aspè astrofizik yo ke nou manyen nan albòm **LINIVÈ MARASA A**), tantasyon an lè sa te trè gwo pou konsidere ke eleman yo nan bwat zouti sa ta ka invèsèl, an patikilye ke konstan yo ki te parèt nan ekwasyon yo te kapab **KONSTAN ABSOLI**.



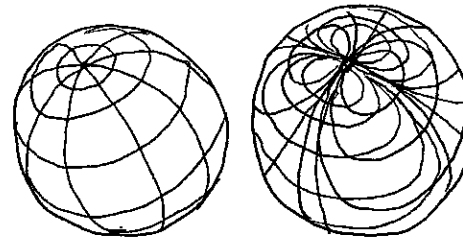
G c h m
e a Mo

(*) Pwopriyete sa nan "envaryans pa wotasyon Lorentzyen yo" pou kont li rezime tout aspè tèlman dekourajan nan teyori **RELATIVITE LIMITE** a.

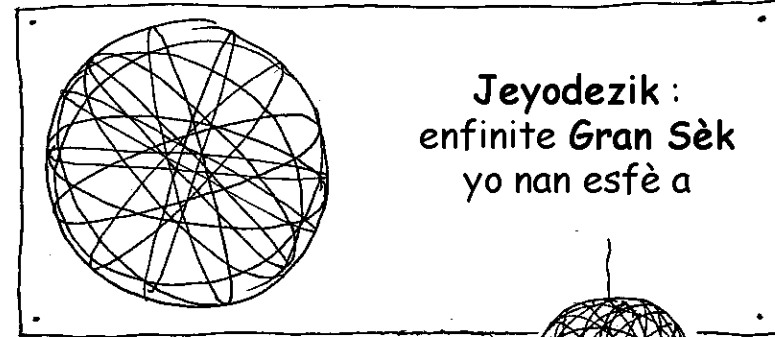
BIG BANG



Nan ipèsifas ki konstitye solisyon ekwasyon EINSTEIN la, gen koub patikilye ki rete menm jan kèlkeswa sistèm kowòdone ki chwazi a, sa yo se **JEYODEZIK** li yo. Menm jan an tou, enfinite jeyodezik ki enskri sou yon esfè, endepandan de sistèm kowòdone ki sèvi pou jwenn yo sou sifas la.

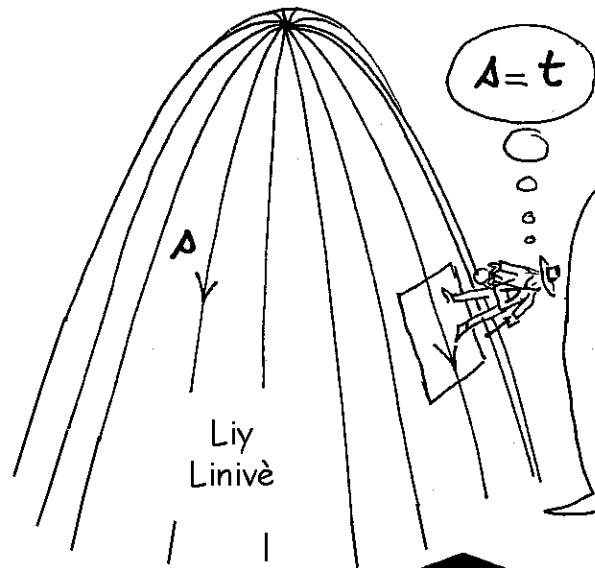


Ansanm nan kowòdone yo

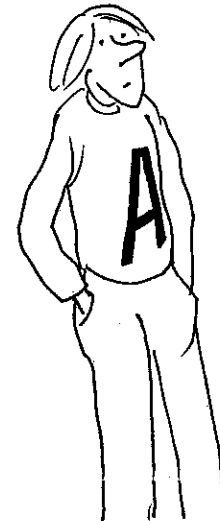


Jeyodezik :
enfinite **Gran Sèk**
yo nan esfè a

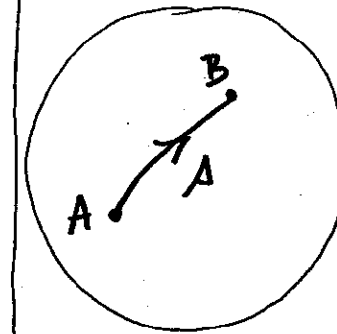
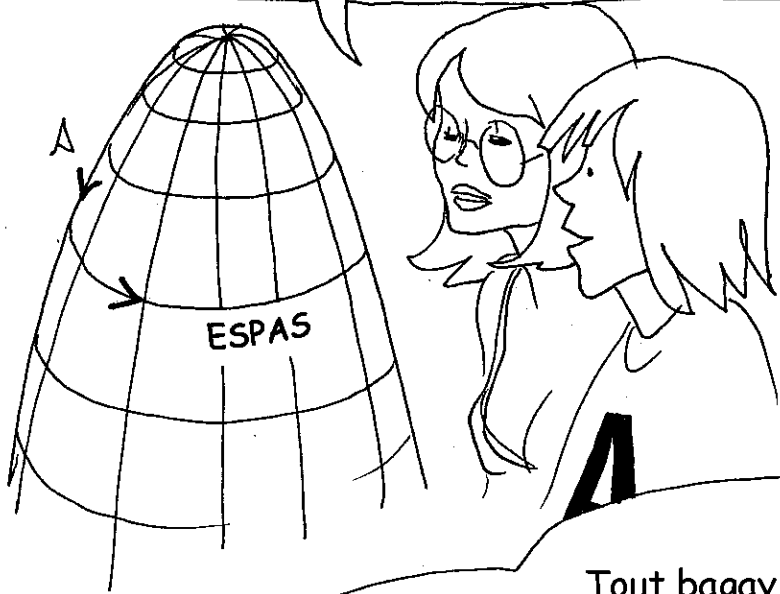
Chandelye konpoze pa jeyodezik yo



Nan ipèsifas la nou chwazi yon fanmi nan jeyodezik yo, k'ap konvèje vè yon pwen. Nou te deside idantifye absis koub s la, mezire nan koub li yo, rebatize **LIY LINIVÈ** ta dwe idantifye ak yon **TAN KOSMIK t**.

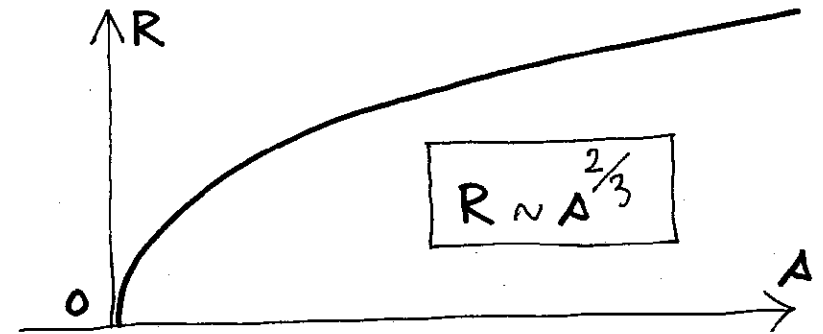


Pèpandikilè ak liy sa yo, yo te jwenn, konstitye pa pwen ki sitiye nan menm EPÒK s la, yon ipèsifas ki genyen twa dimansyon ke nou te idantifye ak espas FIZIK la. Imaj 2d akote a.



Grandè s la gen yon **KARAKTÈ ENTRENSÈK**. Sou nenpòt ki trajè AB trase sou esfè a, distans ki pakouri a se s.

Modèl kosmolojik la ke yo rele tou **MODÈL ESTANDA** se yon solisyon.



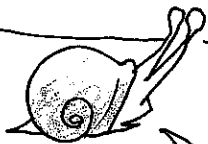
Tout bagay sa avèk ansanm konplè ekwasyon peple avèk grandè $G, c, m, e, \alpha, \mu_0$. Konsidere kòm **KONSTAN ABSOLI**. Idantifikasyon s ak tan an lè sa t'ap mache trè byen. Lide sa te bay nesans lè sa ak modèl **BIG BANG** la.



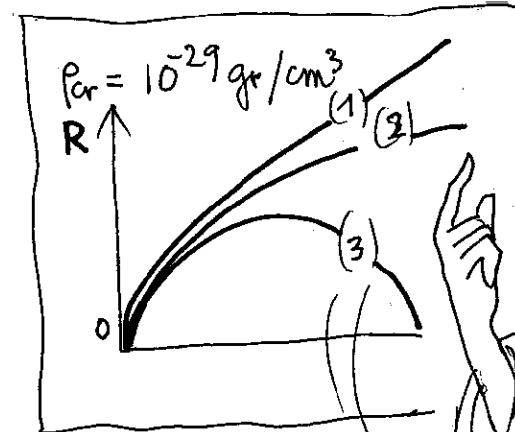
E alò?

(* Se chwa sa yo te rele tou "KOWODONE GOSYEN".

Modèl Estanda sa te gen gran jou de glwa li yo, mizisyen li yo, gran prèt li yo. Nou te menm kalkile ke deveni lwenten nan linivè a depann de dansite aktyèl li, depann sou si wi ou non li ta dwe pi gran, egal oswa mwens pase yon valè kritik egal ak 10^{-29} gr/cm^3 (*). Dekouvèt ke okontrè linivè a ta akselere nan ta, kònen klewon lanmò pou modèl sa. (Gade Linivè Marasa a).



Se konsa, moun yo te tounen vè pase a?



MEKANIK KANTIK la ta deklare li pa kapab dekri fenomèn k'ap fèt pandan tan pi kout pase:

$$\text{Tan Planck la } t_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = 10^{-43} \text{ seg}$$

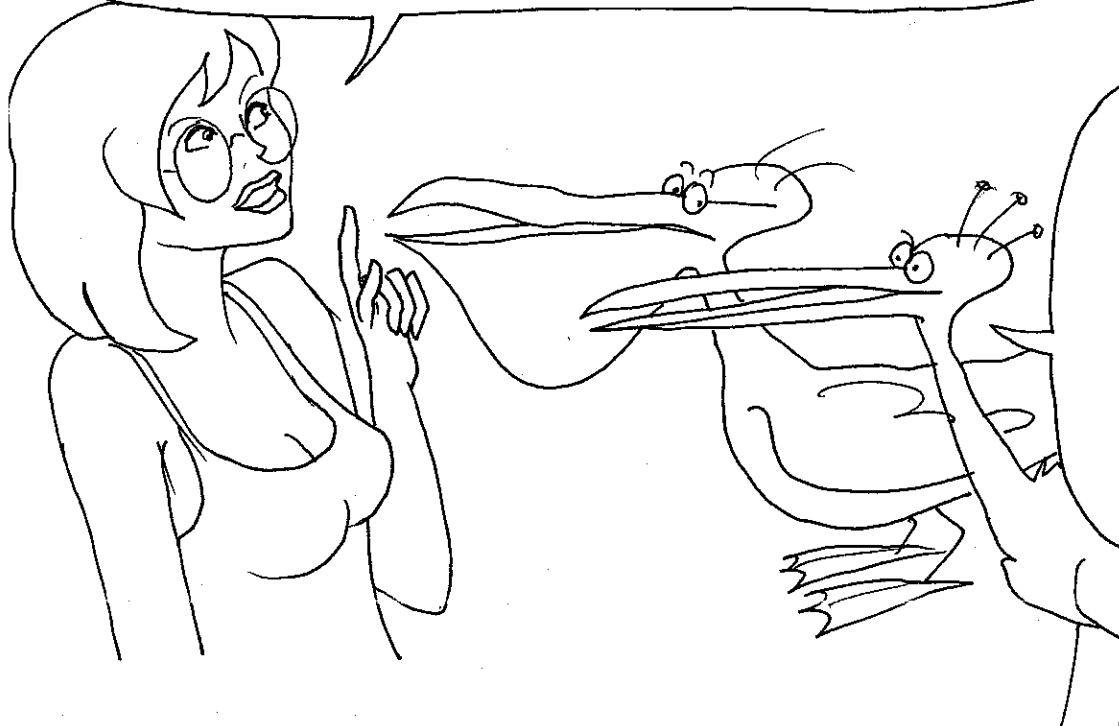
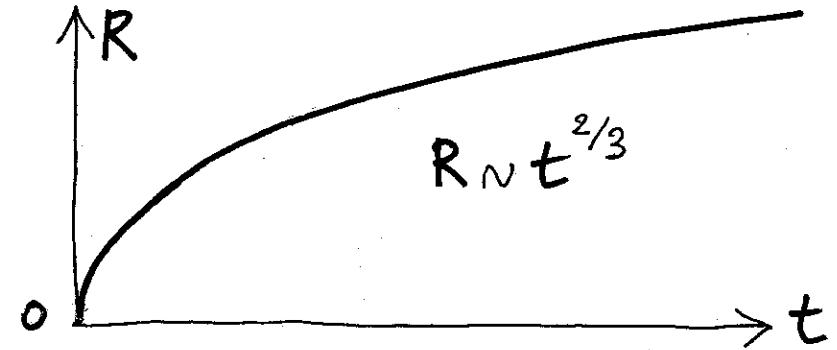
Oswa sou distans mwens pase:

$$\text{Longè Planck la } L_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} = 10^{-33} \text{ cm}$$

(*). Al wè dènye paj yo nan **Jeyometrikon** an (1980).

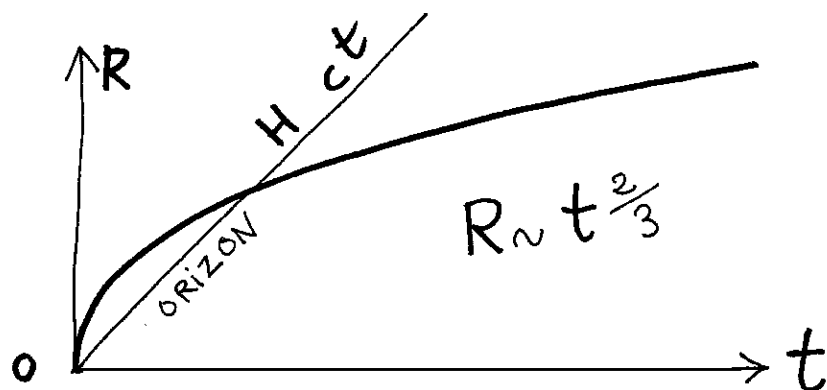
MIRAY PLANCK LA

Pandan pèsonn pa't doute ke sa ki t'ap fonksyone nan prezan an te ka kenbe validite li nan pase ki pi lwen an, yo te reflechi gravman sou eta posibilivè lè t te pi piti pase tan Planck la e sa san yo pa't rann yo kont yon sèl segond ke sa te depann fondamantalman sou ipotèz ke G , h ak c se **KONSTAN ABSOLI** ki pa afekte pa evolisyon kosmik la.



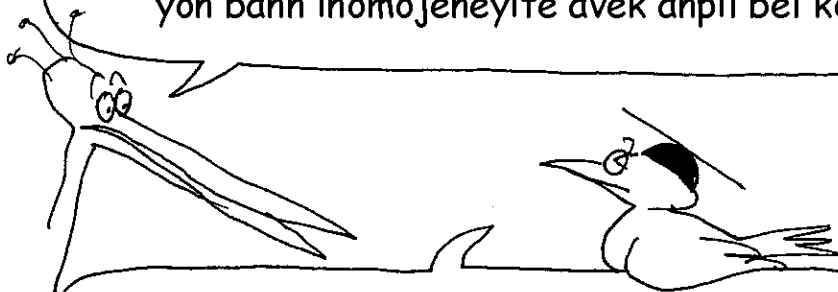
Talè, talè! Mwen ka site yon bann atik ki pibliye pa moun ki pi serye yo, ki montre ke si nou te manyen youn nan konstan sa yo, si nou te sipoze nenpòt varyasyon nan evolisyon an, sa t'ap antrene yon bann kontradiksyon ki pa ka kenbe fas ak obsèvasyon yo!

SIKILÈ! PA GEN ANYEN POU WÈ



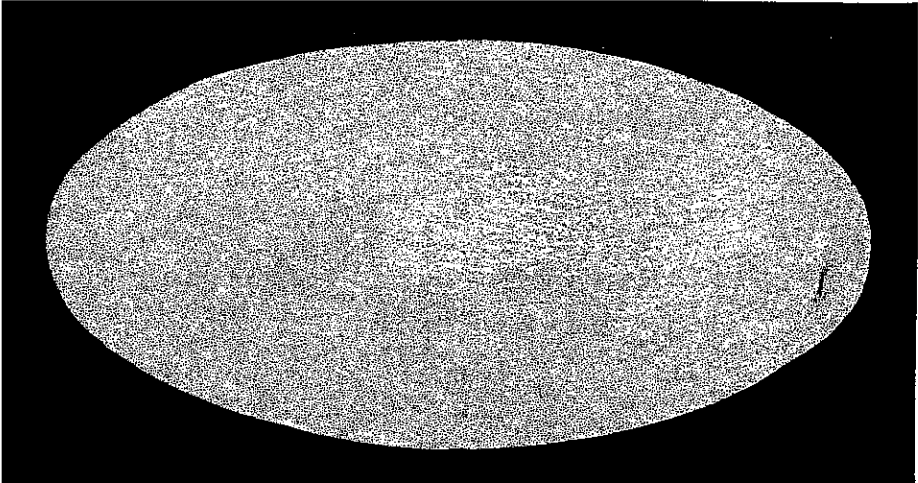
An 1992, satelit COBE a, pandan li t'ap fè premye mezi presi sou reyònman primòdyal la, CMB a (*) ki bay imaj linivè nan premye aparisyon li te montre ke li te omojèn prèske nan yon san milyèm.

Mwen pa konprann.
Nan revyi yo ak sou entènèt yo montre nou yon bann inomojeneyite avèk anpil bèl koulè.



Se paske yo montre kontras pa òdinatè a.
Sinon vrè foto a koresponn ak imaj ki sou kote a.

An eksklizivite : Linivè primitif



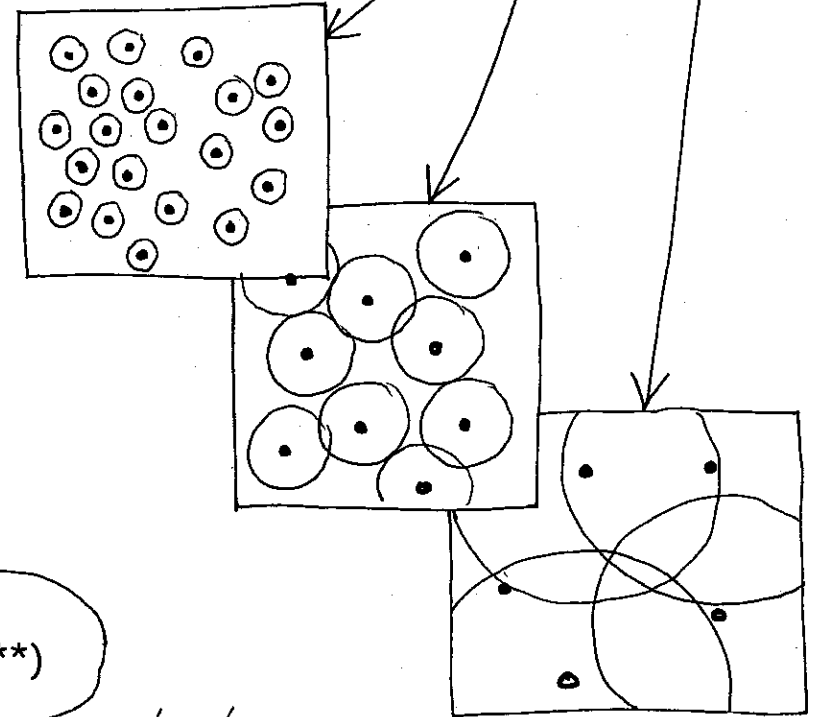
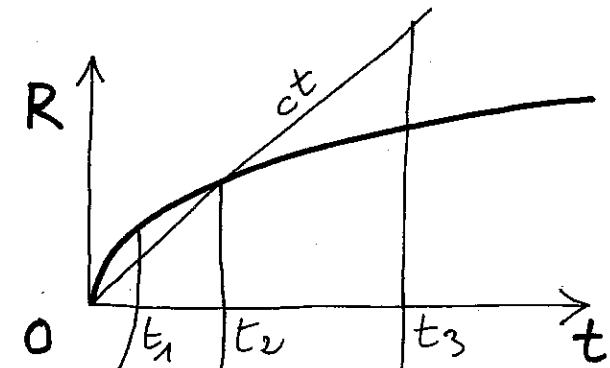
jan li ye tout bon !

(*) Ond kout kosmik aryè plan

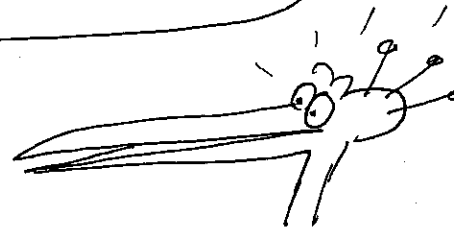
Omojeneite fantastik sa se yon paradòks enkontounab. Si vitès limyè konstan, alò yon ond elektromanyetik (*) ki emèt nan enstan zero pral pwopaje dapre yon boul ki gen reyon ct , ke yo rele **ORIZON KOSMOLOJIK**. Gade koub ki nan paj anvan an, distans ant patikil yo ogmante tankou R . Donk nan epòk sa, patikil yo ap elwaye nan yon vitès ki pi gran ke c . Donk yon pa konn afè lòt. Se yon linivè otistik. Kòman pou eksplike nan kondisyon sa yo yon linivè ke patikil yo pa't janm entèraji youn ak lòt prezante yon tèl degre omojeneite?

Direksyon an

(*) Ki prale nan vitès c



Ta genyen yon solisyon : ke vitès limyè a te plis nan pase a (**)

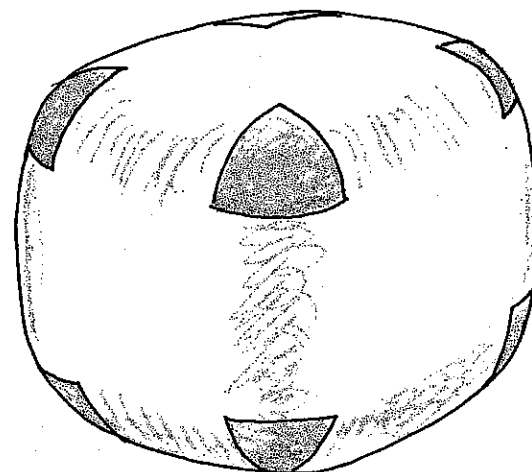
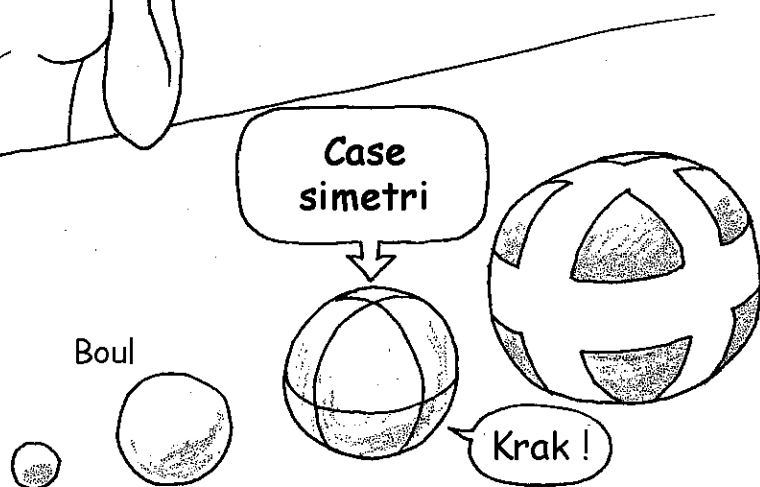


(**) Lide ki devlope pou premye fwa pa otè a an 1988 "Yon entèpretasyon nan modèl kosmolojik la avèk yon vitès limyè ki varyab", Modern Phys. Lett. A Vol 3 n°16 page 1527.

CASI NAN SIMETRI



Si nou vle jwenn endis yon bagay, mwen panse nou ta dwe reprann imaj Anselme la epi remonte nan tan an. Pral gen kanmenm yon moman kote ywit kwen awondi nan kib la pral rejwenn yo pou fòme yon boul.



Kib kote ywit somè yo se pòsyon nan boul la, ki pa ka etann.

Yon objè ki gen simetri kib la ki posede yon sèten kantite plan simetri ak aks simetri ki gen wotasyon diskre $\pi/2, \pi, 3\pi/2$. Yon boul gen yon nivo simetri enfiniman pi elve (*) pwiske tout plan ki pase nan mitan li se yon plan simetri e ke boul la pa varye avèk wotasyon nan yon ang kèlkonk otou nenpòt aks ki pase tou nan mitan li.

(*) Simetri $O(2)$ a

Men kib avèk kwen emouse a te la sèlman pou'n te ka fikse lide'n,
lè li bay imaj yon linivè ki gen ywit "grap matyè" e ki ranje tankou yon polyèd regilye.
Toujou nan de dimensyon nou ta ka imajine yon boul ki ta case an plizyè ti moso rèd,
ki relye avèk eleman nan sifas eklidyen an e ki ekstansib. Konsa li ta pèdi totalman simetri inisyal
li e li ta prodwi sa yo rele yon **CASI NAN SIMETRI** a. Men nan fizik teyorik yon tèl evènman
vle di yon gwo chanjman, pa egzanp sou jan ekspansyon linivè a ta fèt.

Nan lanvè a, lè gen simetri gen envaryans
nan yon bagay. Men nan kisa?

Nan liv selèb li a "Twa premye minit yo" (*),
pri Nobel la Steven Weinberg di ke lè ou remonte
ase lwen nan pase a, ke reyònman an kreye pè patikil ak
antipatikil toutan, ki detwi youn lòt e ke vitès ajitasyon
tèmik tout objè sa yo rejwenn vitès limyè, nou ka
konsidere, lè nou reprann fraz li a ke "**LINIVÈ A
RANPLI AK TOUT KALITE REYÒNMAN**".

Alò?



(*) Ke otè a te sèvi ak li pou ekri **BIG BANG** an 1982.

Lè nou swiv lide sa, lè gen patikil materyèl (*)
ki ta kwaze vitès limyè, yo t'ap konpòte yo tankou...
REYÒNMAN, donk...

Yo t'ap vin tankou "gaz foton" an :
KONPRESIB.

Talè, pa ale twò vit! Longè ond λ foton yo varye tankou **R**. Si sa'w di a se
vre, alò **LONGÈ ON COMPTON** nan ki bay "gwochè" patikil yo

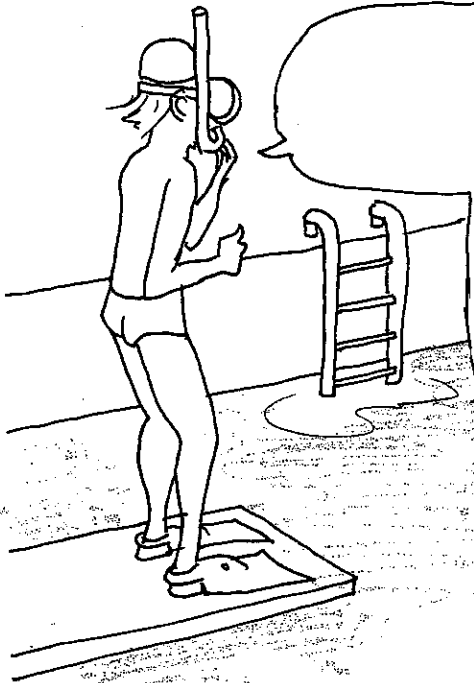
$$\lambda_c = \frac{h}{mc}$$

t'ap varye menm jan an! Epi pou sa li ta nesesè pou youn nan konstan yo,
pa egzanp **c**, varye li menm tou !!!

Poukisa **YON** konstan, poukisa se pa **TOUT** konstan
yo alafwa, pandan nou la?

Sa vin enteresan!

(*) Antimatyèl a gen yon mas **m** ak yon enèji **mc²** pozitif.



Gen yon moman kote fò'w lage kò'w nan dlo!
 Donk mwen pral pèmèt **TOUT KONSTAN** ki nan fizik la
 pou yo varye, ansanm, pandan n'ap chwazi kat ipotèz sa yo :

- Tout ekwasyon ki nan fizik la ta dwe rete satisfè
- Tout longè karakteristik yo ta dwe varye tankou R
- Tout tan karakteristik yo pral varye tankou t
- Tout enèji yo, sou tout fòm posib pral konsève



Nan **RELATIVITE JENERAL** nou jwenn yon
 longè karakteristik ki se **REYON SCHWARZSCHILD** R_s

$$L_s = \frac{2Gm}{c^2} \text{ donk ale pou } \frac{Gm}{c} \sim R \quad (*)$$

G se "konstan gravitasyon an"

(*) Siy \sim vle di "ap varye tankou"

Toujou nan reyon Relativite Jeneral la selèb ekwasyon Einstein la ekri :

$$S = - \frac{8\pi G}{c^2} T$$

kote fraksyon an reprezante KONSTAN EINSTEIN nan (*). Pou kèk rezon matematik li dwe envaryan, sa ki ban mwen :

$$G \sim c^2$$

Mwen konbine epi mwen jwenn premye lwa a :

$$m \sim R$$

Sa ban mwen an pasan yon konstan gravitasyon an k'ap varye tankou

$$G \sim \frac{1}{R}$$

Kounye a mwen ajoute nan mamit mwen an lefèt ke patikil yo konpresib, sa vle di :

$$\lambda_c = \frac{h}{mc} \sim R$$

Mas m nan ogmante avèk dimansyon karakteristik R linivè. Men wi, pouki pa? An'n konbine avèk ipotèz konsèvasyon enèji mwen an $mc^2 = \text{konstan}$

$$c \sim \frac{1}{\sqrt{R}}$$

Gade, men yon modèl akvitès limyè varyab la! An'n kontinye...

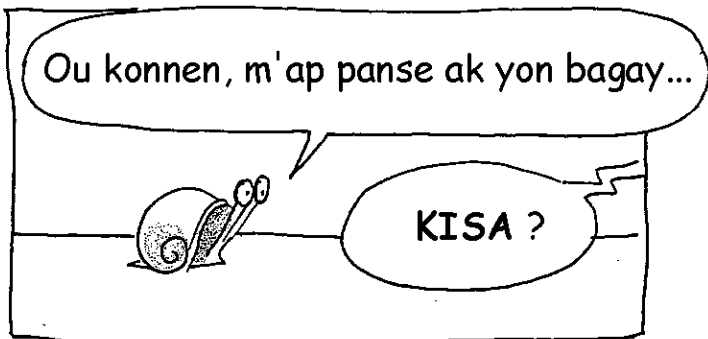
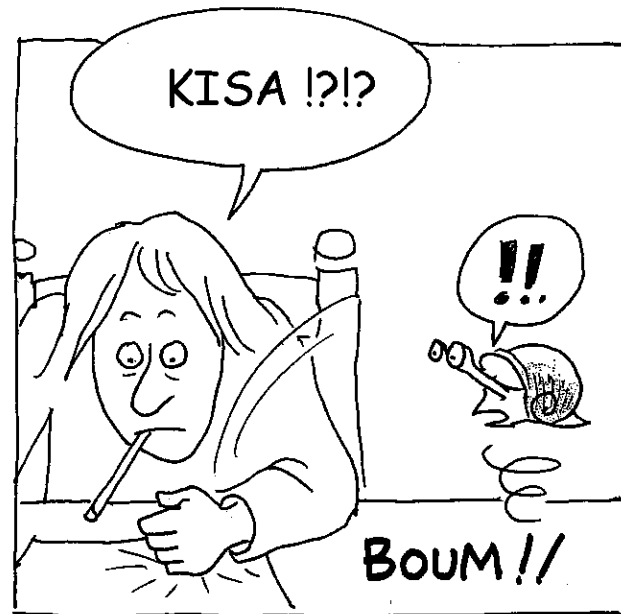
ZZZ...

Mwen jwenn yon konstan Planck ki evolye tankou :

$$h \sim R^{3/2}$$

ZZZ

(*) ki ekri nan li ki resan daprè : $\chi = - \frac{8\pi G}{c^4}$ men diferans sa vini de jan nou ekri mo tansè a T



DEMEN MATEN

byen, tout bagay sa yo se vre.
Men, mwen ta tou senpleman di: sali itil?
Anselme tou senpleman dekouvri ke ekwasyon
yo nan la fizik, san okenn eksepsyon (*),
yo teenvaryan pa sa yo rele yon
TRANSFOMASYON KALIB

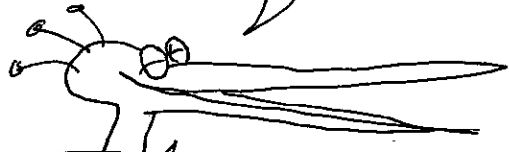
Koulye a, sonje
yon sèl bagay: enstriman mezi ak
obsèvasyon yo konstwi nanmenm
ekwasyon sa yo

konklizyon: ak sistèm sa pa esans li enposib
pou konsevwa yon eksperyans oswa yon
enstriman obsèvasyon ki pèmèt ou mete an
evidansmenm pi piti **VARYASYON** an, pwiske
enstriman mezi ak obsèvasyon yo
"Flote an paralèl" ak kantite yo
te sipoze mezire a

Alò, sa m'te fè a initil?

(*) pou envaryans ekwasyon Maxwell, Schrödinger, elatriye, gade ANÈKS la.

li bèl kòm egzèsis matematik.
Men, ki enterè si ou pa ka mezire anyen ditou?
Se tankou si w'ap fòse mete an evidans
elevasyon tanperati nan yon chanm pandan
w'ap mezire ekspansyon yon tab fè lè w sèvi
avèk yon règ ki fèt ak menm metal sa

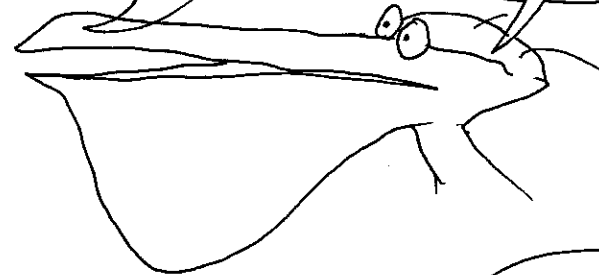


Hi, Hi!

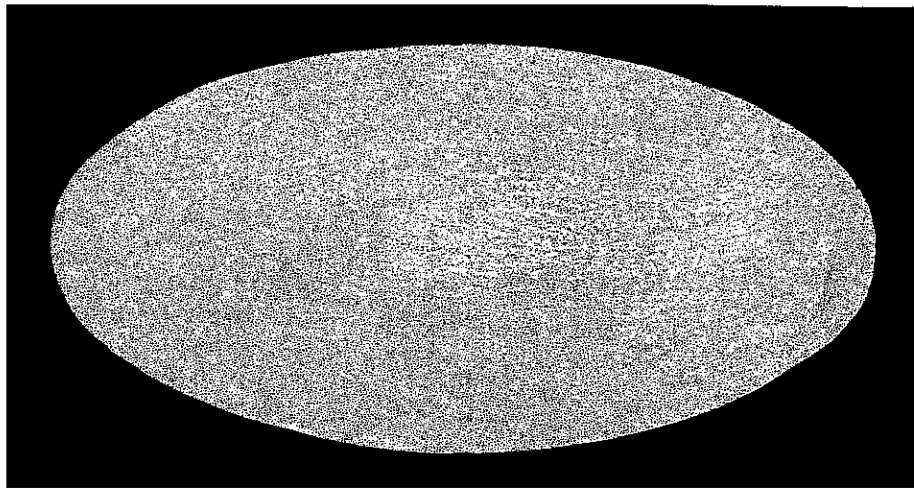
Rete tann, tann,
gen yon bagay y'ap obsève
e ke modèl la ta kapab eksplike



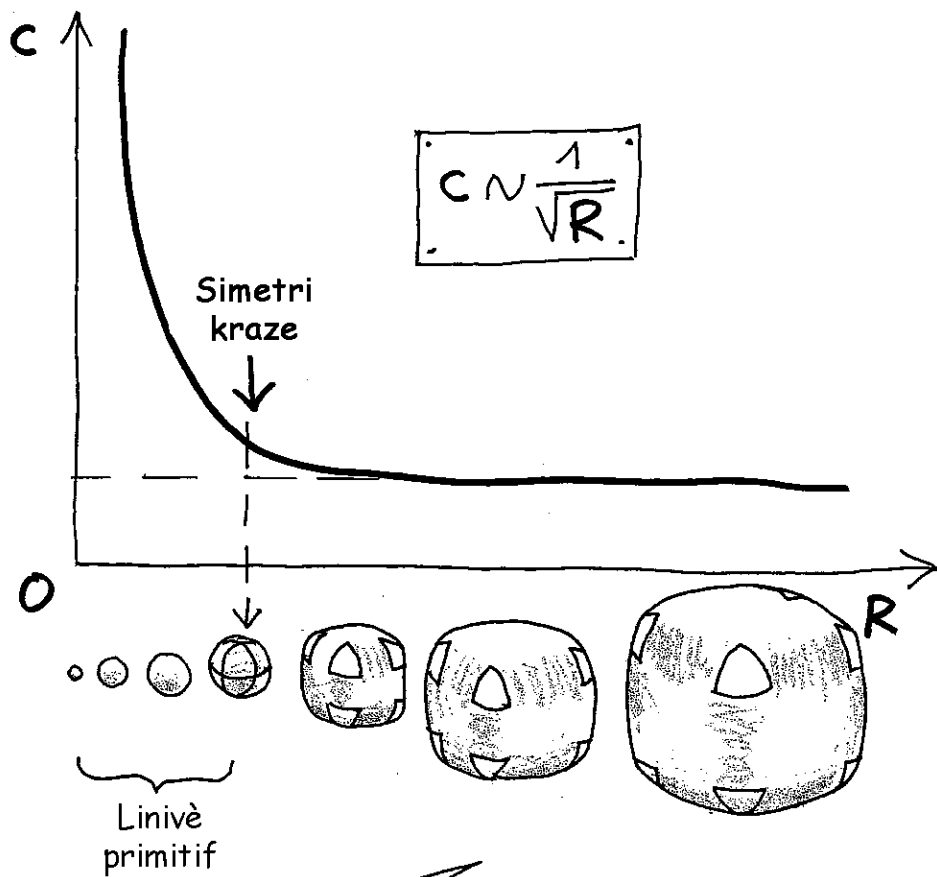
byen,
e kisa li ye ?



sa !



Linivè primitif



$$c \sim \frac{1}{\sqrt{R}} \quad G \sim \frac{1}{R} \quad h \sim R^{3/2}$$

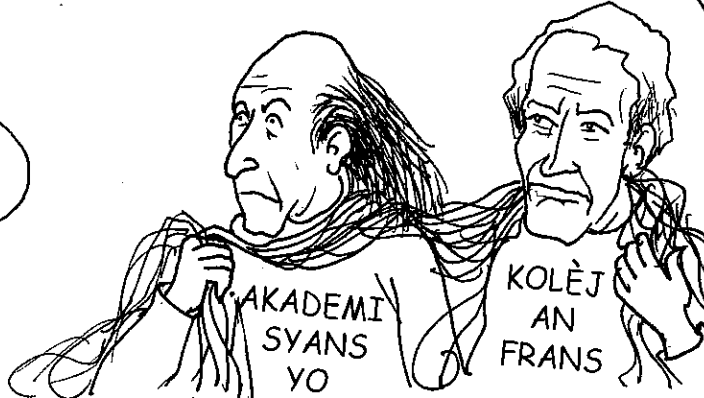
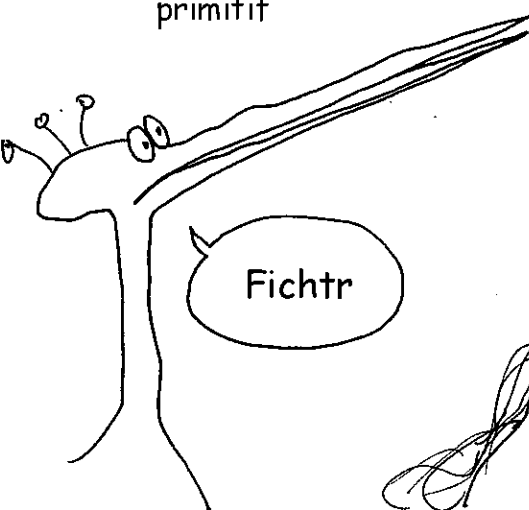
$$m \sim R \quad e \sim \sqrt{R} \quad \epsilon_0 = \omega t$$

$$\alpha = \omega t \quad \mu_0 \sim R \quad (*)$$

(gade ANÈKS la)

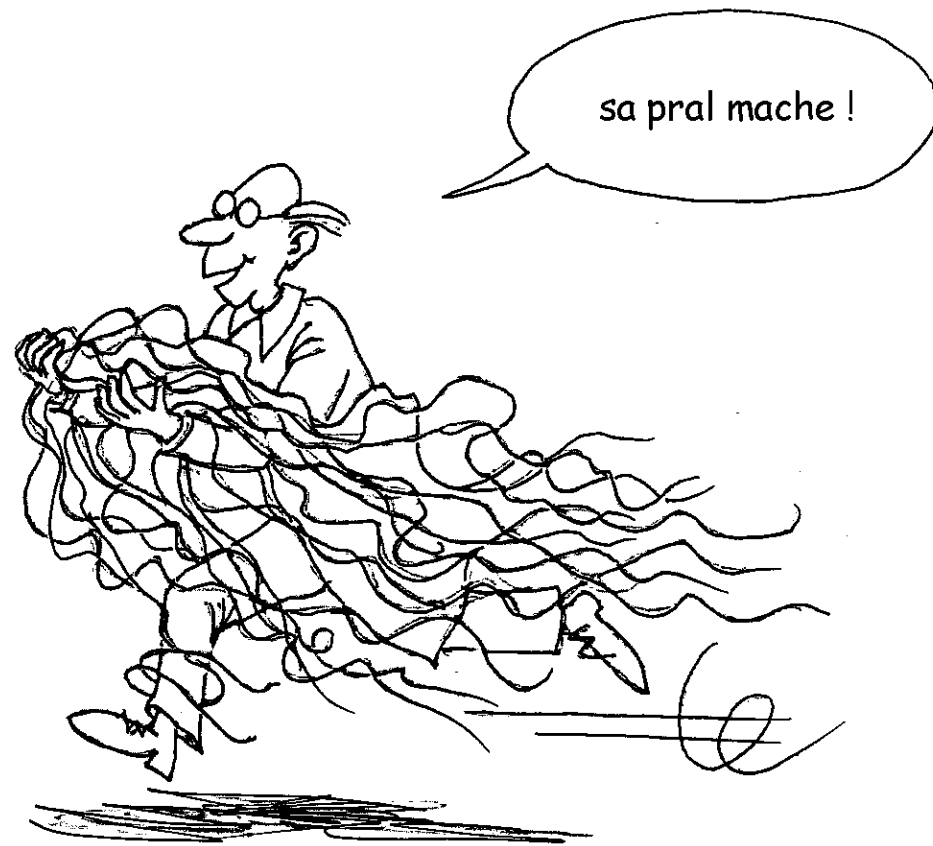


Nan modèl Anselm la (*) vitès limyè a te varyab lè linivè a te nan eta primitif li, anvan **SIMETRI A TE KRAZE** Se konsa, **ORIZON KOSMOLOJIK** la pa ct ankò, ak c konstan, men li kalkile gras ak yon **ENTEGRAL** (gade ANÈKS la). Lè sa, nou jwenn keorizon sa... varye tankou R, ki jistifye **OMOJENEYITE** a nan linivènan tout epòk rekile sa yo



Pa kite **SIPÈKÒD** ou yo trennen konsa, pye nou pral pran nan yo !

(*) pibliye pa otè a nan journal syantifik wo nivo, ak "komite lekti" (sistèm abit) An 1988_1989-1995, 2001 nan endiferans total...



FEN

APENDIS

Ann kòmanse pa kalkile ORIZON KOSMOLOJIK la

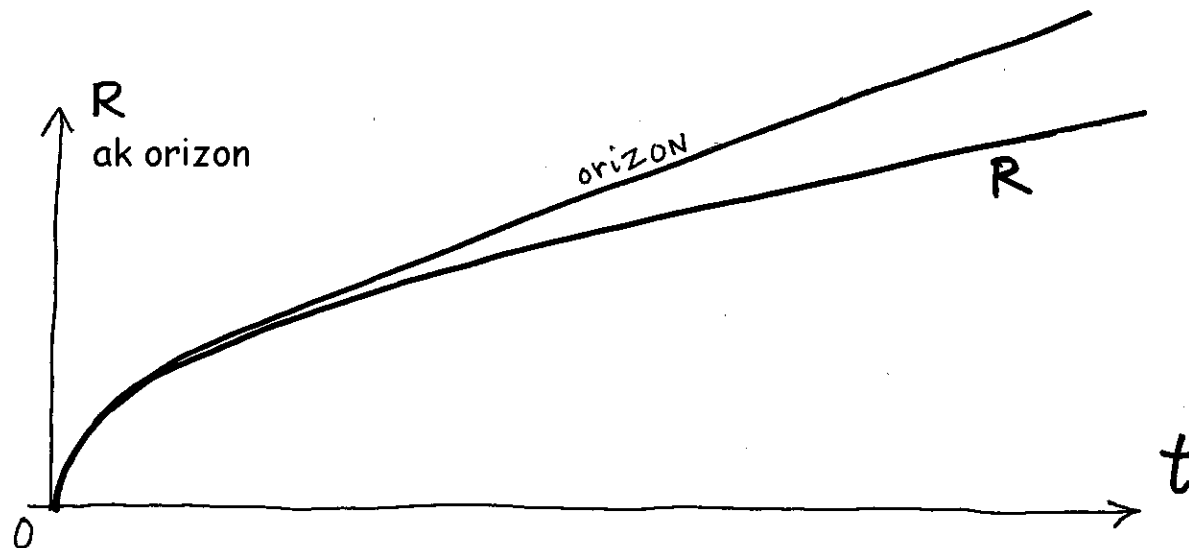
Lè vitès limyè pa varye orizon sa se tou senpleman $H = ct$

Nan jenn linivè a vitès limyè a se : $c \sim \frac{1}{\sqrt{R}}$

Orizon an lè sa, ekprime gras avèk yon entegral : $H = \int_0^{t(\text{present})} c(t) dt \sim \int_0^{t(\text{present})} \frac{dt}{\sqrt{R}}$

Men $t \sim R^{3/2} \Rightarrow dt \sim \sqrt{R} dR \Rightarrow \text{orizon} \sim \int_0^{R(\text{present})} dR = R$ orizon $\sim R$

Pou rezime, an dyagram :



RELASYON FONDAMANTAL NAN ENVARYANS KALIB LA

Tout ekwasyon fizik yo pa chanje menm jan ak transfòmasyon kalib sa kote nou trete non sèlman kantite espas ak tan kòm varyab, men tou "konstan yo" ki parèt nan ekwasyon sa yo. Lè'n rann ekwasyon sa yo adimansyonèl nou fè relasyon kalib yo parèt... Ann pran egzanp ekwasyon Maxwell yo:

$$\boxed{\nabla \times B = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial E}{\partial t}} \quad \boxed{\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}} \quad \boxed{\nabla \cdot B = 0} \quad \boxed{\nabla \cdot E = \frac{\rho_e}{\epsilon_0}}$$

Ann aplike metòd mete sou fòm adimansyonèl "jeneralize" sa

$$B = \mathbf{B} \beta ; E = \mathbf{E} \epsilon ; c = \mathbf{c} \xi ; t = \mathbf{t} \tau ; \frac{\partial}{\partial t} = \frac{1}{\mathbf{t}} \frac{\partial}{\partial \tau}$$

$$\nabla = \begin{cases} \frac{\partial}{\partial x_1} = \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial \xi_1} \\ \frac{\partial}{\partial x_2} = \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial \xi_2} \\ \frac{\partial}{\partial x_3} = \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial \xi_3} \end{cases} \quad \text{write } \delta \begin{cases} \frac{\partial}{\partial \xi_1} \\ \frac{\partial}{\partial \xi_2} \\ \frac{\partial}{\partial \xi_3} \end{cases} \quad \left| \begin{aligned} \frac{\mathbf{B}}{R} \delta \times \beta &= -\frac{\mathbf{E}}{c^2 \mathbf{t}} \frac{\partial \epsilon}{\xi^2 \partial \tau} \\ \frac{\mathbf{E}}{R} \delta \times \epsilon &= -\frac{\mathbf{B}}{\mathbf{t}} \frac{\partial \beta}{\partial \tau} \end{aligned} \right.$$

Lè nou konbine de relasyon sa yo nou jwenn: \Rightarrow

$$\boxed{R = c t}$$

ki dakò ak relasyon yo jwenn pi wo a

Ann ekri ke REYON BOHR a varye tankou faktè echèl R la

$$R_b = \frac{\hbar^2}{m_e e^2} \sim R ; m_e \sim m \sim R ; e \sim \frac{\hbar}{R} ; \hbar \sim R^{3/2} \rightarrow \boxed{e \sim \sqrt{R}}$$

Konstan ki gen estrikti fin α detèmine jeyometri atòm yo. Se pou nou chwazi trete li tankou yon konstan absoli.

$$\alpha = \frac{e}{\epsilon_0 \hbar c} = \text{cst} \Rightarrow \boxed{\epsilon_0 = \text{konstan}}$$

$$\epsilon_0 \text{ ak } \mu_0 \text{ yo lye pa relasyon } c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \text{ kote } \boxed{\mu_0 \sim R}$$

Nou sipoze ke tout fòm enèji yo konsève. Presyon se yon dansite enèji pou chak inite volim, kote:

$$E_{\text{magnet}} = R^3 \frac{B^2}{2\mu_0} = \text{cst} \Rightarrow \boxed{B \sim \frac{1}{R}}$$

$$E_{\text{electr}} = R^3 \epsilon_0 E^2 = \text{cst} \Rightarrow \boxed{E \sim \frac{1}{R^{3/2}}}$$

$$\Rightarrow \frac{E}{B} = \frac{1}{\sqrt{R}}$$

konsistan avèk sa nou te jwenn ak ekwasyon Maxwell yo : $\frac{E}{B} \sim \frac{R}{t} \sim \frac{1}{\sqrt{R}}$

Kijan vitès V yo varye?

Enèji sinetik la se : $\frac{1}{2} m V^2$

Si li kenbe :

$$V \sim \frac{1}{\sqrt{R}} \sim c$$

Ann ale nan dansite $\rho = n m$

Si nou sipoze ke gen konsèvasyon espès, nou genyen: $n R^3 = \text{cst}$

$$\rho \sim \frac{1}{R^2}$$

Ann egzaminen kijan distans Jeans la konpòte'l, yon longè karakteristik ki asosye avèk fenomèn enstabilite gravitasyonèl.

$$L_J = \frac{V}{\sqrt{4\pi G \rho m}} \Rightarrow L_J \sim R$$

Nan menm fason an nou pral jwenn ke tan Jeans la obeyi ak : $t_J = \frac{1}{\sqrt{4\pi G \rho}} \sim t$

Kèlkeswa domèn nan fizik yo aplike metòd sa, nou retounbe sou sipozisyon fondamantal nou yo. Nou pral jwenn, pa egzanp, ke seksyon efikas kolizyon yo varye tankou R^2 . Nou pral jwenn tou ke distans Debye a varye tankou R , e sa kontinye konsa...

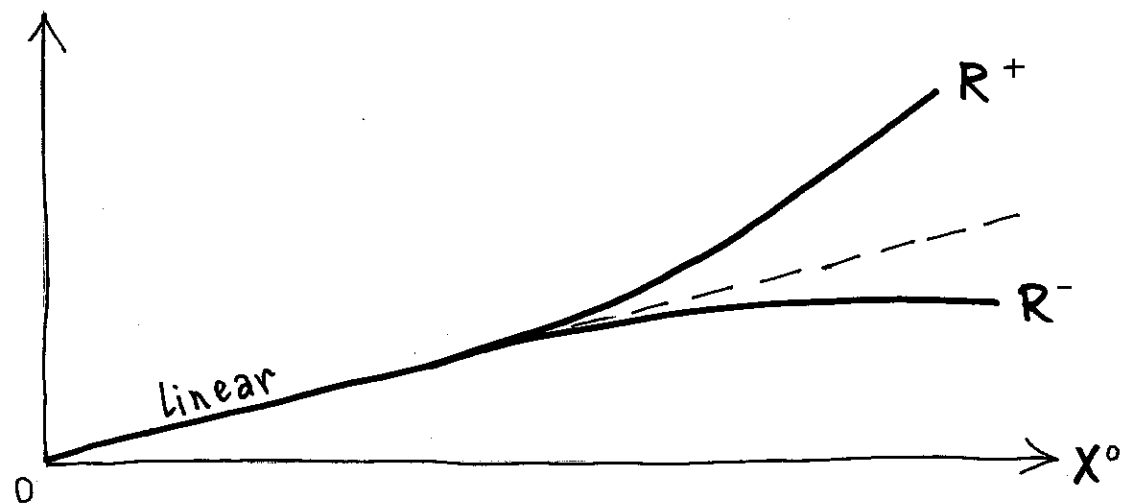
Pou konplete travay la nou dwe kounye a konsidere ki jan lyen an dwe fèt ak modèl kosmolojik bimetrik nou an, ki dekri nan albòm :

LINIVÈ MARASA A

Modèl sa a montre de faktè echèl R^+ ak R^- . Lè nou mete an aplikasyon (nou pa konn fè lòt jan nan kosmoloji) ipotèz omojeneite yo ak izotropi nan de popilasyon ki gen mas opoze yo nou te chache "solisyon ki menm" (menm solisyon) sou fòm metrik Friedman-Robertson-Walker a, ki te mennen nou nan sistèm de ekwasyon diferansyèl kwaze sa yo:

$$\begin{cases} R^{+\prime\prime} = \frac{1}{R^{+2}} \left[\frac{R^{+3}}{R^{-3}} - 1 \right] \\ R^{-\prime\prime} = \frac{1}{R^{-2}} \left[\frac{R^{-3}}{R^{+3}} - 1 \right] \end{cases}$$

Kòmansman ekspansyon sa avèk $R^+ = R^-$ li lineyè. Pwiske solisyon sa enstab, youn nan de popilasyon yo vin wè ekspansyon li ap akselere. Se pa nou an e nou te wè ke fenomèn sa refleto



efè "enèji nwa", repilsif sa.

ENVARYANS LORENTZ LA

Nan linivè primitif la lalwa evolisyon an lineyè : $R^+ = R^- \sim X^0$

Metrik Friedman-Robertson-Walker yo, nan ipotèz kote endis koubi a se zewo ($k = 0$) gen menm fòm nan :

$$d\Delta^2 = dX^{02} - R^2 [du^2 + u^2 d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2]$$

Nan kowòdone katezyen yo :

$$d\Delta^2 = dX^{02} - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

Espas sa li lokalman envaryan anba aksyon gwoup Lorentz la.

Pou revele lyen an avèk modèl vitès limyè varyab la nou pral ekri:

$$X^0 \sim R ; dX^0 \sim dR \sim t^{-\frac{1}{3}} dt \sim \frac{dt}{\sqrt{R}} \sim c(t) dt$$

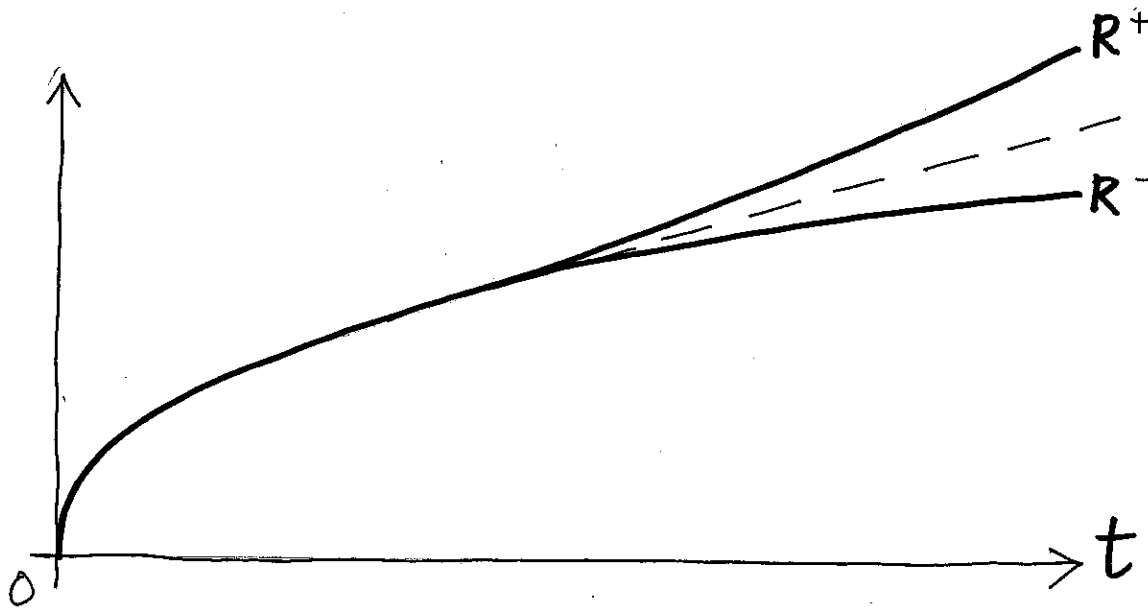
Swa relasyon jeneral la, ki pèmèt yo pase de varyab kwonolojik X^0 rive nan tan : $dX^0 = c(t) dt$

Anvan simetri a kase nou genyen : $dX^0 \sim t^{-\frac{1}{3}} dt \Rightarrow X^0 \sim t^{\frac{2}{3}}$

Aprè simetri a kase, lè c konpòte' l tankou yon konstan absoli, sa vin $X^0 = ct$

EVOLISYON

Sa pèmèt nou trase evolisyon pè cosmic la an fonksyon de tan an, menm jan nou sot defini li

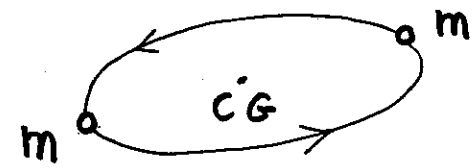


PARADOKS ZENON AN

Èske nou metrize definisyon objè flotan sa ke nou rele "tan"?

Li t'ap pretansye bò kote pa nou. Nan pifò nou te negosye paradòks omojeneyte nan linivè primitif la avèk yon bagay ki sanble mwens koute an ipotèz pase teyori ENFLASYON an.

Men, eksperyans panse k'ap swiv la ("modèl jwèt") pral montre pwobableman ke nou pa nan fen pwoblèm nou yo. An'n konsidere yon kalite revèy elemantè ki fèt ak de mas k'ap vire alantou menm sant gravite yo. Nou pral kalkile, pandan n'ap sipoze ke revèy sa, ki "konpresib" menm jan ak rès linivè primitif la, fini pa travèse toubiyon kosmik yo san okenn ensidan, konbyen vire li te fè depi "enstan zewo a":



Peryòd wotasyon li se: $T = \frac{2\pi r^{3/2}}{Gm}$ $Gm = Cst$ $r \sim R$ $T \sim t \sim R^{3/2}$

E men rezilta nou jwenn nan: $N = \int_0^{R_0} \frac{dR}{R^{3/2}} = \left[\frac{1}{\sqrt{R}} \right]_0^{R_0} = \text{enfini!}$

Franchman, mwen admire moun k'ap reflechi gravman sou "enstan zewo a" e ki menm mande tèt yo "kòman sa te ye anvan".

