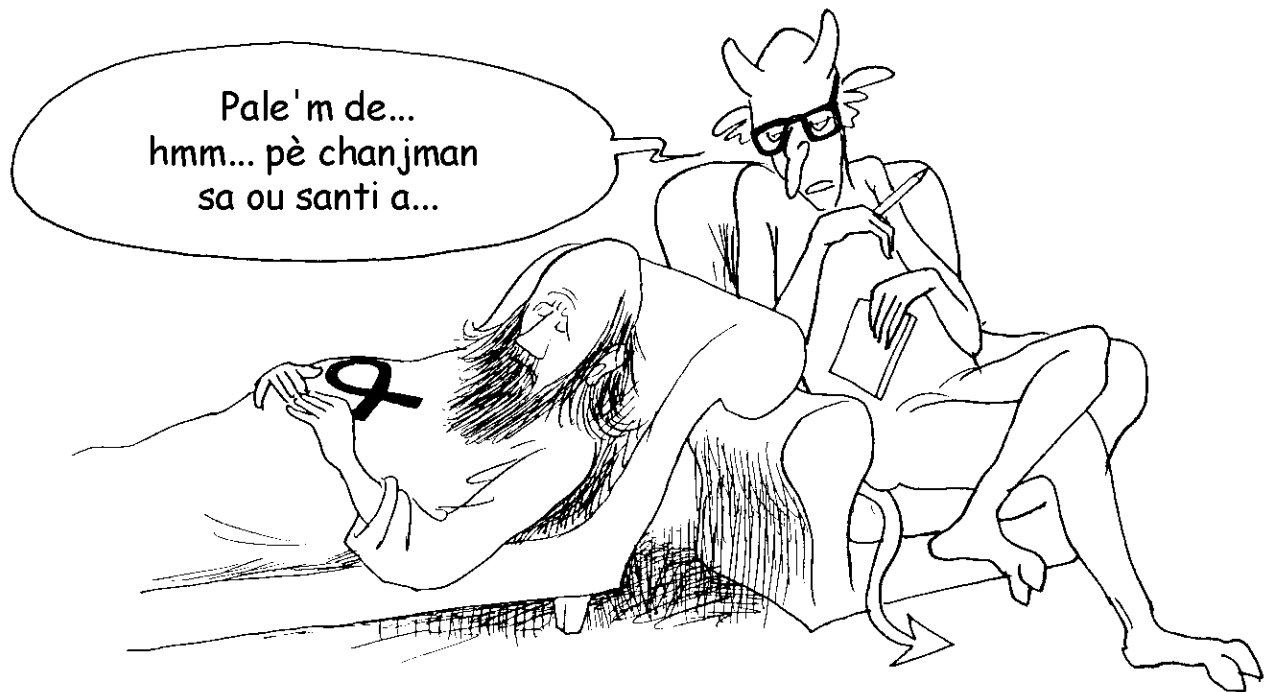


**Savoir sans Frontieres**

# **BiG BANG**


**JEAN-PIERRE PETIT**



Tradwi pa :  
Nahum Saintol

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

# PWOLOG

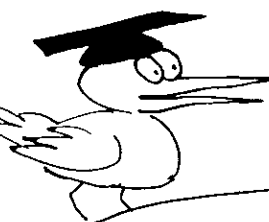


Ou konnen, Sophie,  
souvan mwen mande tèt  
mwen kote tout bagay soti,  
kòman Inivè a te fèt...

Èske TOUT  
bagay te toujou konsa ?  
Tè a, syèl la ?


Èske syèl  
la te toujou ble ?

Èske etwal yo te toujou briye  
nan yon syèl sou fon nwa ?



Nan KOMANSMAN AN, Inivè nou an te tou  
piti e li te trè cho: yon lanfè tou piti.

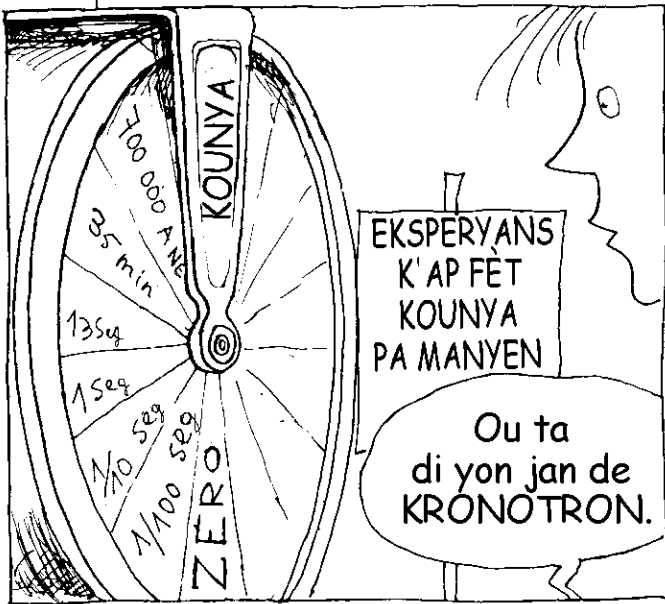
E tout bagay te pete ?



Wi men se yon istwa  
ki trè long, e pou rakonte'l fò'w  
remonte trè lwen nan tan an.



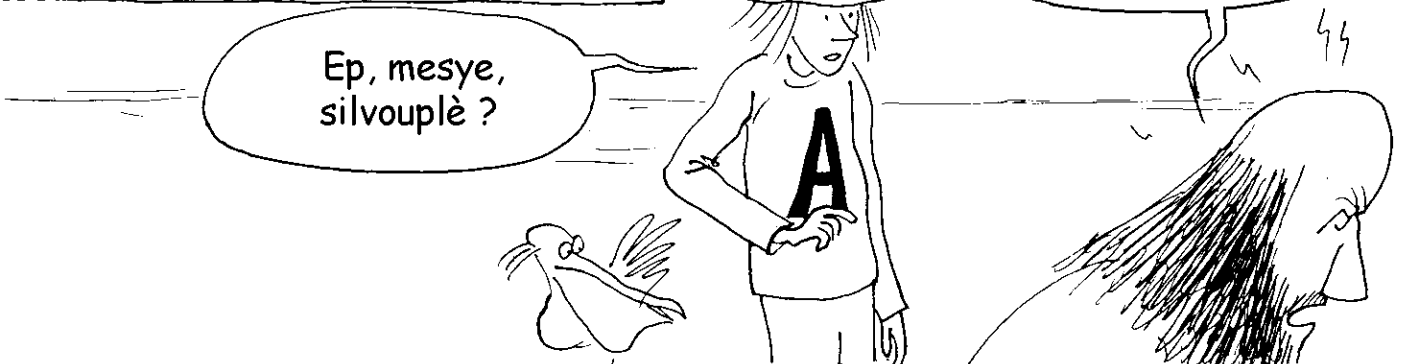
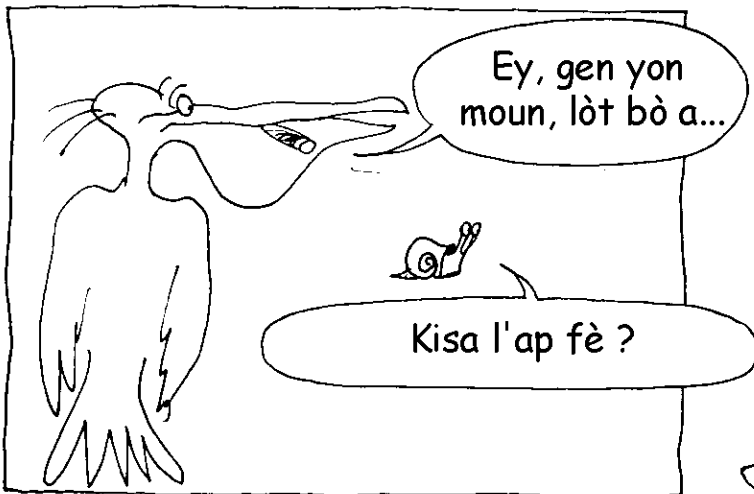
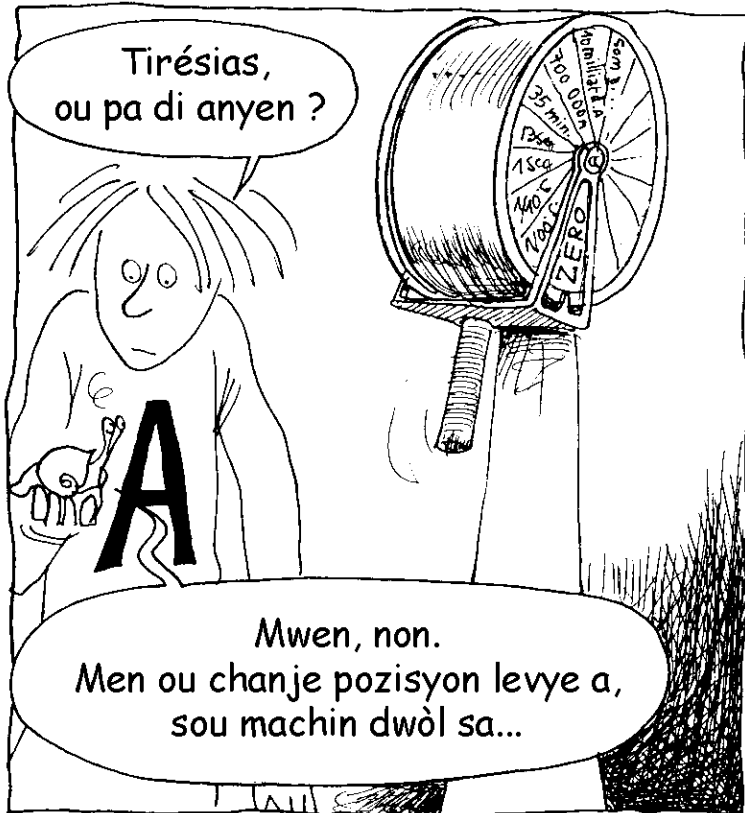
O, vin wè !



YON SÈL KOU...



# KOMANSMAN TOUT BAGAY





Se sa,  
sa rate ankò !

Yo pran' m...



Si se tapi w'ap eseye poze,  
w'ap fè sa trè mal, sa se vre !

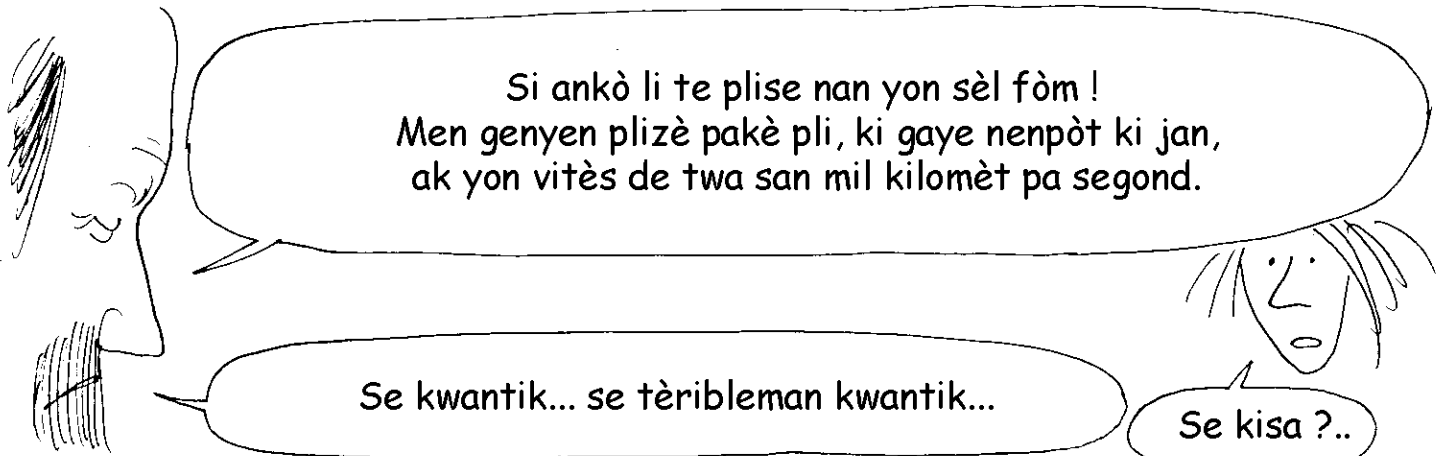
Li gen lè gen  
problèm avèk tapi li a,  
zanmi' w la.



Ki dezans sa...  
gen pli tout kote !

Se nòmàl pou gen pli.  
Ou te vle mete tròp.  
Tapi a konprime...

Tsss...si pa't  
gen konpresyon pa  
t'ap gen enèji: t'ap  
gen espas sèlman...



Si ankò li te plise nan yon sèl fòm !  
Men genyen plizè pakè pli, ki gaye nenpòt ki jan,  
ak yon vitès de twa san mil kilomèt pa segond.

Se kwantik... se tèribleman kwantik...

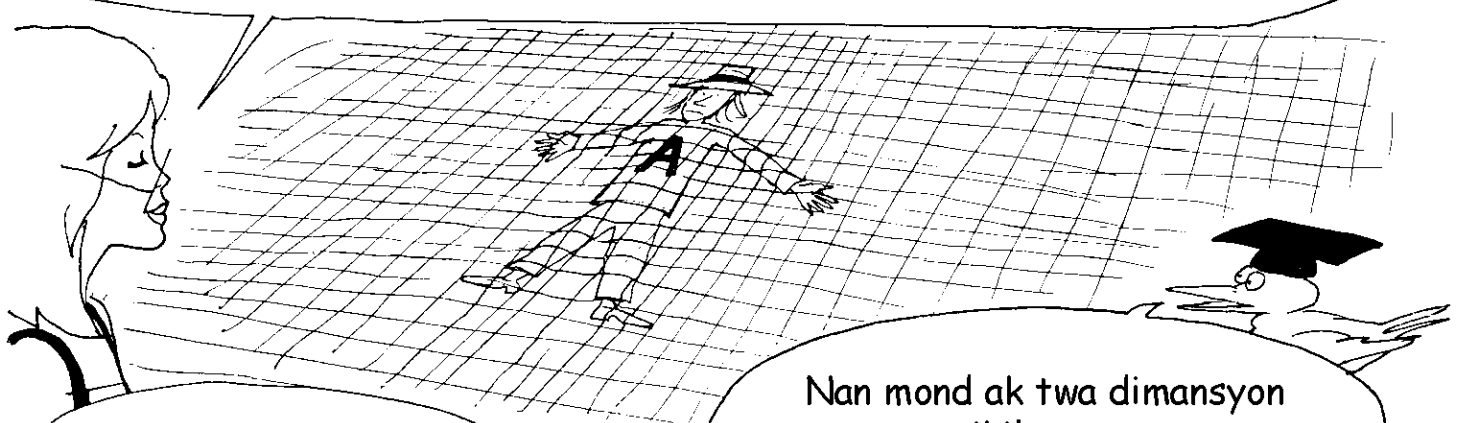
Se kisa ?..



Pa gen anpil BAGAY nan inivè sa !

Okontrè !  
Isi a BAGAY yo se espès ondilasyon k'ap mache sa yo.

Linivè ki prezante la gen sèlman de dimansyon, se yon SIFAS ki gen patikil nan relyèf yo, mas ak reyònman an. Si ou te nan Linivè ak de dimansyon sa, men ak kisa ou t'ap sanble.



Li pa bèl,  
li pa bèl ditou...

Nan mond ak twa dimansyon nou an, patikil yo se varyasyon lokal koub la yo ye tou.

Li te pi bon avan.

Avan kisa ?

Anfen... m'pral rele pli baladè sa yo FOTON.

A, Bondye papa Bondye papa !  
Men yon lòt bagay kounya...

Kisa ?

Men gade sa !  
Genyen tout kote !!!

Non sèlman sa monte,  
men sa vire. Bèl travay !

Ou ta di yon bann ti toubiyon.  
Menm jan lè nou fè konsa nan  
yon dra kabann.

Sa dwòl, gen k'ap  
vire nan yon sans, e lòt  
yo nan sans kontrè a.

Tankou foton'w yo, yo ale a 300 000 km/s.

M'pral rele toubiyon baladè sa yo  
NETRINO, lè yo pral vire konsa:

E ANTINETRINO lè yo pral vire  
nan lòt sans la:

Sa trè ajite.  
Sou tapi'w la, pa gen yon sèl kote ki plat.  
Pli yo tou kole (\*).

Inivè sa trè,  
trè enstab.  
Konplètman rate !..

Si te gen yon ti lòd ankò nan tou sa ! Men se gagòt nèt.  
Tout bagay distribye pa aza !

Men pa vle wè jwèt aza !

Aza, zanmi'm,  
se djab !

A...


Cosmosòl  
revètman inivèsèl la

Mwen pa  
menm jwe de...

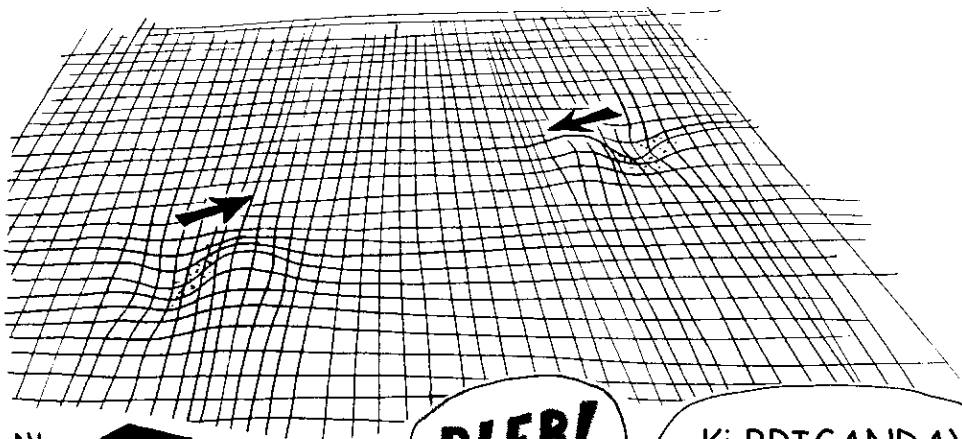
O, gade ! Gen YON BAGAY  
k'ap pase lòtbò a...

(\* ) pwopriete sa yo rele REYONMAN KO NWA A (djab la konn poukisa...)



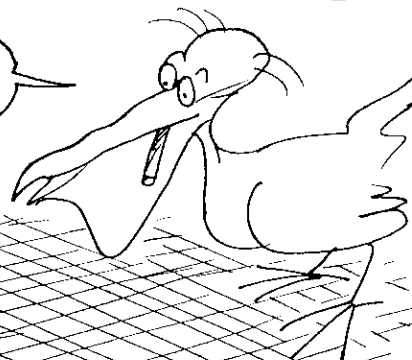
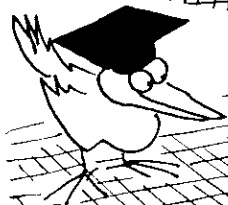


Men de pli baladè  
ki pral rankontre yon ak lòt.  
Yo pral frape ansanm.

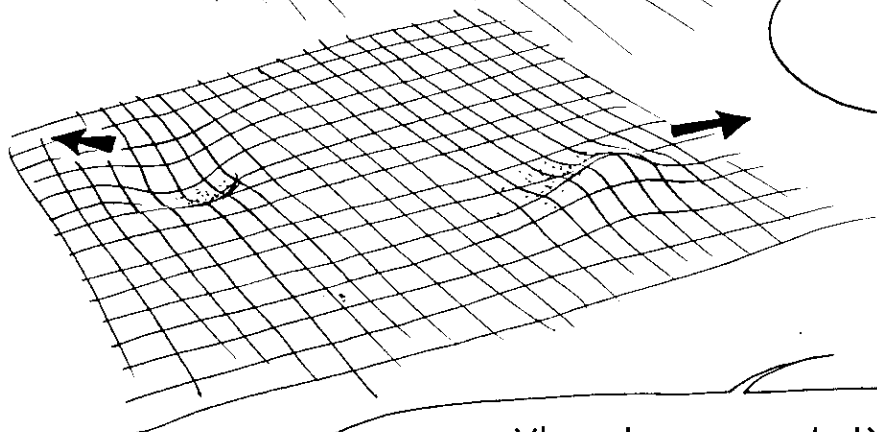


**BLEB!**

Ki BRIGANDAY  
sa mezanmi !



Kounya l'ap fè klòk.  
Yon anwo lòt la anba.



Y'ap elwaye yon de lòt ak yon vitès  
ki pwòch de 300,000 km/sec.

Bon. M'pral rele bòs yo MATYÈ, e twou yo ANTIMATYÈ.  
Gen KOUBI donk gen MAS.

Foton an, twou  
ak bòs an menm tan,  
se pwòp antipatikil li.

MATYÈ ak ANTIMATYÈ,  
ki pran nesans nan kolizyon ant foton yo,  
parèt ak vitès relatif.

Bòs, twou, tou sa abitrè.

Ki sans refleksyon  
pwofon sa, monchè Tirésias ?  
Gen bagay ki parèt tankou yon  
twou, gen lòt tankou yon bòs.  
Sa parèt evidan pou mwen...

Se paske se sou bò sa nan tapi a nou ye.  
Si nou te sou lòt bò a, bòs yo t'ap tounen twou  
e twou yo t'ap tounen bòs.

Men... mwen  
wè yon sèl bò !!!

Tiresias !!!

Pa gen mwayen pou pran yon ti plezi ankò...

?...

Yon epistemoflik ankò (\*)

Tann !...lè yon bès ak yon twou rankontre lantman, sa rebay de pli baladè. Se operasyon envès la.

Hmm...  
senp ELIMINASYON de yon patikil matyè ak antipatikil li.  
Sa rebay de foton.

Se BRIGANDAY la

Hmm...

(\*) de Episteme: lasyans ak flik: flik.

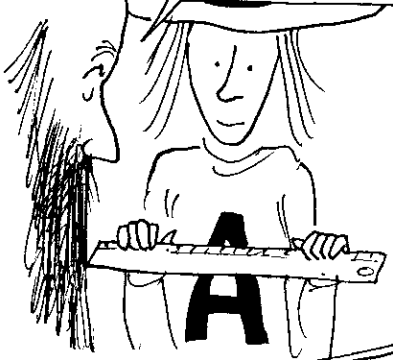
Kreyasyon ak dekreyasyon patikil, apati pè foton yo, swiv yon lòt trè rapidman. Nan mond kawotik sa, mond k'ap chanje sa, pa gen estrikti. Sèlman yon long fil sere foton, netrinò, antinetrinò, ak anpil patikil e antipatikil, pasaje e varye. Se BRIGANDAY la (\*)

Mwen sa fè'm panse  
ak SEKSON yo

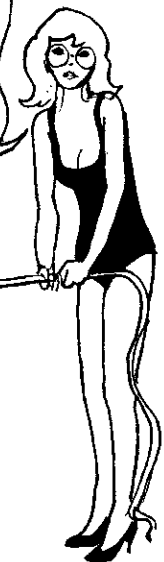
Kisa SEKSON yo ye ?

Se patikil ki pase tan  
yo nan reproduwi tèt yo.

Ta sanble, gen pli baladè ki gen divès lajè,  
menm jan gen bòs ki piti e wo ou byen laj e plat.



M'pral rele LONGÈ OND  $\lambda$   
anvègi pli baladè yo,  
FOTON yo.



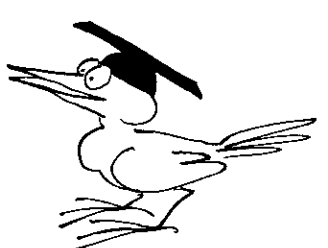
An'n sipoze mwen kreye yon  
osiyasyon baladè lè'm sekwe kòd  
sa. Dabò mwen sekwe'l dousman,  
mwen pa mete anpil enèji ladan  
e longè ond  $\lambda$  a gran.

Si kounya mwen sekwe  
kòd la sèchman, si mwen ba li plis ENÈJI,  
longè ond  $\lambda$  a pral vin pi kout.




Mi!

Tankou plis yon ond  
pote enèji se plis longè  
ond li piti.



M'pral di enèji yon FOTON pote,  
yon grenn LIMYÈ, pral ENVÈSEMAN  
PWOPOSYONÈL pa rapò ak LONGÈ OND  $\lambda$ :  
E varye tankou  $1/\lambda$ .



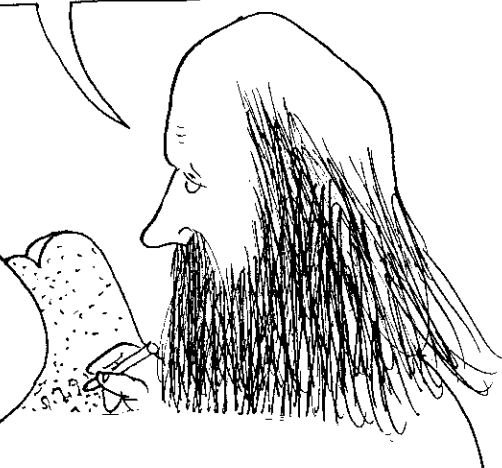
Konsa, sa bon...

# PLIS NOU PITI SE PLIS NOU LOU

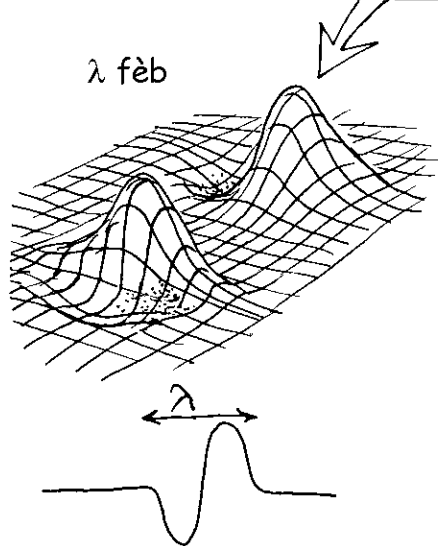


Dakò pou pli baladè sa yo,  
nou rele FOTON yo. Men kisa'k diferansye  
twou ou byen bòs piti e wo avèk twou  
ou byen bòs laj e plat ?

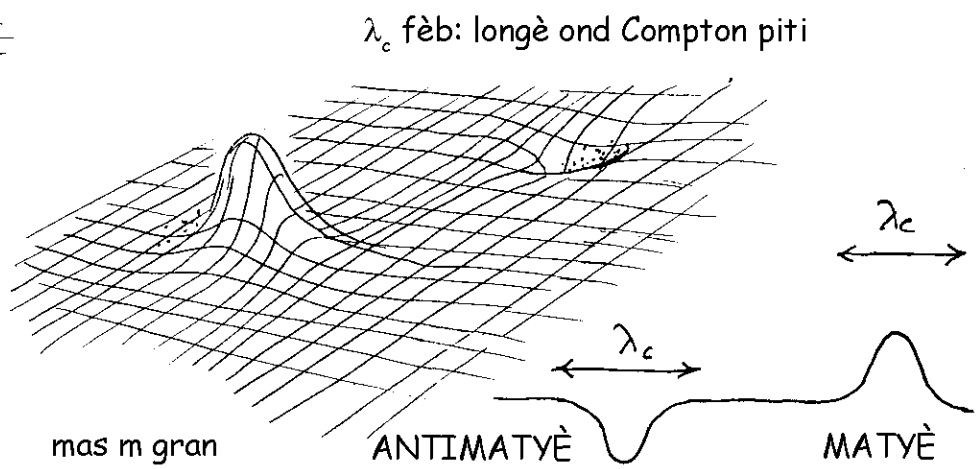
M'pral rele lajè twou ak bòs yo  
LONGÈ OND COMPTON  $\lambda_c$ ; MAS m nan pral  
ENVÈSEMAN PWOPOSYONÈL pa rapò ak li.  
Swa m k'ap varye tankou  $1/\lambda_c$ .



Kèk foton trè enèjetik,  
ki gen longè ond kout, pral bay nesans  
ak patikil (e antipatikil) avèk mas m elve,  
fèmen e wo.



Foton

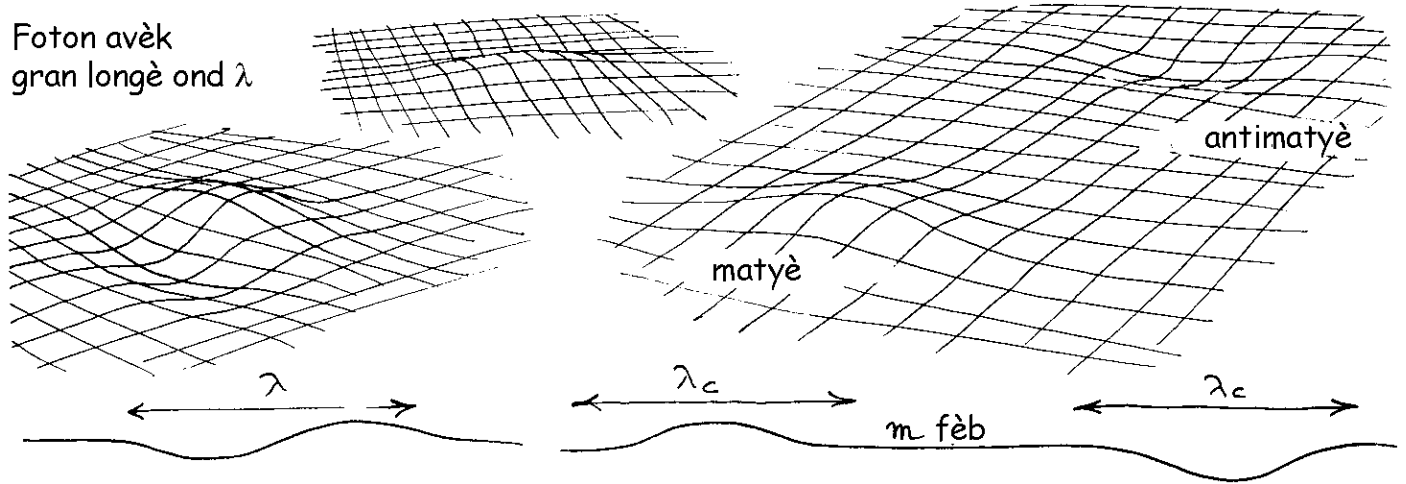


mas m gran

ANTIMATYÈ

MATYÈ

Foton avèk gran longè ond  $\lambda$

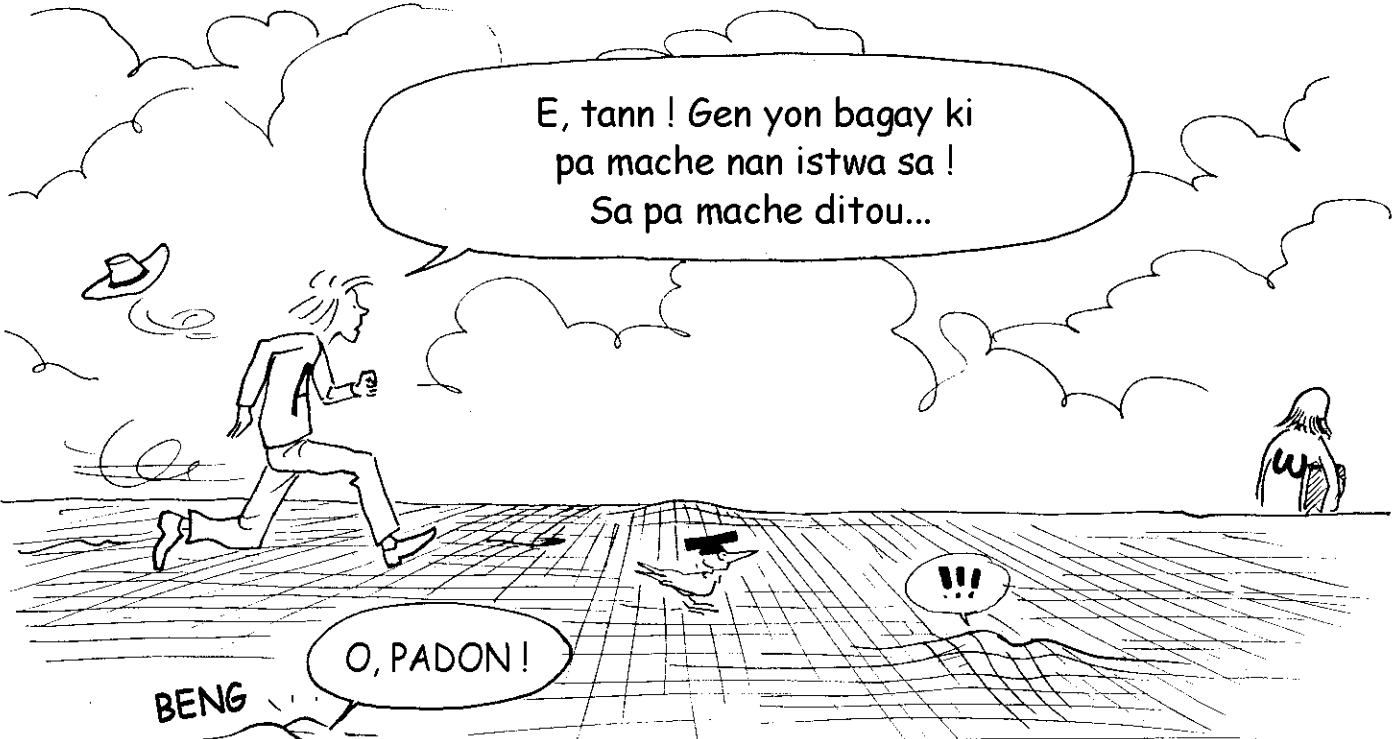


Foton avèk gran longè ond  $\rightarrow$  patikil avèk gran longè ond Compton.  
Envèsman, foton ki pa gen anpil enèji yo pral bay nesans ak yon koup patikil-antipatikil ki gen gran longè ond sa vle di de mas fèb:  $\lambda_c$  gran,  $m$  fèb.

An fèt, sa pi senp toujou.  
Nan sa'm wè  $\lambda = \lambda_c$  (\*), sa vle di patikil yo (ak antipatikil yo) gen menm "gwosè" avèk foton ki kreye yo.

Sa ki fè lè nou konnen  
MAS yon patikil kèlkonk, nou konnen  
touswit longè ond reyònman ki te kreye li.

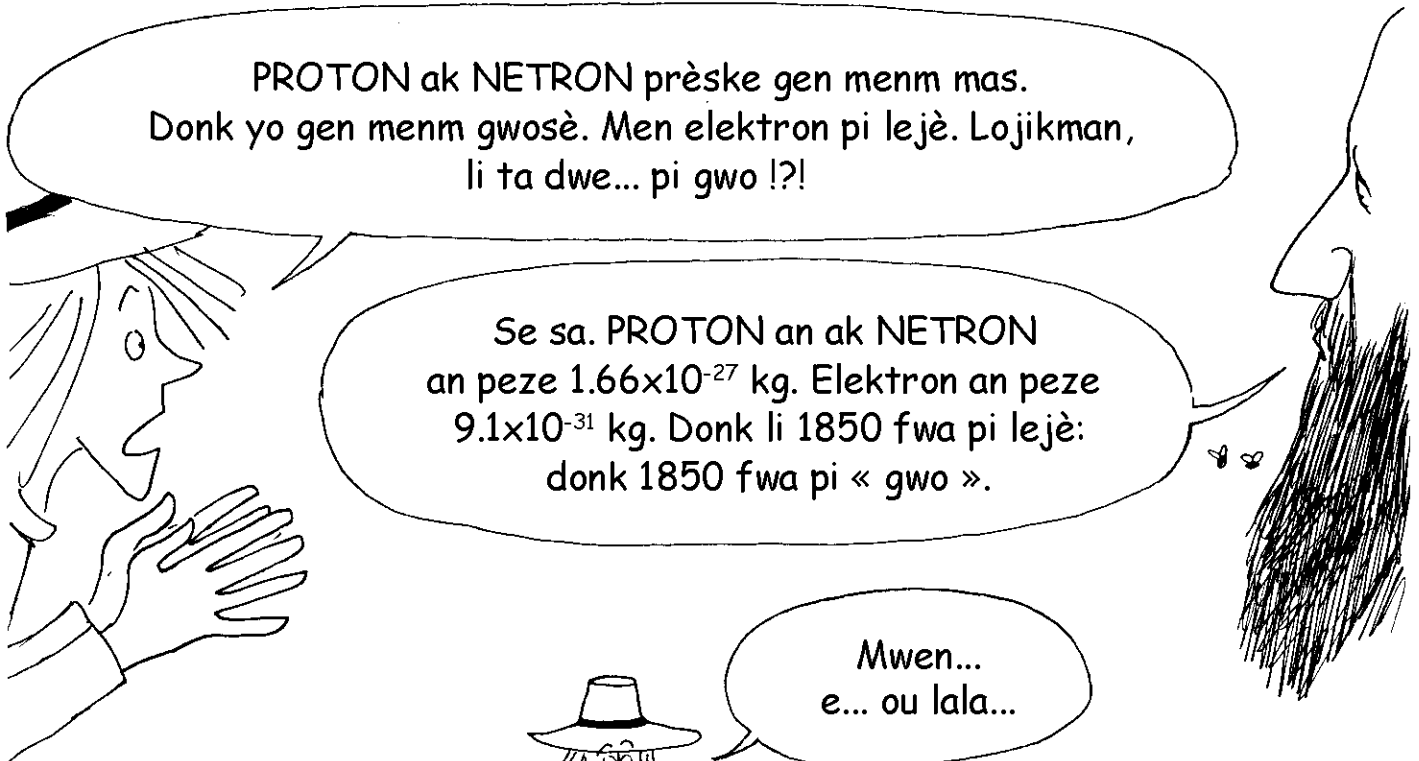
(\* ) On se rappellera que  $E(\text{énergie}) = m(\text{masse})$ . Voir TOUT EST RELATIF.



E, tann ! Gen yon bagay ki  
pa mache nan istwa sa !  
Sa pa mache ditou...

O, PADON !

BENG



PROTON ak NETRON prèske gen menm mas.  
Donk yo gen menm gwosè. Men elektron pi lejè. Lojikman,  
li ta dwe... pi gwo !?

Se sa. PROTON an ak NETRON  
an peze  $1.66 \times 10^{-27}$  kg. Elektron an peze  
 $9.1 \times 10^{-31}$  kg. Donk li 1850 fwa pi lejè:  
donk 1850 fwa pi « gwo ».

Mwen...  
e... ou lala...

Ou wè yon proton  
deja, ou menm ?

E...  
NON...

Alò !





A, li bèl, kòmansman jodya !

Kisa w'ap fè !

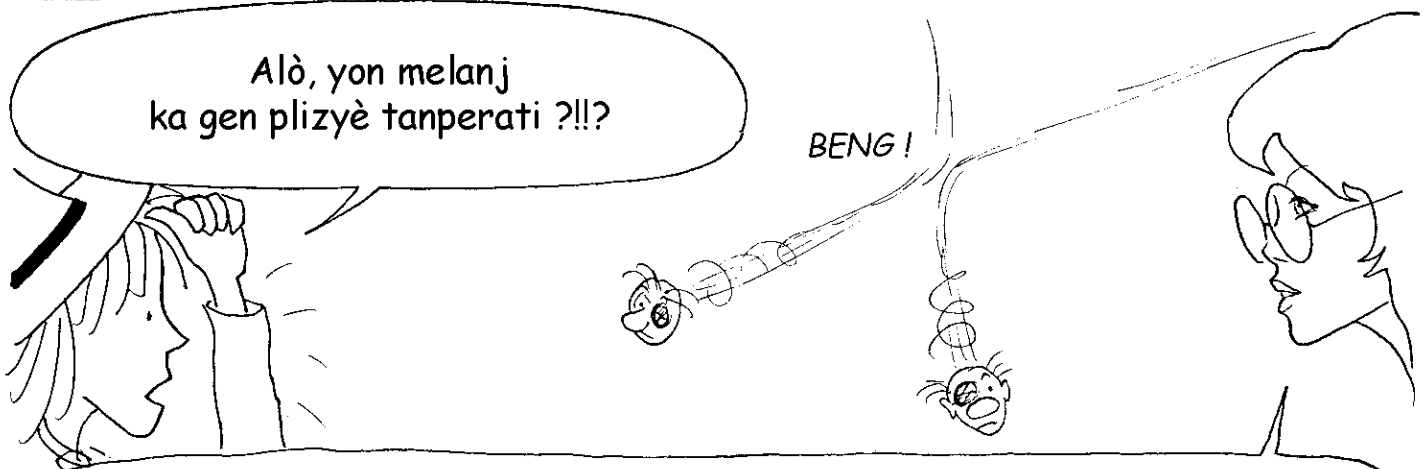
M'ap fè yon ATOM IDROJÈN ki pi konfòm ak reyalye a. Avèk yon gwo elektron ak yon ti PROTON ki se NWAYO li.

Bondje papa Bondje papa !  
Gade gagòt... anfen... Timoun yo, nou pral ede'm mete yon ti lòd nan fatra sa.

# TANPERATI REYONMAN $T_R$ LA



## ETA EKILIB

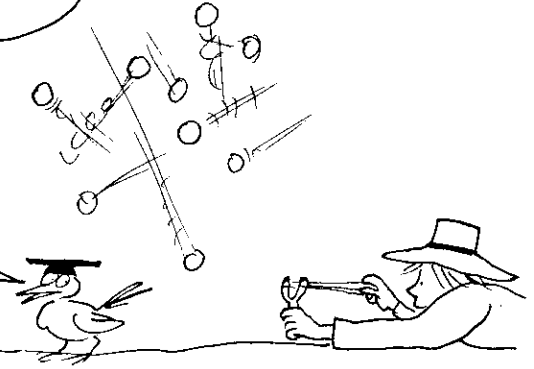


Wi, men nou pral wè sa nan paj 46. An atandan, patikil y'ap echanje enèji, antre yo, ou byen avèk foton yo, atravè kolizyon yo. Sistèm sa vle inifòmize tanperati yo, pou RANN YO EGAL, pou mete Sistèm nan an eta EKILIB TÈMODINAMIK.

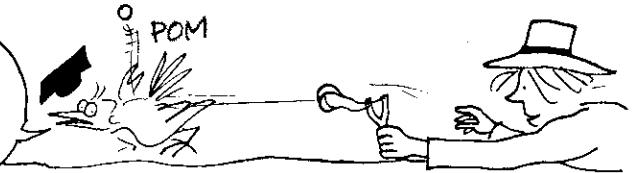
# TANPERATI MATYÈ

$T_M$

Tout patikil MATERYÈL sa yo gen mas  $m$  ak vitès  $V$  varye. ENÈJI SINETIK yon patikil materyèl se  $1/2 mV^2$ . Men, sou popilasyon sa, mwen ka defini yon enèji ajitasyon (TÈMIK) mwayen.



E TANPERATI MATYÈ  $T_M$  nan se pral mezi ENÈJI MWAYEN AJITASYON TÈMIK sa.



## TÈMODINAMIK

Si yon patikil gen tròp enèji, si li trò rapid, trò "cho", yon kolizyon avèk yon lòt patikil pral ralanti'l. E vise vèsa si li trò lan. Si fenomèn kouplaj enèjetik espès yo pa kolizyon sifizamman entans, non sèlman tanperati yo pral egal, men y'ap rete konsa menm si ou detann ou byen konprime melanj sa.



E la...

Akselere!

Pa si vit!

Alò n'ap trennen...

Gade yon ajitasyon !  
Patikil ak antipatikil yo pran nesans e yo mouri,  
pa de, avèk yon rit enfènal.

Ki kondisyon kreyasyon  
yon pè patikil - antipatikil ?

# TANPERATI LIMIT

Pou kreye yon PÈ patikil-antipatikil,  
ki gen menm mas  $m$ , fò'w gen yon enèji  
 $2mc^2$ , ki bay pa yon pè foton ki  
gen yon enèji siperyè ou egal.

Si enèji mwayen foton yo enferyè  
ak enèji limit sa  $mc^2$ , sa vle di si tanperati  
reyònman  $T_r$  la trò ba (anba yon valè limit)  
patikil materyèl sa yo p'ap ka kreye ankò.

Wè...

# NAN EVOLISYON ESPÈS YO

ANVI VIV yon espès  
toujou bay problèm. Li ka asire  
avèk yon rit prodiksyon elve.

Sa ki vle di  
tanperati reyònman  $T_R$   
la siperyè ak tanperati limit  
ki lye ak espès la.

Si tanperati  $T_R$  la pi ba,  
plizyè koz disparisyon  
ka anvizaje.

Pi redoutab  
la se eliminasyon  
avèk antipatikil la

PLOP

Vini answit  
yon bann move  
rankont tout jan.

Kòsmòs la se  
yon koup-gòj.

Anfen patikil yo gen pwòp DIRE LAVI yo (\*).  
Pase tan sa, yo dekonpoze lamenn an lòt  
patikil e an reyònman.

Problèm nan,  
se dire...

(\*)... rezèv KRONOL yo. Al wè TOUT EST RELATIF.



Ki tanperati li fè ?

Pran yon foton  
e mezire longè ond  $\lambda$  li !

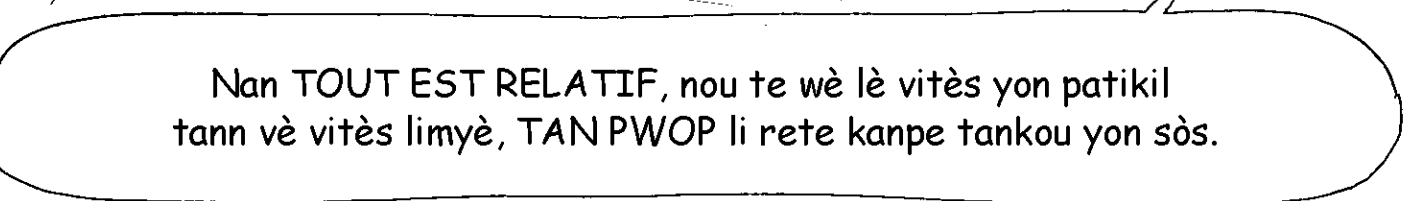


Adje, ven mil milya degre ( $2 \times 10^{13} \text{K}$ )

Gen lè gen anvwon menm kantite  
foton, netrino, proton, netron, elektron  
(ak antipatikil yo).



Avèk yon wo tanperati konsa,  
tout moun RELATIVIS. Menm patikil materyèl  
yo ale nan vitès ki pwòch vitès limyè  $c$  a.



Nan TOUT EST RELATIF, nou te wè lè vitès yon patikil  
tann vè vitès limyè, TAN PWOP li rete kanpe tankou yon sòs.



An fèt, sa poze yon gwo problèm... Si tout moun prale nan vitès limyè, alò TAN an (\*) pa pase ankò ?!!? Pa gen moun pou viv li...

Pèsonn pa ale ase lantman pou gen yon tan k'ap pase nan yon fason siyifikatif.



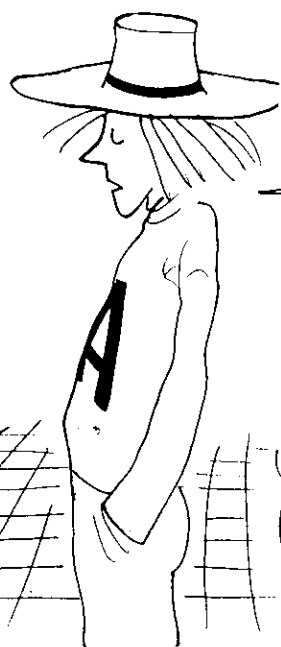
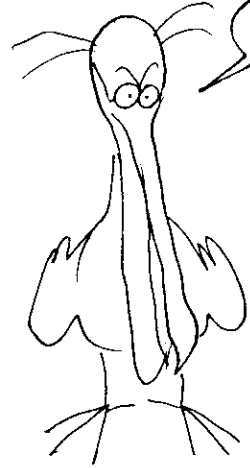
O!..

Yon mond totalman SAN TAN pa t'ap gen SANS.

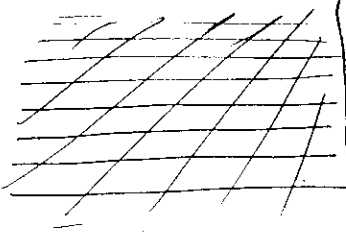


Tan an se petèt yon privilèj ke sèl kèk inivè genyen ?

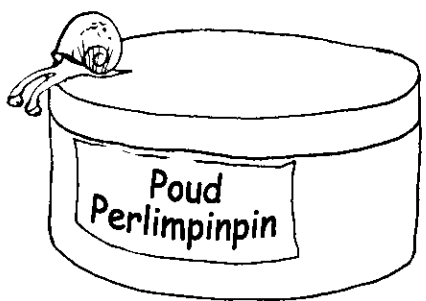
Sa dyabolik !



Bòf, avèk tou sa'm wè e tandè deja... LESPAS, TAN, INIVÈ, tou sa se sèlman yon aparans.




Konpozan inivèsèl tout bagay ?



(\*) yon tan kosmik ki ta kapab yon mwayèn nan TAN PWOP yo.

# PATIKIL ELEMANTÈ YO

Gade, olye'w rete de bra pandye, ede'm mete yon ti lòd nan dezòd PATIKIL ELEMANTÈ sa yo.



Sa yo gen longè ond Compton  $\lambda_c$  yo piti anpil.

Patikil sa yo ki gen gwo mas rele IPERON (\*)

Epi vin genyen ADRON yo. PROTON ak NETRON an (tou kòm antiproton ak antinetron an) fè pati de li. Yo ka ranje yo an NWAYO. Pou kreye patikil sa yo, fò'w genyen yon tanperati de reyònman siperyè ak  $10^{13}$ K, swa di mil milya degre.



Se tanperati limit yo.

Longè ond Compton proton ak netron yo vo  $1.35 \times 10^{-12}$  cm. Yon milyèm nan milyadyèm cm.

DEFANS POU METE NEN'W NAN YON NETRON

(\*) Ipotetik, nan eta aktyèl konesans yo.



ADRON, sa soti nan ADROS,  
ki vle di balèz, an grèk.

Tirésias,  
ou konnen grèk ?

Genyen evidamman menm kantite  
ANTI ADRON avèk ADRON.

Anfen, men LEPTON yo (\*)

LEPTON

ANTILEPTON

Pou kreye yo, yon tanperati de reyònman  
de 6 milya degre (tanperati LIMIT) sifi.

Sa yo plis konnen pami LEPTON yo se elektron,  
ak marasa li anti-elektron an, ou byen POZITRON.  
Nou pral remake tanperati limit la, nan kreyasyon elektron yo,  
1850 fwa enferyè ak tanperati limit ki koresponn ak proton e netron an.

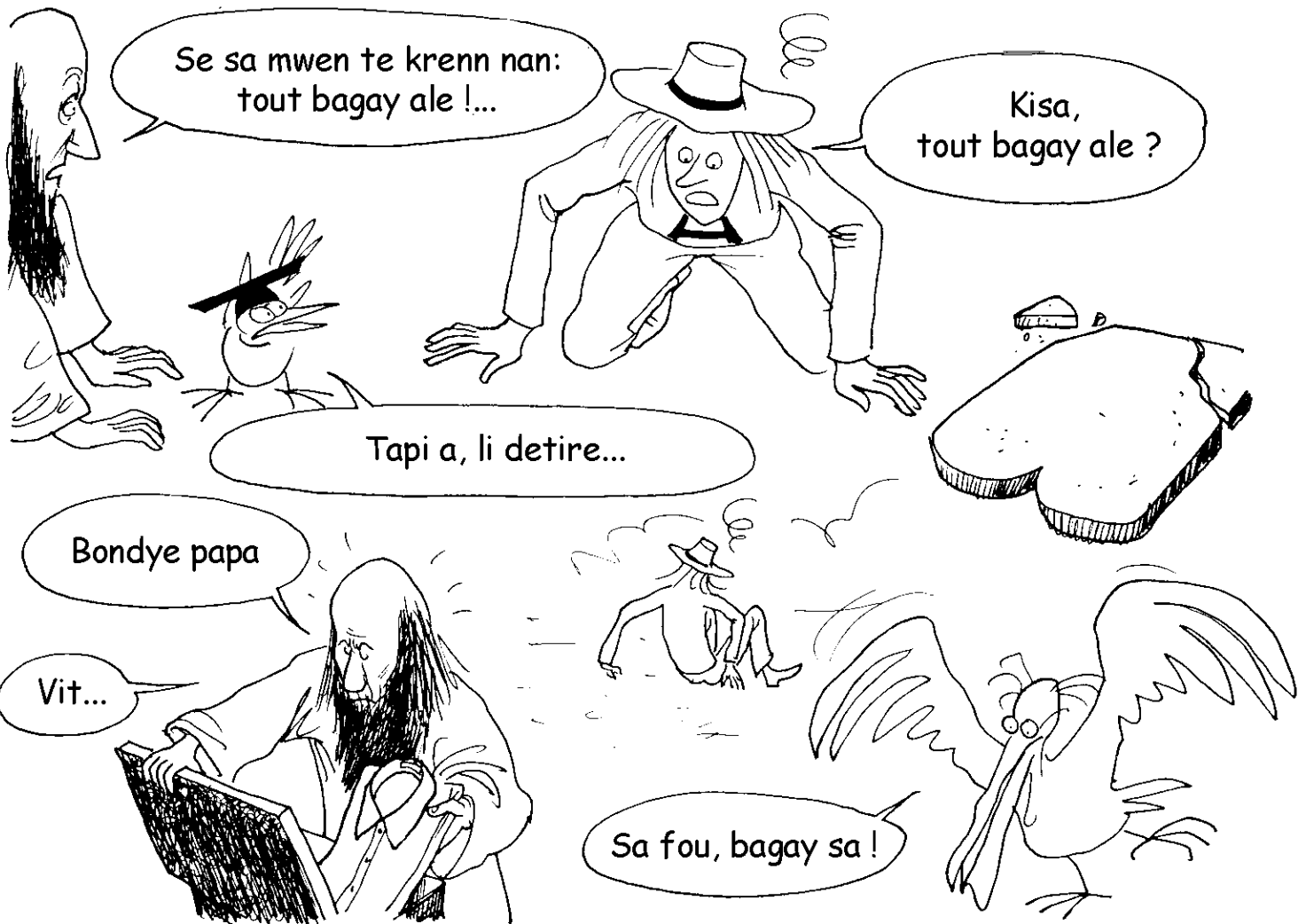
Se nòmal pwiske fò'w gen  
1850 fwa mwens enèji pou'w  
kreye elektron ke proton an.

(\*) de grèk la LEPTOS, mens.

# TOUT BAGAY ALE



Sitiyasyon an te tèrribleman kronojèn (tan an te vle sèlman parèt).  
Kronotron an te rekòmanse mache e se te premye EVÈNMAN an, premye ENSTAN an.



Kote'w ye ?  
Kisa'k pase ?

Se EKSPANSYON an, debak la...  
Inivè a ap detire. Eskize'm...

Mwen prale  
nan lòt bò a.

Chanjman, mwen,  
m'pa sipòte' l !

E !!!

Ou pral wè, nan yon  
ti tan sa pral kalme.

Li ba nou vag nèt,  
ou mèt kwè'm.

Adye,

bon van.

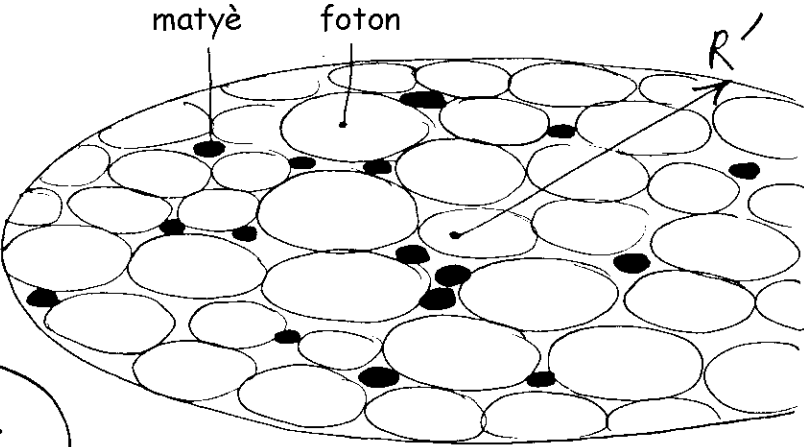
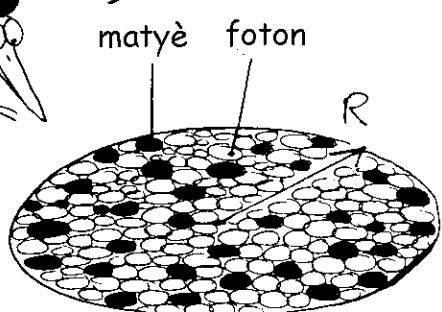
Ankò rate !

Kote li ye ?..

Ou ta di yon plak egou.  
Èske se katakonb Inivè a ?

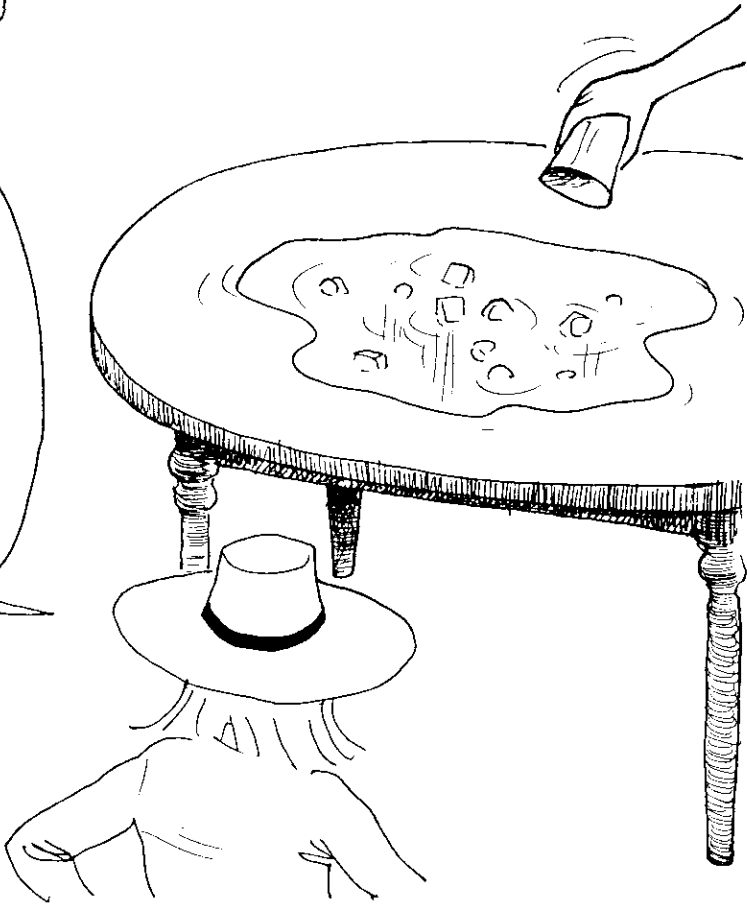
# KONSÈVASYON MAS LA

Gade sa k'ap pase: se foton yo k'ap dilate.  
Patikil materyèl yo, yo menm, pa dilate.



Matyè, se espas jele.

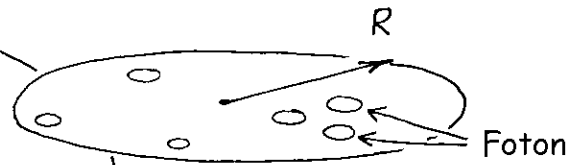
Sa fè panse ak sa'k pase  
lè'n ranvèse sou yon tab yon vè  
plen dlo ak glason. Mas dlo a gaye,  
li dilate. Glason yo swiv ekspansyon  
sa, men yo kenbe dimansyon yo.



Kòm dimansyon patikil materyèl yo lye avèk mas yo,  
m'vin konprann MAS LA KONSÈVE.

Envèsèman, ansanm foton yo  
(ki dilate) pèdi ENÈJI.

Si  $R$  se reyon Inivè a, kòm longè ond  $\lambda$   
foton yo ap swiv ekspansyon an ( $\lambda$  varye  
tankou  $R$ ), m'vin konprann tanperati reyònman  
an, ki varye tankou  $1/\lambda$ , diminye tankou  $1/R$ .



Tout bagay ap pase tankou  
inivè a te kreye pwòp espas li,  
KOSMOTOP li (\*) lè li sekrete...  
vid la...

Matyè ak limyè se de fòm diferan de menm  
antite a: ENÈJI-MATYÈ a. Foton yo kenbe vitès  
300 000 km/s la men yo pèdi enèji yo.

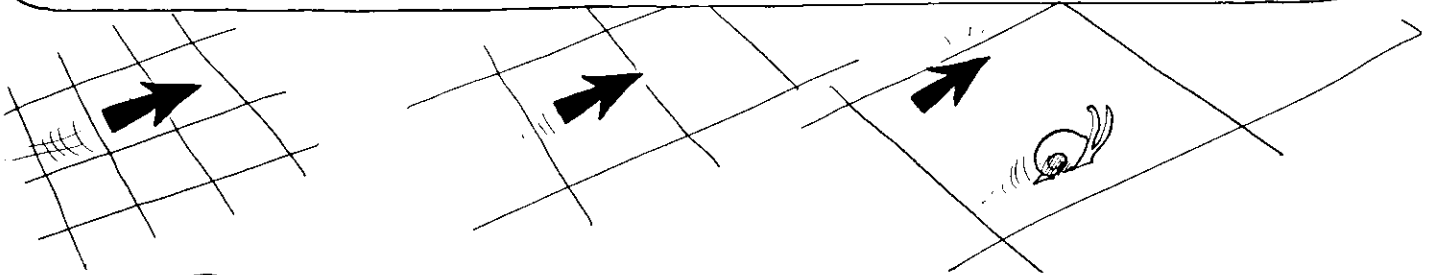
(\*) nan kòmòs: KOSMOS e topòs: LYE  
(andwa kote Inivè a twouve'l).

Men yon imaj ki byen dekri etirman foton an ak pèt enèji ki soti ladan.



Men kòman matyè a konpòte'l nan ekspansyon sa ?

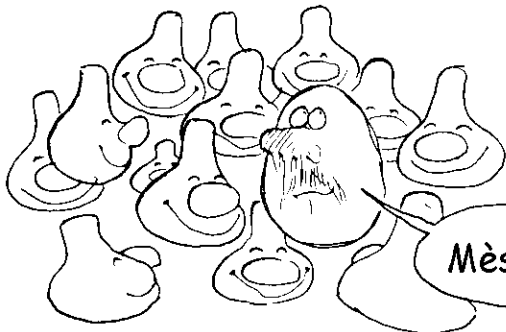
Inivè a sekrete espas la tankou yon koki. Plis tan ap pase se plis patikil yo gen wout pou yo fè. Lè gwosè Inivè a double, alò vitès ajitasyon patikil materyèl yo diminye de mwatye. Enèji sinetik yo divize pa 4: vitès ajitasyon an varye tankou envès rayon  $R$  Inivè a, tandiske tanperati  $T_M$  matyè a pral varye an  $1/R^2$ .



Men... nou te wè talè a tanperati reyònman  $T_R$  la te varye tankou  $1/R$ . Donk matyè a gen tandans pou refwadi pi vit ?



Efektivman. Men kolizyon foton-matyè yo rechofe'l.  
Trè frekan, yo kenbe eta ekilib tèmodinamik la ( $T_R = T_M$ ),  
pandan yon sèten tan.



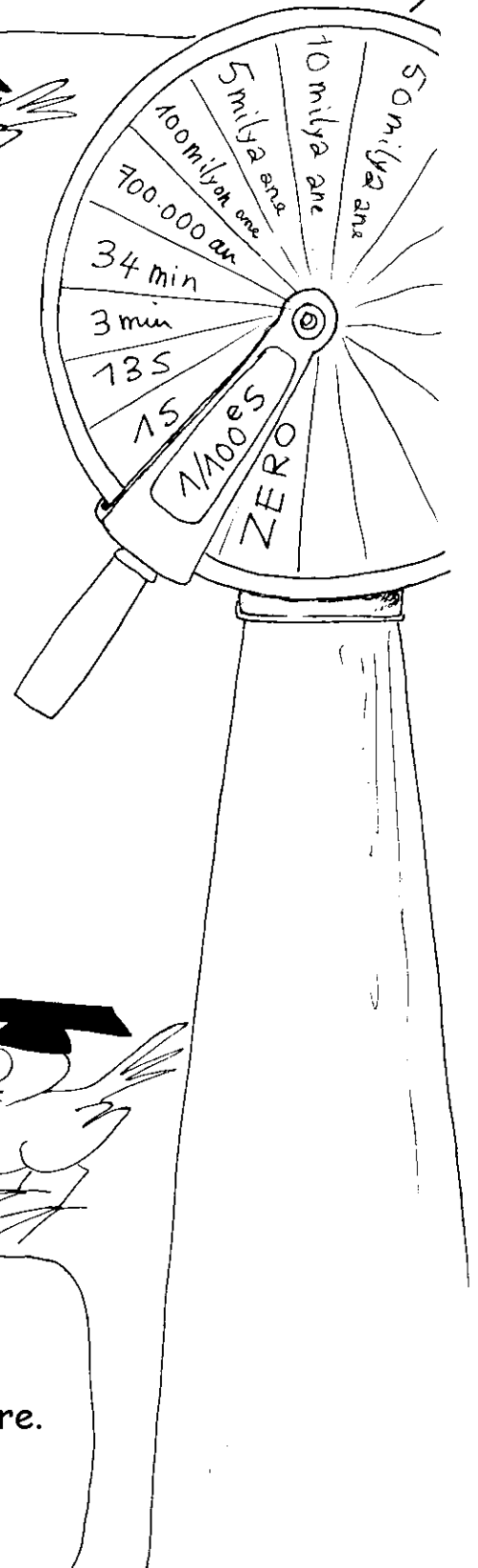
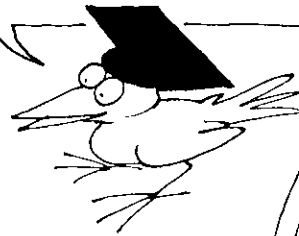
Mèsi, zanmi'm yo

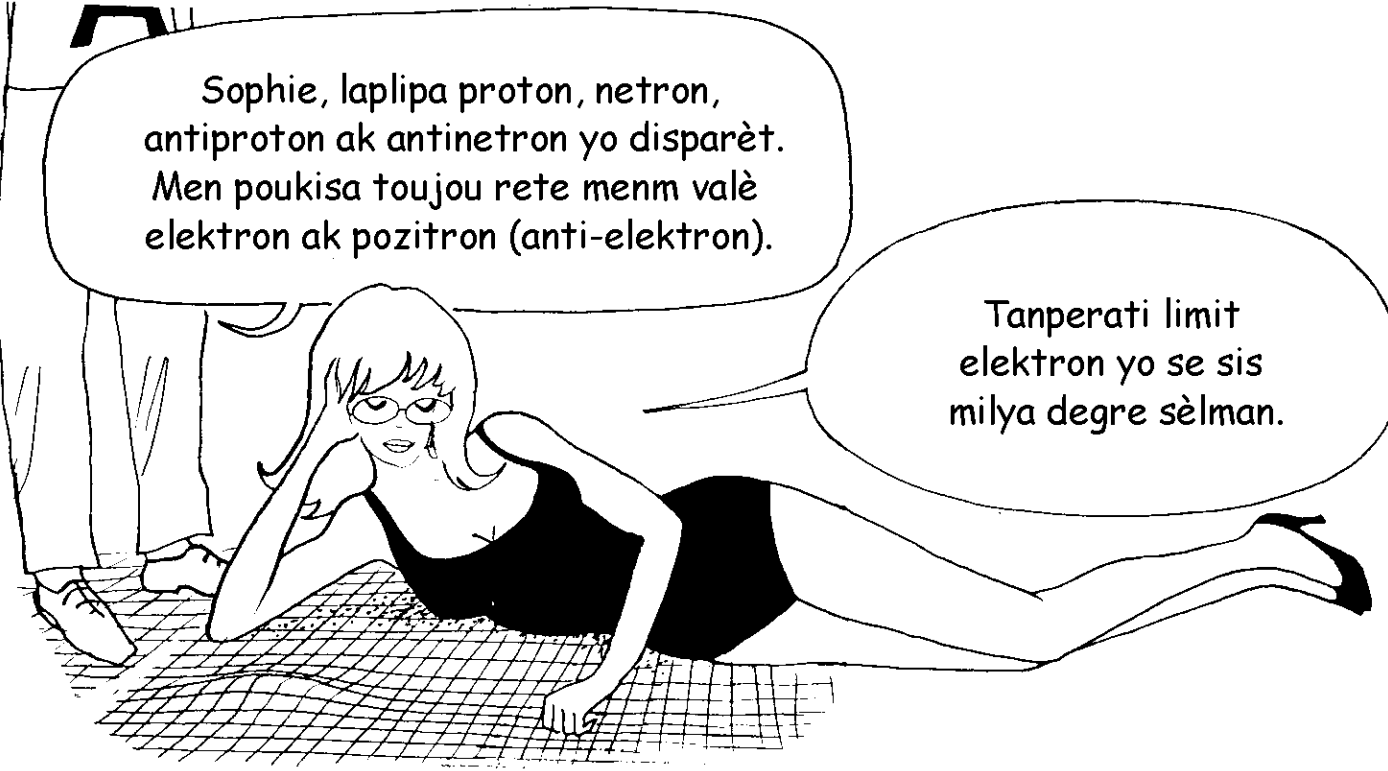
Yon santyèm segond

Proton, netron,  
antiproton ak antinetron yo  
ale kounya sèlman nan dizyèm  
vitès limyè c a.



Tanperati ( $T_R = T_M$ ) nan tonbe nan san milya degre,  
sa vle di anba tanperati limit yo, ki se di mil milya degre.  
Yo vin elimine de pa de ak yon rit san fren e vin  
rete sèlman yon sou yon MILYA.





Sophie, laplipa proton, netron,  
antiproton ak antinetron yo disparèt.  
Men poukisa toujou rete menm valè  
elektron ak pozitron (anti-elektron).

Tanperati limit  
elektron yo se sis  
milya degre sèlman.

Sis milya degre sèlman...  
ou tande ?

Ou ta di  
sa ap frechi.

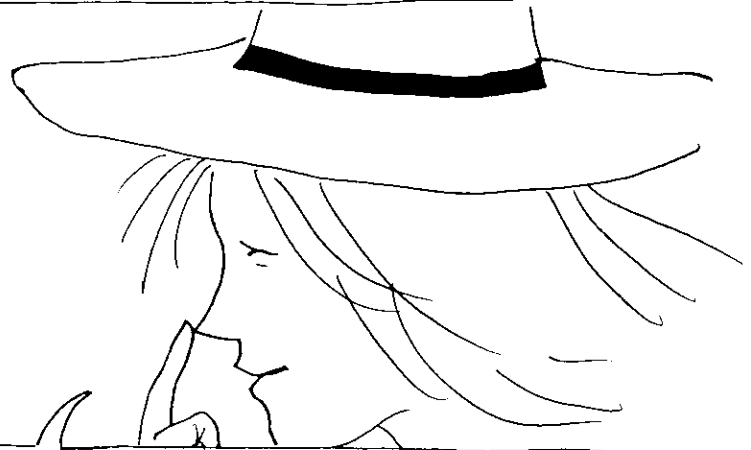
Gen yon bagay ki dwòl: tanperati a se san milya degre.  
Proton, netron, antiproton ak antinetron ale nan dizyèm vitès limyè a.  
Men elektron yo ankò relativis.

Wi, poukisa ?



Milye an toujou nan eta EKILIB TÈMODINAMIK:  
kouplaj tout espès yo, ak reyònman an, toujou entans.  
Enèji sinetik patikik materyèl yo, an mwayèn, egal:

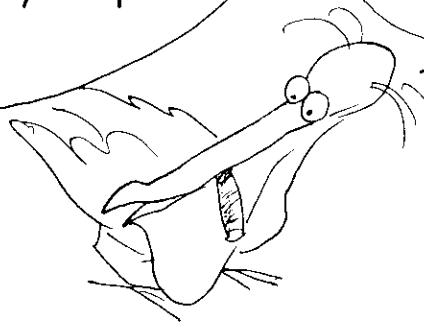
$$\frac{1}{2} M_{\text{proton}} (V_{\text{proton}})^2 = \frac{1}{2} M_{\text{elektron}} (V_{\text{elektron}})^2$$



Tann... kòm mas elektron an 1850  
fwa pi piti ke pa proton an alò, nesesèman,  
pou konpanse, nan yon tanperati kèlkonk,  
vitès ajitasyon elektron an pi elve.

An fèt, kòm enèji-limit kreyasyon  
yon patikil de mas  $m$  se tou senpman  $mc^2$ ,  
yon fwa vitès ajitasyon  $V$  a vin yon ti kras pi  
piti pase  $c$ , kreyasyon patikil sa yo sispann  
e depopilasyon an vin fèt.

Sa vle di: yon  
fwa popilasyon patikil  
materyèl la sispann  
relativis, li desime.



Trèz segond.

Tanperati a tonbe  
nan twa milya degre.

O, gade elektron  
ak antielektron yo.  
Ki ekatonb sa !

Dam, nou anba tanperati limit yo.

Yon veritab Saint-Barthélémy kosmolojik !

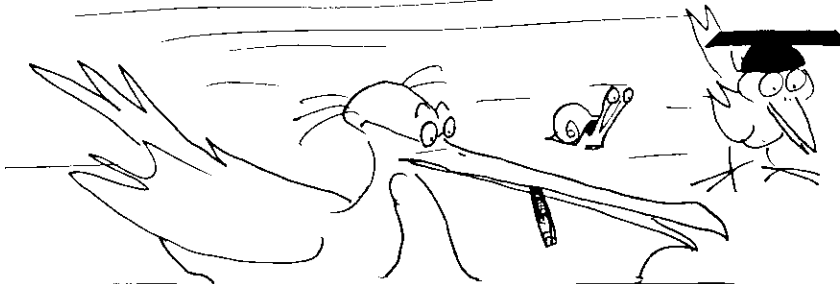
La ankò, pral rete  
sèlman yon sou yon  
**MILYA !**

Gade yon gagòt...

Pou yon ti kras, pa t'ap rete ANYEN...  
sèlman foton yo. Yon chans...

Petèt genyen  
lòt Inivè ki rate,  
nan lòt kote.

Yon nan pi gwo mistè kosmoloji  
se paske li pa kapab eksplike poukisa matyè  
ak antimatyè pa rive elimine yon lòt.



Nan moman istwa a, se toujou menm jan:  
gen yon moman kote nou evite problèm  
ANTIMATYÈ a. Pfffft !... disparèt, antimatyè a...

Tiresias, m'ap raple'w  
konvansyon nou yo. Sèlman FÈ yo !  
Pa gen espekilasyon tèt chaje !.. (\*)

Mwen pa vle wè  
epistemoflik yo

Psst.. !

(\*) Yon albòm pral konsakre espesyalman pou espekilasyon tèt chaje  
yo "KANAVAL LASYANS: Antoloji ide k'ap vini yo".

# EPOK RADYASYON

Patikil,  
genyen plis  
MAS.

Kounya pa gen anpil bagay ankò  
nan inivè sa, aprè limyè sèlman

ENÈJI-MATYÈ a,  
ki te an pati egal sou fòm  
matyè, antimatyè, foton ak neutrino kounya vin prèske sèlman sou fòm  
foton ak neutrino, sa vle di reyònman. Lòt bagay chak fwa gwosè R  
Inivè a double, dansite matyè a diminye. Senp dilisyon.

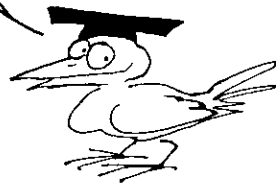
Sou tapi a, lè R double,  
dansite a divize pa  $2 \times 2 = 4$ .  
Nan inivè ak twa dimansyon nou an, an fèt,  
dansite sa divize pa  $2 \times 2 \times 2 = 8$ .

Dansite matyè a varye tankou envès kib "gwosè",  
"reyon" R Inivè a.

Men, pou nou, foton yo, sa pi dramatik.  
Ekspansyon an "vide" nou piti piti de tout enèji  
nou. Kantite enèji-matyè nou pote diminye  
tankou envès reyon R Inivè a.

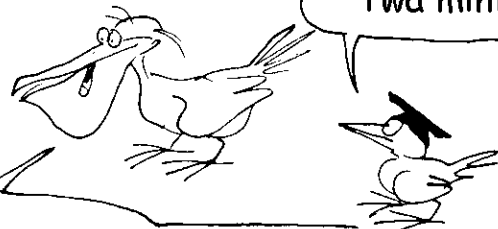
Sa ki fè dansite enèji-matyè a ki sou fòm foton  
varye tankou envès pwisans katryèm R la.

Toutan matyè a rete kouple avèk foton yo, yo rechofe'l nèt ale.  
E sa jiskaske tanperati yo (menm bagay:  $T_R = T_M$ ) tonbe nan 3000 K,  
sa vle di pandan 700 000 ane.

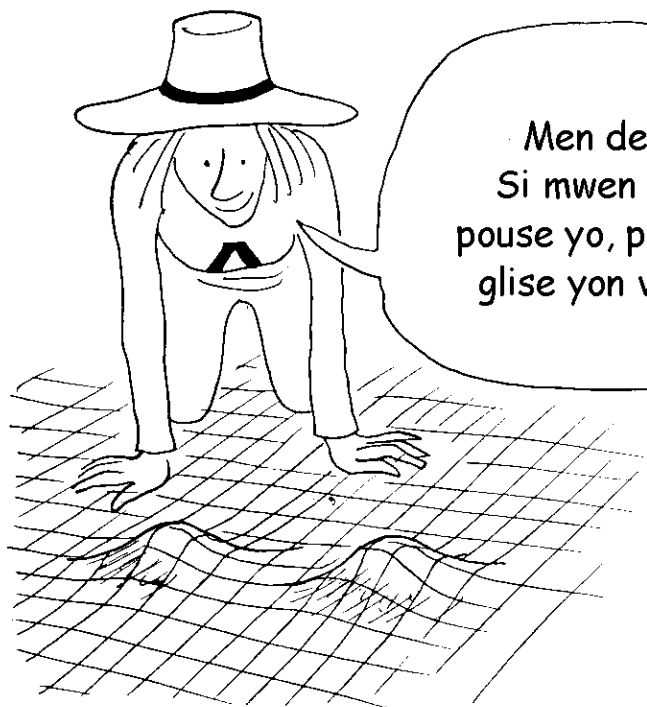


# NIKLEYOSENTÈZ

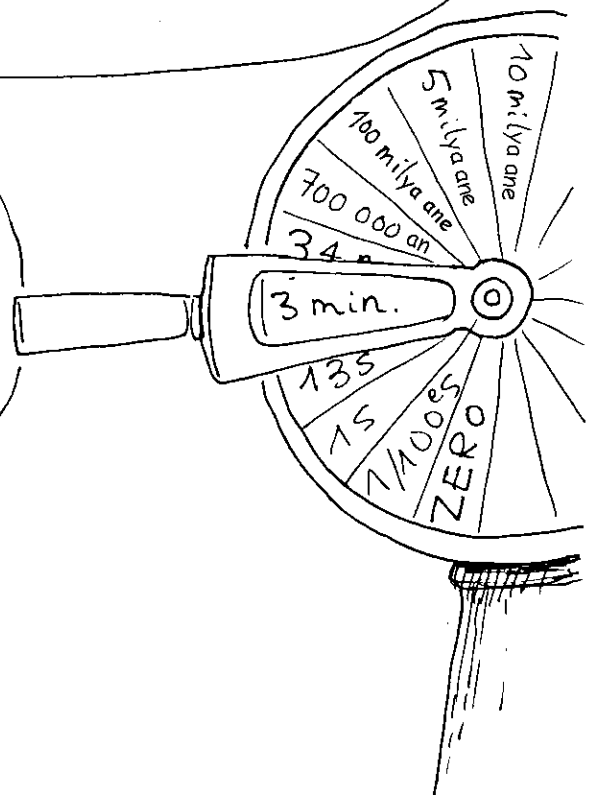
Twa minit

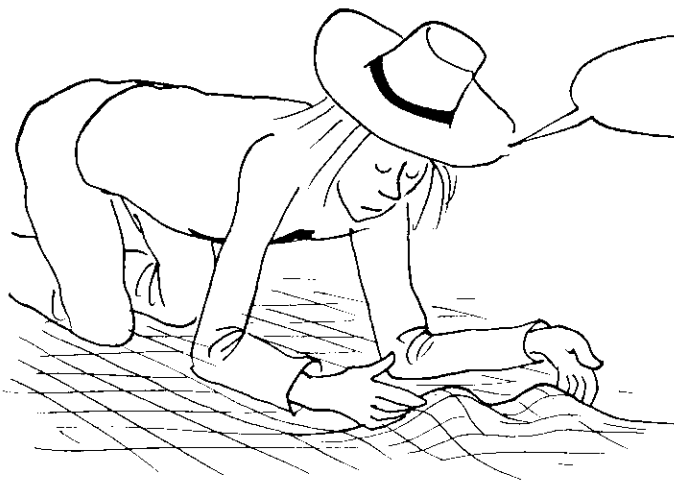


Bon...pa rapò ak eta ki dekri nan page 31,  
nan premye santyèm segond la, gwosè Inivè R la te miltiplye pa san e  
tanperati a ( $T_R = T_M$ ) tonbe nan yon milya degre. Pa rete anyen ankò.  
E alò ?...

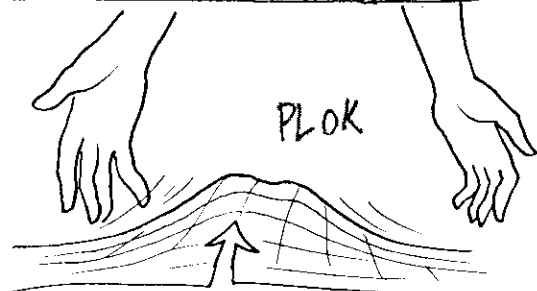


Men de bòs.  
Si mwen eseye  
pouse yo, pou fè yo  
glise yon vè lòt ?





Yo kòmanse ap pouse yon lòt



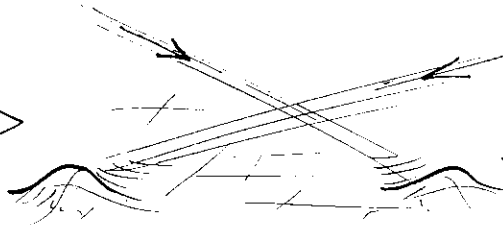
Answit yo atire yon lòt pou fòme yon sèl objè.

Lè de bòs antre an kolizyon, twa ka prezante: si yo ale lantman, yo rebondi yon kont lòt.



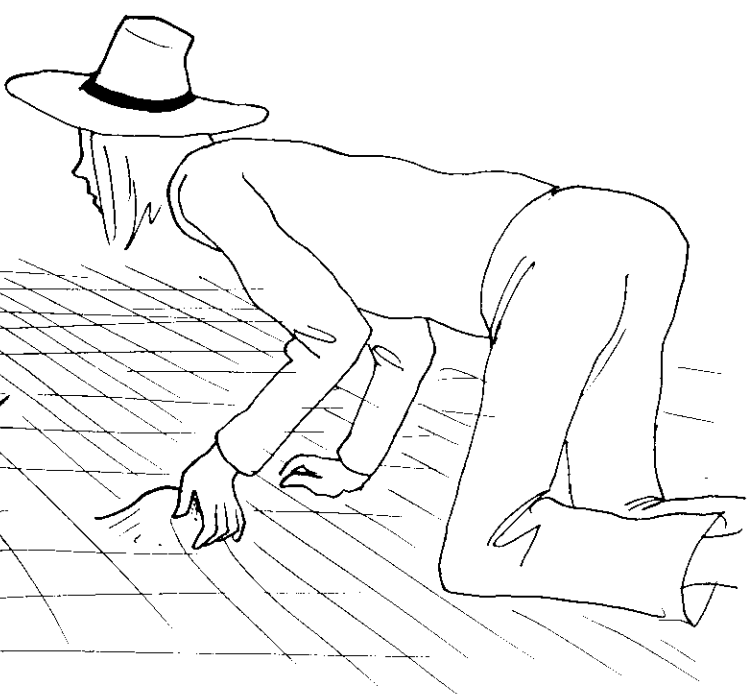
O, padon...

Lè bòs yo trè rapid, yo kwaze tèlman vit yo pa gen tan entèraji.



?...

Yo ka ini sèlman nan yon plaj byen defini nan vitès ajitasyon, nan tanperati.



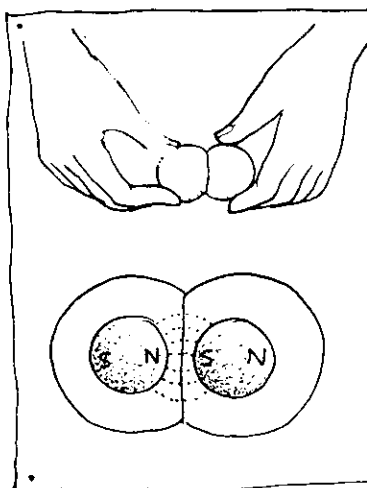
E yon kolizyon vyolan avèk yon twazyèm eleman brize estrikti ki fòme konsa.



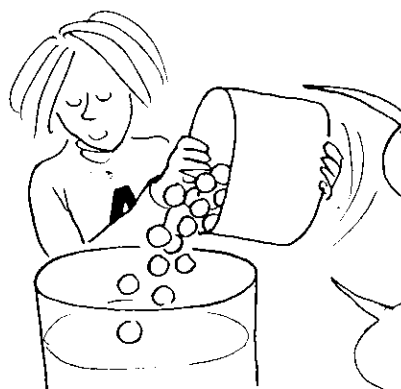
Reyaksyon FIZYON sa yo bay premye NWAYO ATOM yo. MOFOJENÈZ sa pral fè premye FOM yo parèt, premye ESTRIKTI Inivè a.

Sa trè amizan, afè sa. Fò'w gen yon fòs atraktif ak yon fòs repilsif. Nan gran distans, fòs repilsif la ranpòte'l, e nan kout distans se envès la.

Mwen pral pran kèk leman, mwen pral mete nan boul an mous.



Mous la kraze fasilman; si mwen peze de boul yon kont lòt, yo rete kole yon ak lòt.



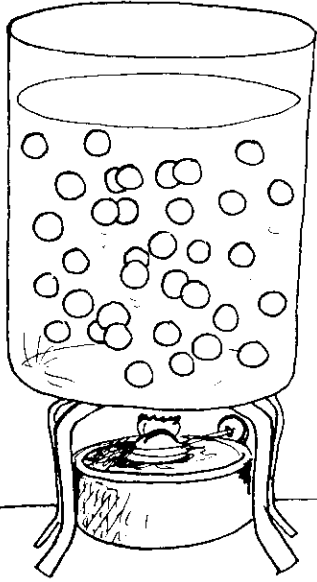
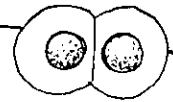
Mwen pral mete boul sa yo nan yon gran veso ranpli ak dlo...

... pou pèmèt yo bouje.

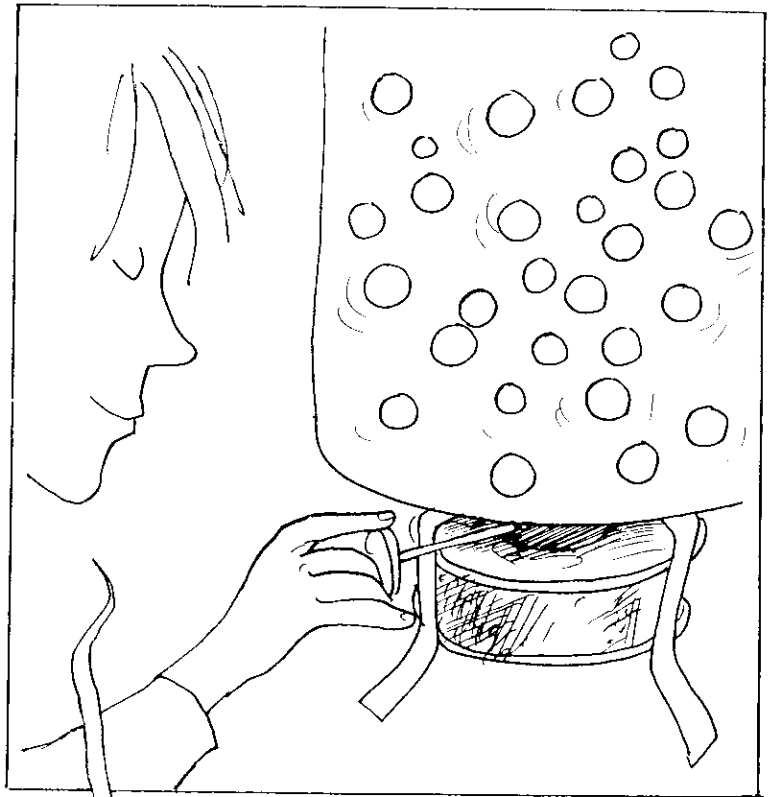
De fòs entèvni. Yon atraktif: leman yo, lòt la repilsif: mous la lè li konprime. Yon fwa boul yo touche, li entèvni. Pòte fòs manyetik la se tankou mous la dwe konprime sifizamman pou li antre nan jwèt la. Gen yon pozisyon, yon konfigirasyon kote fòs sa yo ekilibre.



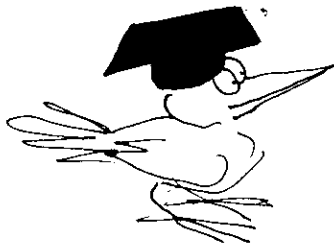
Mous la bay boul yo yon dansite pratikman egal ak pa dlo a. Kounya m'ap kreye yon mouvman ajitasyon lè'm chofe'l.



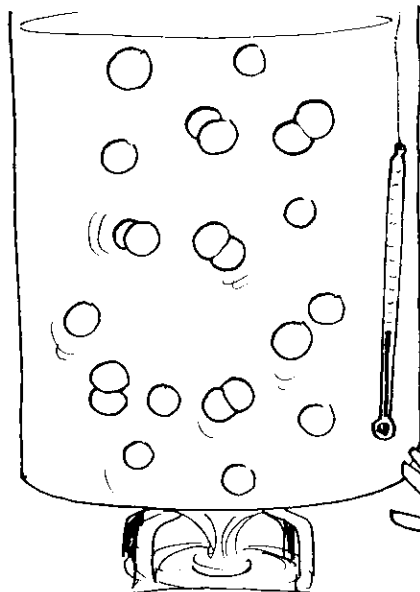
Lè chofaj la fèb, boul yo rebondi dousman yon kont lòt, e pa gen anyen ditou ki pase. Lè yo frape fas a fas, pa gen ase enèji pou konprime mous la, e pèmèt ak fòs elektromanyetik la, ki manifeste nan kout distans, pou'l aji.



Bon, mwen pral pouse chofaj la.





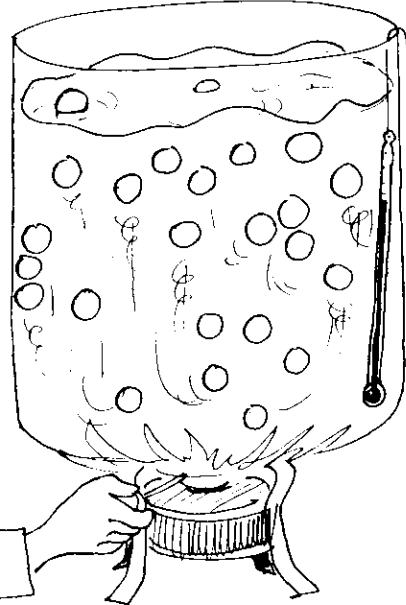


La, sa mache ! Se bon tanperati a  
(siperyè ak tanperati LIMIT la).  
Degre ajitasyon an sifi.

An efè,  
boul yo rasanble pa de.

Lè'm chofe'l tròp,  
ESTRIKTI sa yo vin brize  
avèk ajitasyon tèmik la.

Et si tu refroidissais ?



Anselme kite lè a refwadi.  
TIBILANS la bese.  
Nan yon sèten moman, kèk boul akouple.  
Men, pwiske tanperati a kontinye bese,  
NIKLEYOSENTEZ sa kanpe.

Pa gen anyen pou fè ankò, kounya.  
Li trò fwèt. Boul yo pa ase ajite ankò  
pou yo ka soude antre yo.

Nou anba LIMIT la.



Menm bagay la rive lè tanperati Inivè a desann anba milya degre.

Sa vle di nan kèk MINT. Alò kèk estrikti ak de, twa, ou byen kat "boul" vin fòme.

PROTON  


NETRON  



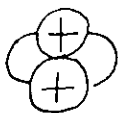

1 proton  
1 netron

DETERYOM



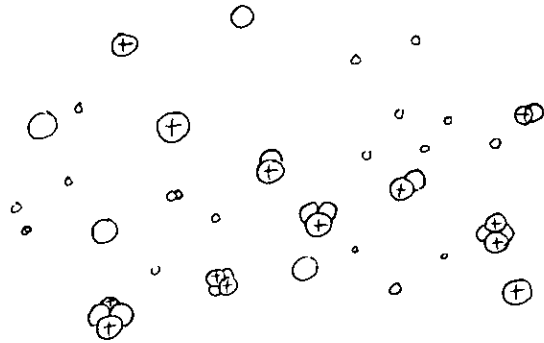
1 proton  
2 netron

TRITYOM

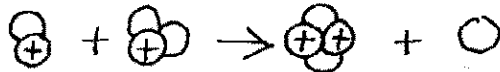


2 proton  
2 netron

ELYOM



Men DETERYOM ak TRITYOM nan yon fwa yo fòme, yo pral konbine dapre REYAKSYON NIKLEYÈ:

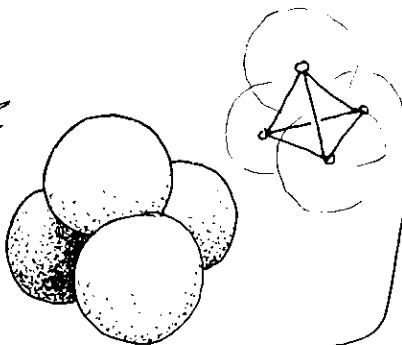


detryòm + trityòm bay elyòm + netron

Nan etap sa, l'Inivè se yon BONB AK IDROJÈN.



Alò, tout bagay pral transfòme an elyòm ?



Nwayo elyòm nan trè simetrik, konpak e solid. Si tanperati a te rete menm jan, tout matyè a t'ap konvèti an elyòm. Men pou rive 34 minit, tanperati a tonbe nan 300 milyon degre e nikleyosentèz sa pral kanpe.

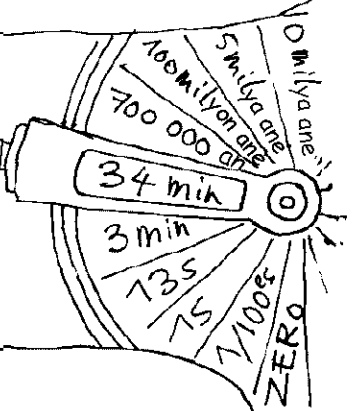
Nikleyon yo pa gen ase vitès ankò pou konbat repilsyon elektostatik la (+ repouse +).  
Tout bagay pral jwe.

Dènnye netron lib yo disparèt. Yo natirèlman enstab e yo transfòme, nan 109 segond, an yon koup PROTON-ELEKTRON.



Depi kòmansman an, gen 34 minit ki pase.

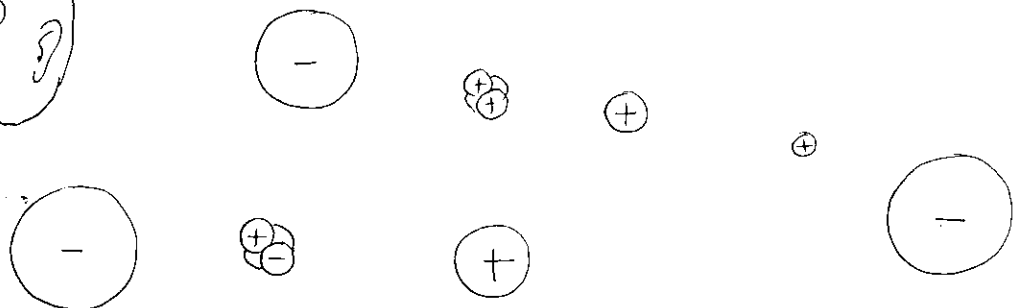
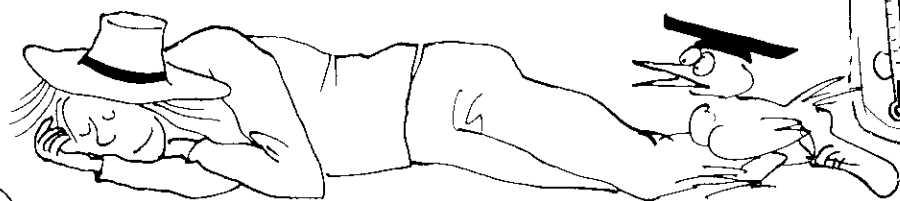
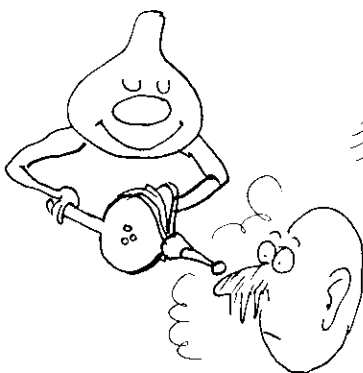
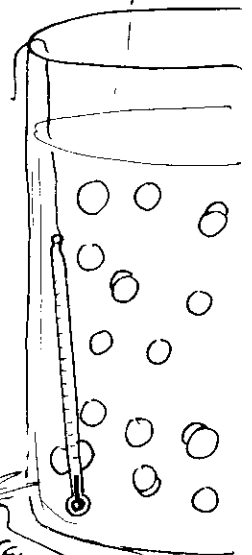
E alò ?



Nan fen faz sa, nou gen yon soup primitif ki fèt ak FOTON, NETRINO, PROTON, ELEKTRON ak NWAYO ELYOM. Matyè a distribye, an pwa, konsa: 25% Elyòm kont 75% IDROJÈN (proton lib).

HIPS!

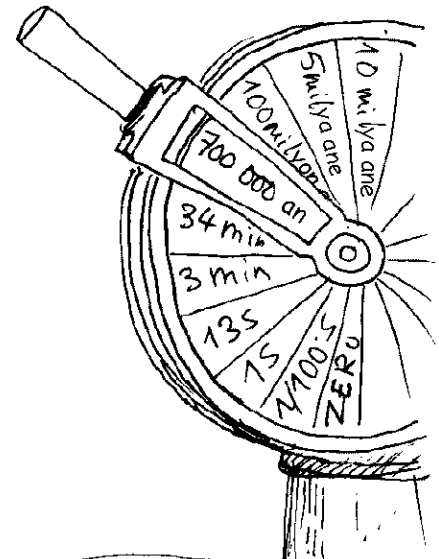
Pandan 700 000 ane pa gen ANYEN ditou ki pase. Inivè a kontinye ap etann li, ansanm ak foton yo. Gaz foton yo kontinye bay matyè a chalè, pou de tanperati  $T_R$  ak  $T_M$  yo rete egal (ekilib tèmodinamik).



E tanperati a desann nan 3000 Kelvins.

# INIVÈ TRANSPARAN AN

Yon lòt mekanism MOFOJENETIK antre nan jwèt la. Fòs elektrik yo ta vle lye elektron yo avèk nwayo yo pou fòme atom yo. Ajitasyon tèmik la bese sifizamman pou estrikti sa yo pa brize ankò, touswit yo fòme, nan kolizyon avèk yon lòt atom ou byen avèk lòt konpozan melanj la.



Piti piti nwayo yo kaptire tout elektron LIB yo.

Atom dwòl sa yo... avèk gwo elektron'l yo. Mwen m'pa ladan!

E Inivè a vin TRANSPARAN.

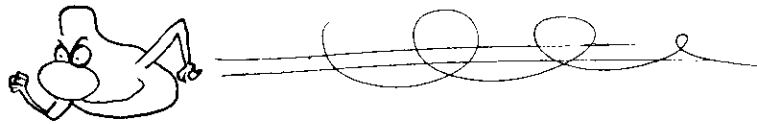
Kisa'w vle di pa transparan ?  
Avan, li te opak !?!

Avan, foton yo te entèraji toutan avèk matyè a. Okenn foton pa't rive jwenn yon wout nan milye sa.

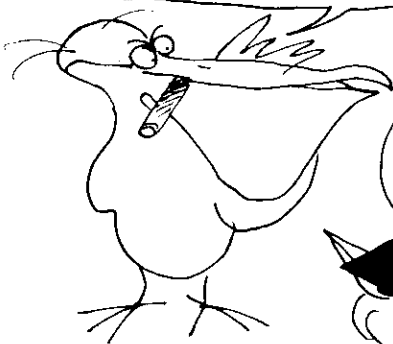
Pfff!

# DEKOUPLAJ

Kounya sa fini,  
foton yo ka travèse tout Inivè a san yo pa wè matyè egziste:  
gen DEKOUPLAJ. Pou de rezon. Premyèman gen plis plas.  
Dezyèmman, foton yo entèraji mwens avèk matyè net (atom).



Men, an'n wè, teleskòp yo voye pou nou imaj ki,  
an reyelite vini "tou dwat nan pase a..."



Wi, men menm avèk yon teleskòp trè pwisan,  
nou p'ap janm ka obsève yon fenomèn ki te fèt nan  
yon epòk kote Inivè a te gen mwens pase 700 000 ane.



Pase a, pase trè ansyen Inivè  
a pral rete vrèman flou, onbraje.

Wi, enposib pou  
analize Inivè a.



Pwiske matyè ak foton yo sispann entèraji, fè echanj enèji, EKILIB TÈMODINAMIK la vin SISANN, e tanperati matyè  $T_M$  nan vin ap bese pi vit (tankou envès kare reyon Inivè a), tanperati  $T_R$  foton yo, tanperati reyònman an, ki desann sèlman tankou envès reyon  $R$  sa.


Bonswa !

Kounya, chak koukouy klere pou je'w.

Ey ! Kisa'k pase ?  
Ou ta di lannwit rive ?  
E li fè fwèt anpil,  
yon sèl kou...

Inivè a konnen kounya yon ti fè nwa. L'ap kontinye refwadi. Syèl la pase de vyolè ak yon wouj sonb, answit lannwit rive tankou yon kout fwèt. Toujou genyen yon milya foton orijinèl pou chak atom elyòm ou byen idrojèn. Men foton sa yo, detire avèk ekspansyon an, vin bouke.

BIG BANG la, sa fini. Nimewo yo te eblouyisan. Yon ti kras ankò, pa t'ap rete anyen (yon patikil sou yon milya !). Li fè nwa tankou nan yon tinèl.



Fouchtr, ki move  
fwedi sa !

Longè ond foton  
yo se 0,15 mm, sa ki  
koresponn ak yon tanperati  
reyònman  $T_R = -173^{\circ}\text{C}$ .

Atom yo, yo menm,  
yo ale nan 150 m/s, sa  
ki bay yon tanperati  
matyè  $T_M = -267^{\circ}\text{C}$ .

Bon, m'kwè m'konprann  
kòman Inivè a fonksyone.

Men rete yon kesyon  
enpòtan: ak kisa sa sèvi ?

Wi, Anselme gen rezon,  
ki sans sa genyen ?

Èske sa te itil ?

An' n wè, nan kòmansman  
an te gen NENPOT BAGAY  
nan pi gwo dezòd la.

BRIGANDAY LA

Epi Inivè a te tonbe fabrike  
yon bann ESTRIKTI toujou pi  
KONPLÈKS, NWAYO, ATOM...

Mwen jwenn prensip  
kosmolojik de baz la.

A... e se  
kisa ?

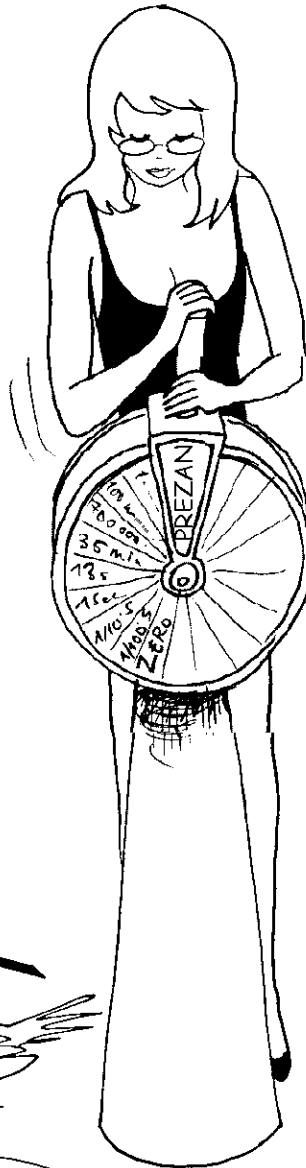
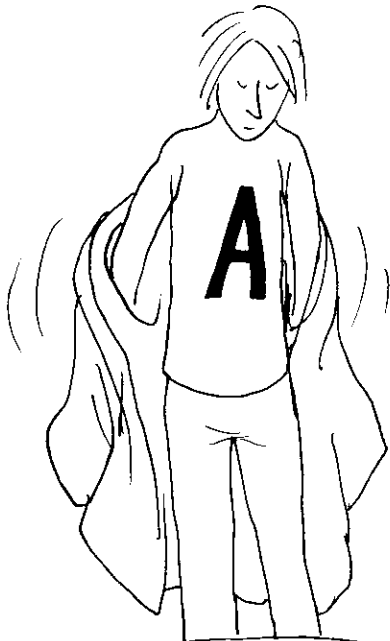
POUKISA POU FÈ'L SENP  
LÈ'W KA FÈ'L KONPLIKE ?

Wè...pa mal,  
ti istwa'w la.  
Men se espekilasyon,  
rèv teyorisyen. Kisa'k di  
tou sa te reyèlman  
pase konsa ?





Pou reponn kesyon Léon an,  
an'n kite Inivè tapi sa e an'n replase  
nou nan prezan an.

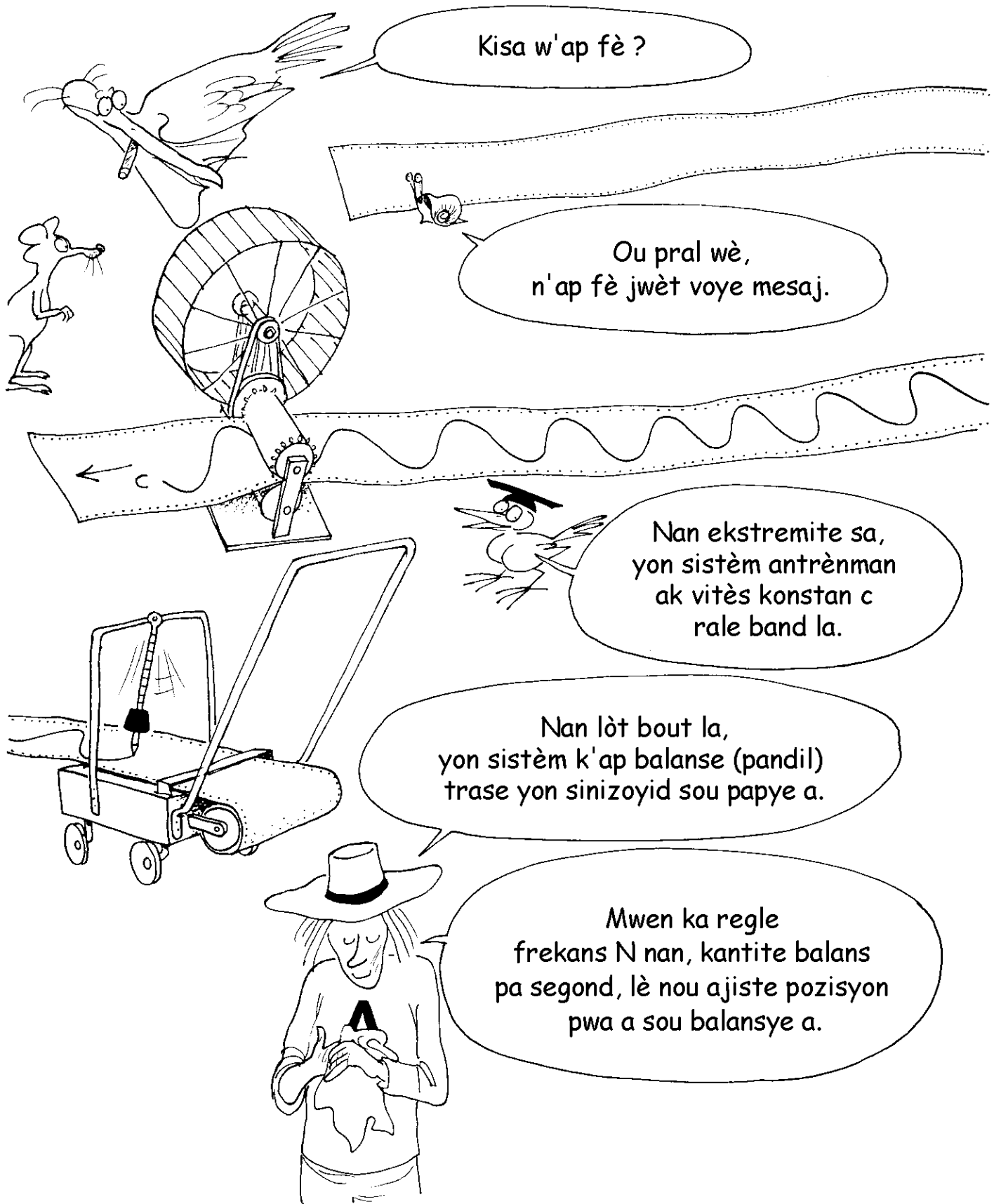


E tou sa k'ap vini yo ?  
Fòmasyon galaksi yo, etwal yo ?  
... n'ap bay vag ?

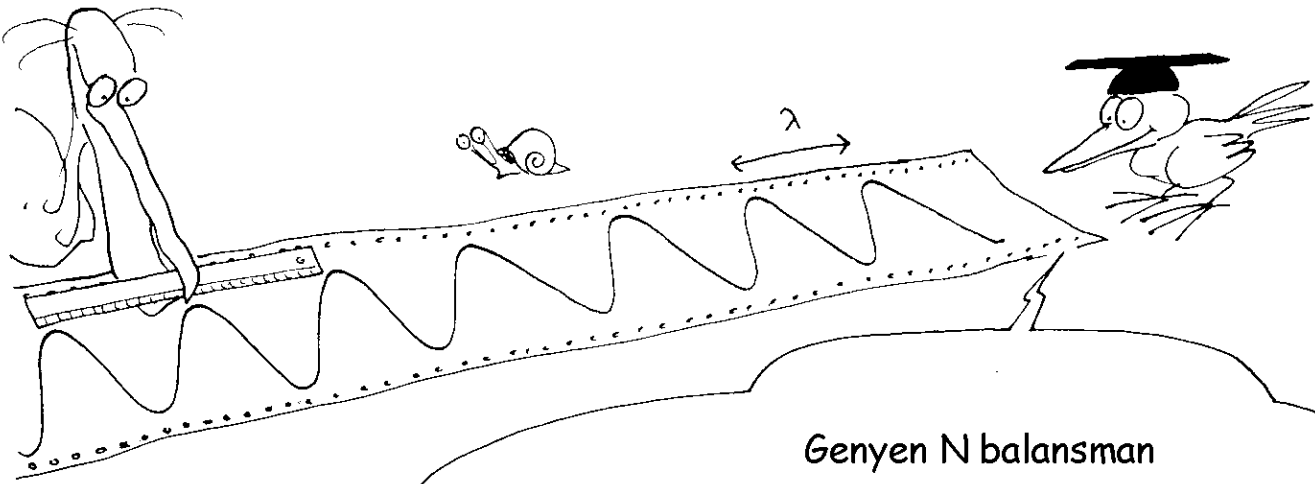


Non, tou sa pral rakonte  
nan MIL SOLÈY.

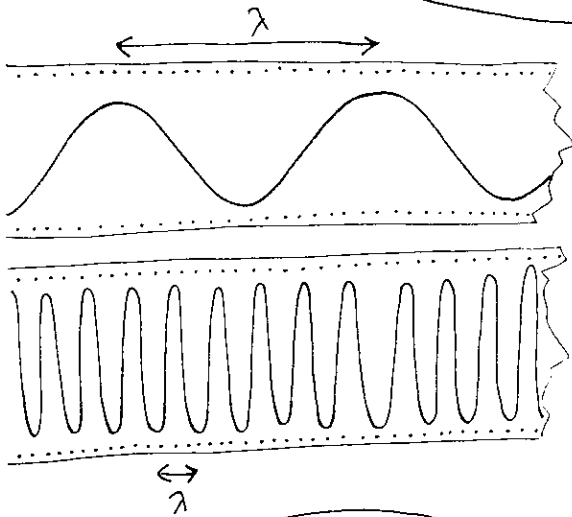
# EFÈ DOPPLER



A, dakò. E mwen m'ka mezire longè ond la nan arive a.



Genyen  $N$  balansman pa segond. Donk chak ale-retou pandil la fèt nan yon Nyèm segond: se PERYOD ond la. Pandan tan sa, band la avanse de  $\lambda = c/N$  (longè ond).



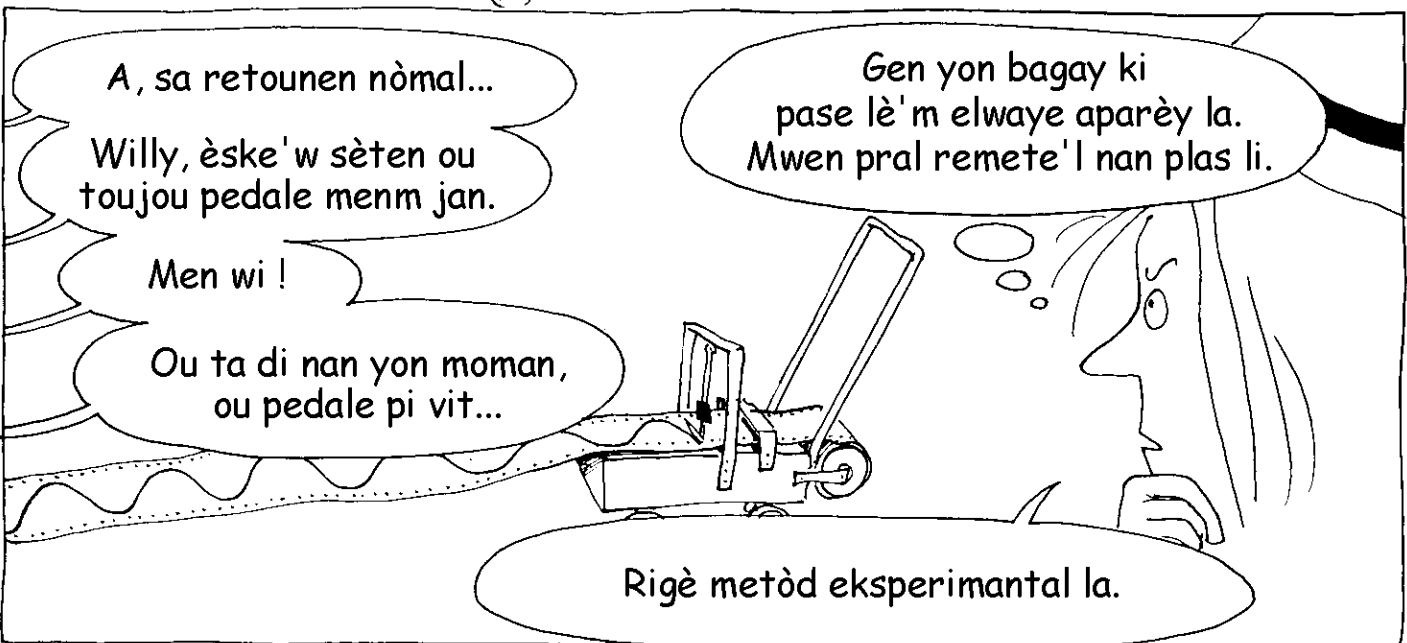
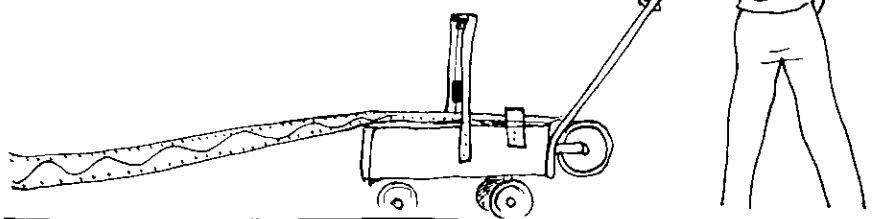
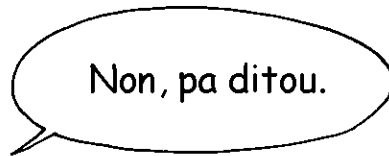
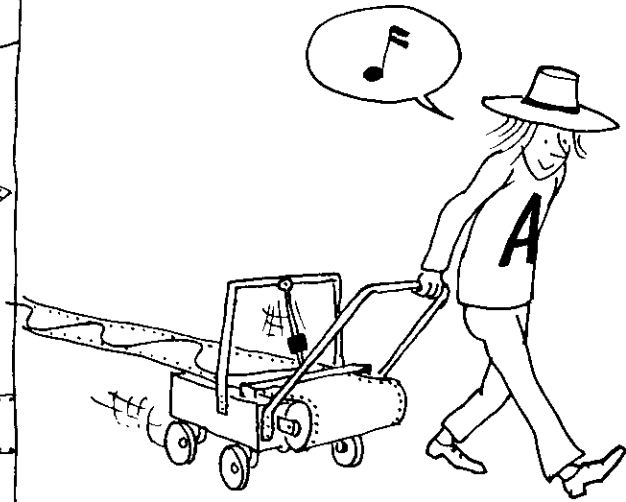
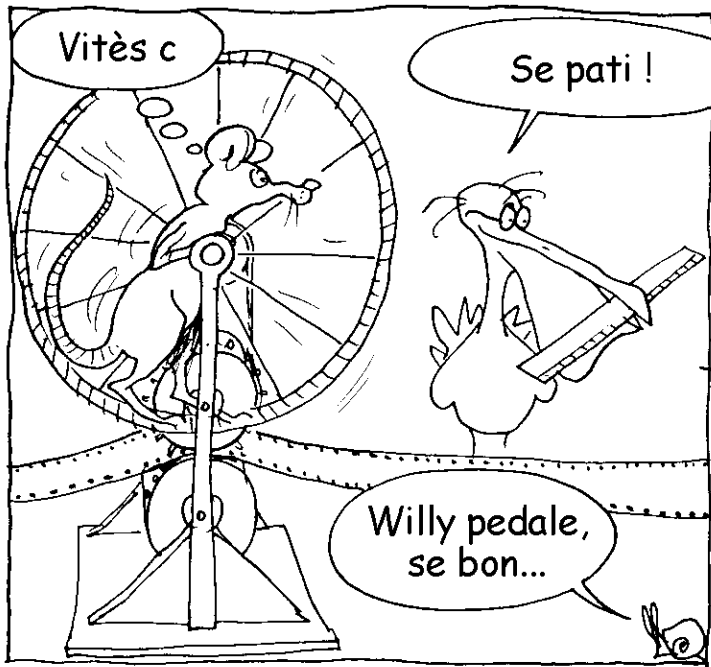
Ba frekans, gran peryòd, gran longè ond. Wo frekans, kout peryòd, fèb longè ond.

Sa pèmèt ou kominike.

Sa enpòtan kominikasyon an.

Bon. Mwen pral fè yon esè transmisyon ak pi gran distans.

Prè ?



!!!

Willy, w'ap pedale, wi ou non !

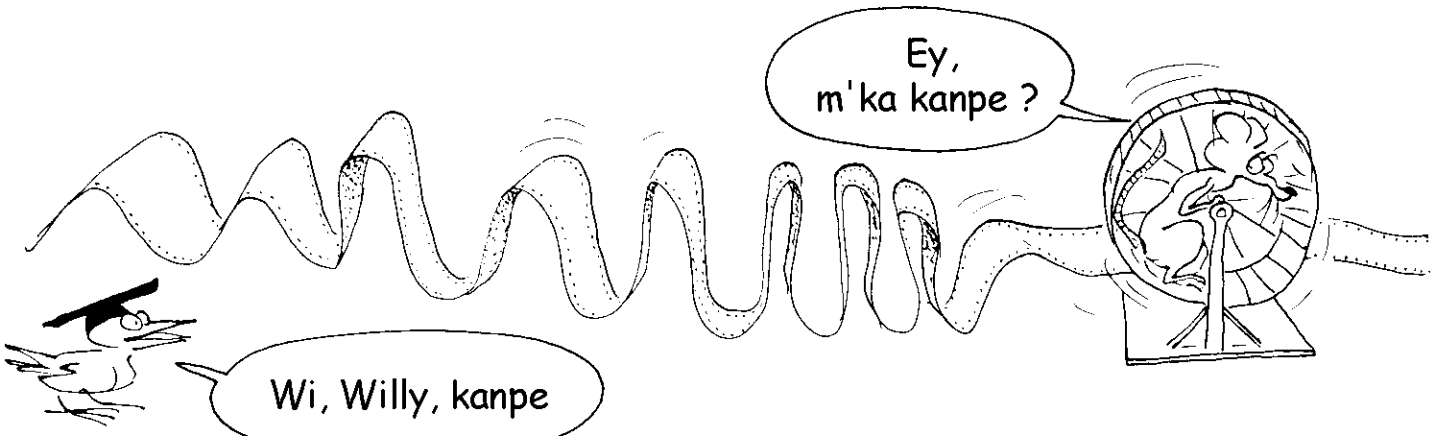
Men M'ap pedale !

Si ou pa kontan,  
ou mèt fè'l nan plas mwen !

Alò nèg yo,  
eksplike'm ka nou an.

?

Sa retounen nòmal. Men talè a te gen yon ogmantasyon longè ond (A) a, sa vle di yon bès aparann frekans la, nan resepsyon an. Answit, aprè yon entèval nòmal (B), nou te gen yon ogmantasyon frekans la, nan resepsyon an, sa vle di yon diminisyon longè ond  $\lambda$  a.



Ey,  
m'ka kanpe ?

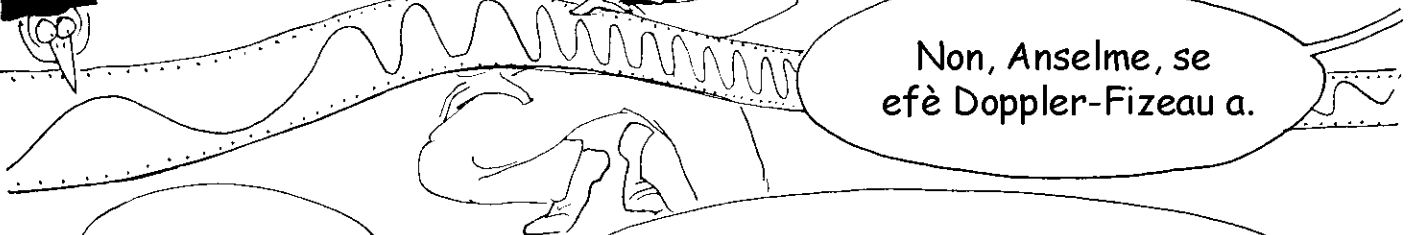


Wi, Willy, kanpe



Willy di li te pedale  
men jan tout tan.

Petèt se papye a ki te  
dilate ou byen kontrakte ?



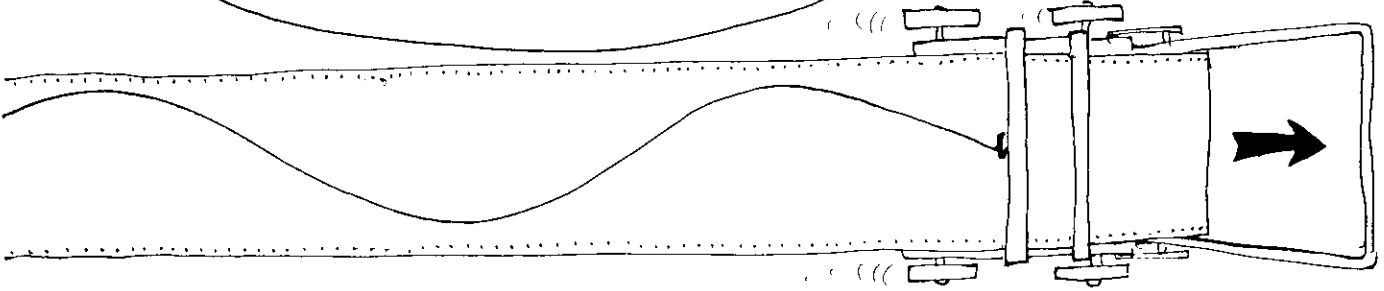
Non, Anselme, se  
efè Doppler-Fizeau a.

Se... kisa ?!?

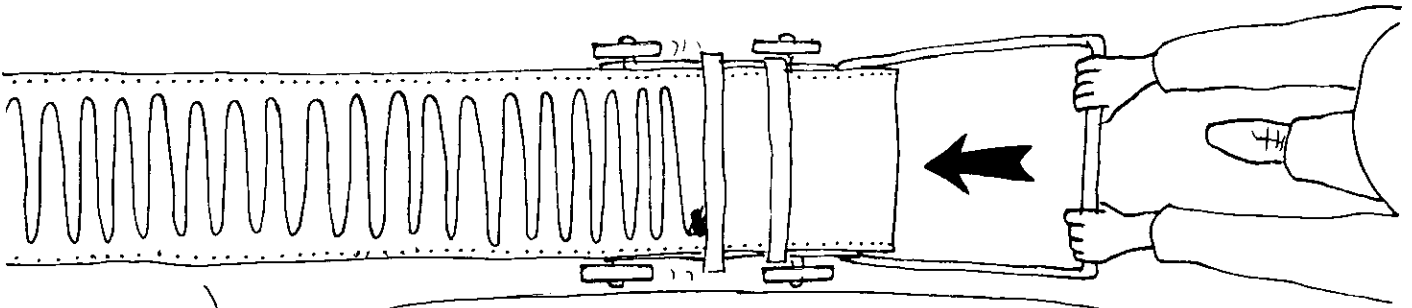
Lè'w bouje charyo a,  
sa chanje frekans aparan an.



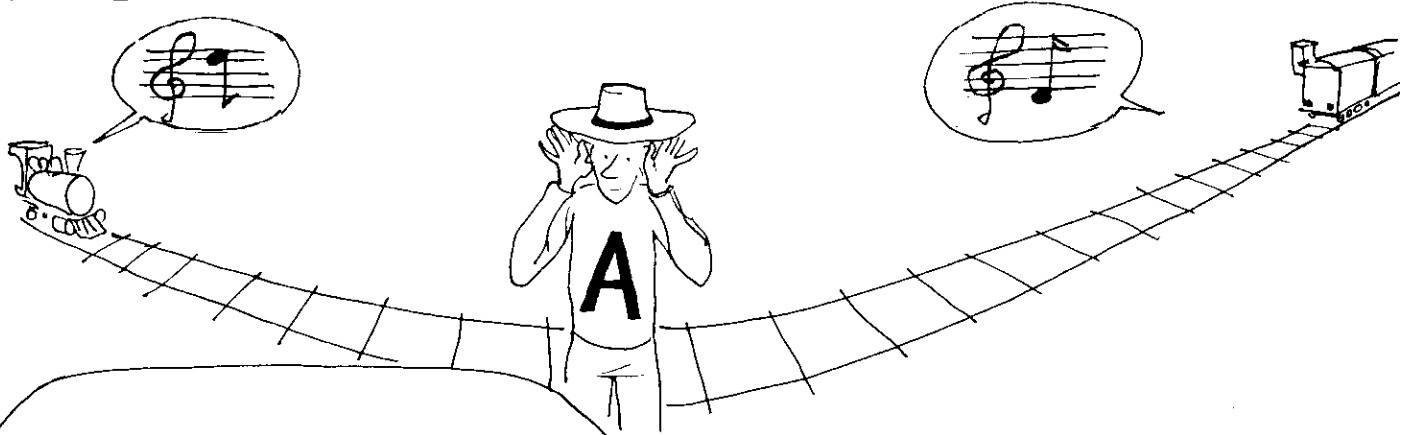
Lè charyo a elwaye,  
sinizoyid la alonje e frekans  
la parèt pi fèb.



Lè charyo a rapwoche, avanse sou band la, sinizoyid la anpile, kontrakte e frekans la parèt pi elve.



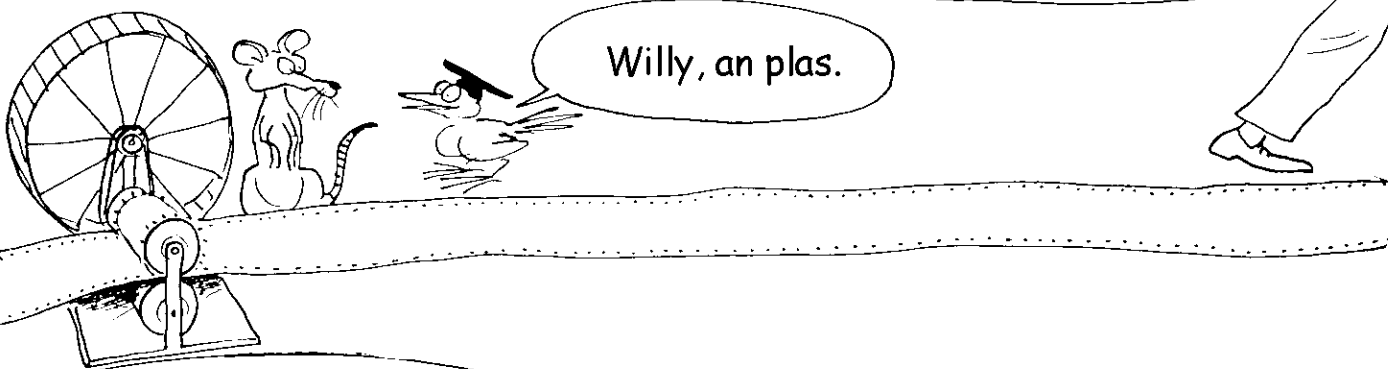
Se egzakteman sa ki pase lè'w tande siflè yon tren k'ap pase bò kote'w. Lè l'ap rapwoche son an pi elve. Lè l'ap elwaye son an pi grav.



Alò, avèk yon tèl sistèm, lè'm deja konnen longè ond siyal ki ta pral emèt pa yon sous imobil, mwen ka kalkile vitès rapwochman ou byen elwayman (resesyon) de sous la.

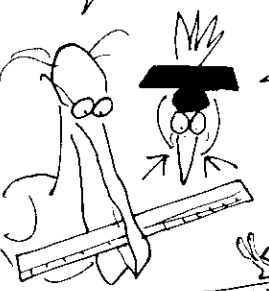
E sa ki valab pou son an li valab tou pou limyè. Objè k'ap elwaye yo parèt pi wouj, e sa k'ap apwoche yo, pi ble.

Bon, an' n reprann eksperyans transmisyon a distans nou yo.



Willy, an plas.

Li chanje frekans la !?




Ou byen alò l'ap elwaye...

Sa rekòmanse tankou talè a.

Wi, se sa !  
Li dwe ap elwaye ankò.

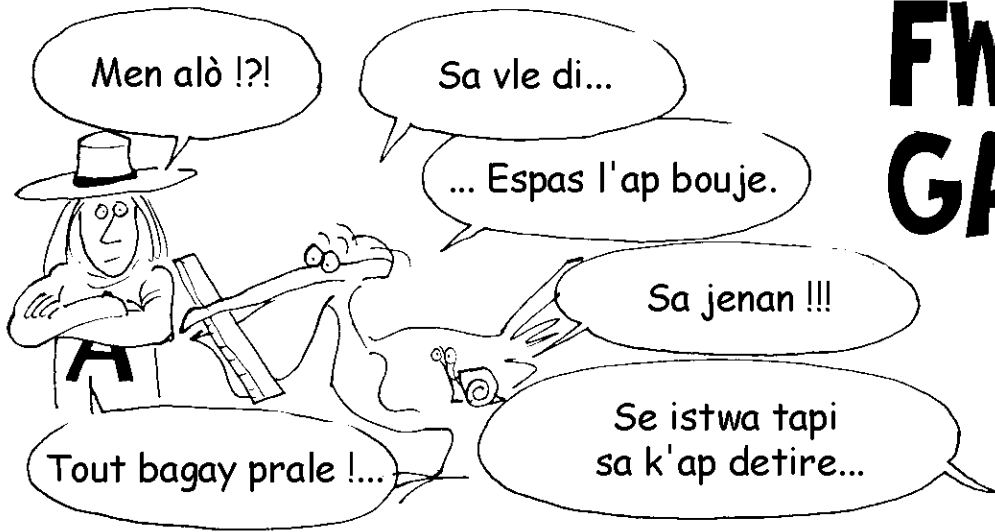
Men non, egare,  
mwen p'ap elwaye pwiske  
mwen LA !...



E balans la rete  
lòt bò a.



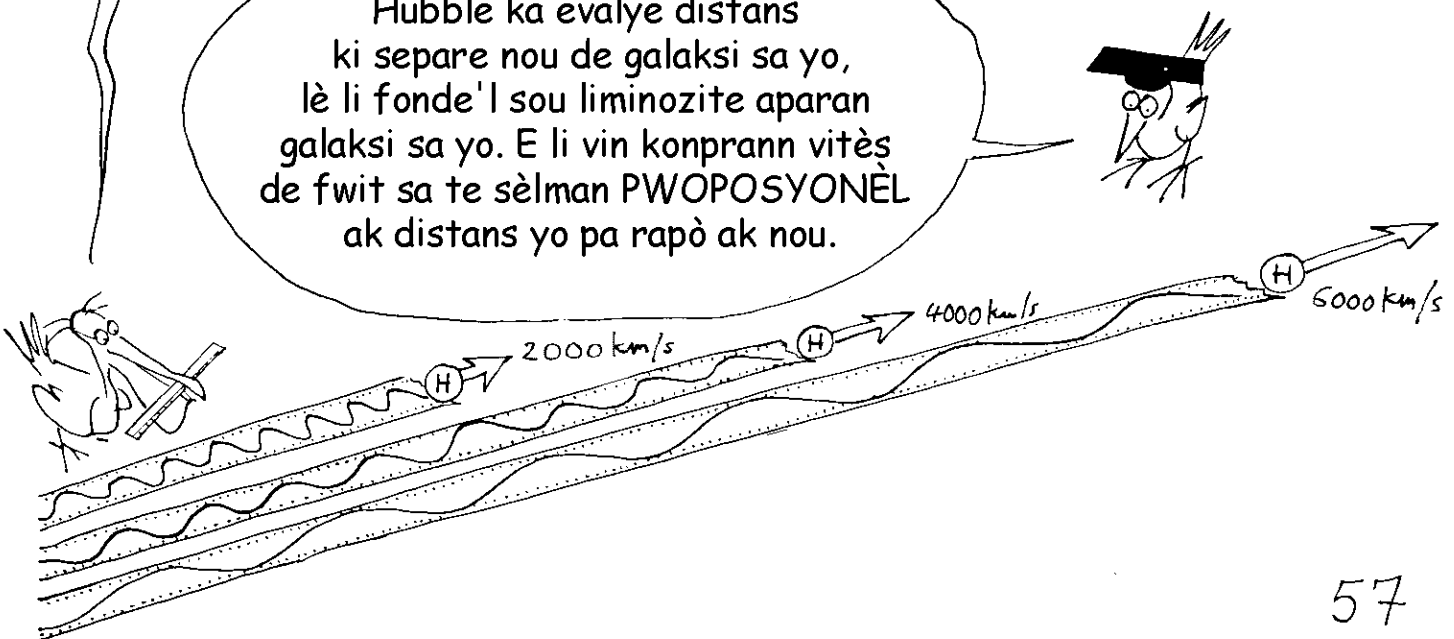
# FWIT GALAKSI YO



E wi, se nan fason sa an 1930, Edwin Hubble te dekouври EKSPANSYON INIVÈ A, lè li te konstate galaksi ki lwen yo ap fwi nou: akòz efè DOPPLER-FIZEAU a, yo vin pi wouj a mezi y'aprale.

Atom idrojèn sa yo emèt an prensip nan yon longè ond de 21 cm. Efè Doppler a ban'm vitès fwit yo nan 2000, 4000, 6000 km/s.

Hubble ka evalye distans ki separe nou de galaksi sa yo, lè li fonde'l sou liminozite aparàn galaksi sa yo. E li vin konprann vitès de fwit sa te sèlman PWOPOSYONÈL ak distans yo pa rapò ak nou.



Tann, kisa sa vle di ?  
Objè yo akselere lè y'ap  
elwaye nou ?

Pa egzakteman.  
Tapi a dilate nan tout bò li.  
Imajine yon pwen A ki, nan tan  $t = 0$ ,  
trouve'l nan yon mètr de ou.  
Nan yon segond, li 1m20.  
Donk vitès fwit li se 20 cm/s.

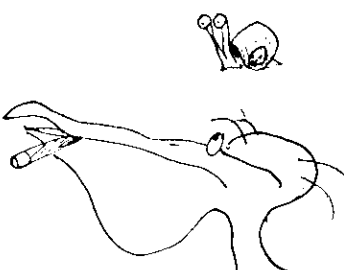
Nan menm tan an,  
yon pwen B, ki te nan 2m de ou,  
pral vin nan 2m40 (nan B') e vitès li  
PA RAPO AK OU se 40 cm/s.

Efè DOPPLER a endike  
vitès relatif yo.


Pa gen varyasyon longè  
ond lè emetè ak reseptè a prale nan  
menm vitès sou de wout paralèl.



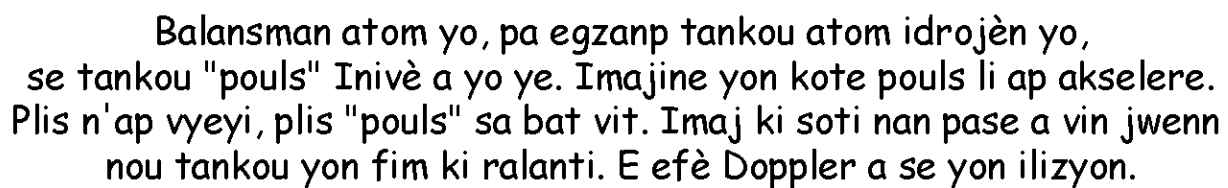
Alò, tout Inivè  
a an ekspansyon ?





Tann, mwen gen yon lòt ide.  
An'n sipoze tan an... ap akselere.



Men sa...  
pa vle di anyen !?!




Balansman atom yo, pa egzanp tankou atom idrojèn yo,  
se tankou "pouls" Inivè a yo ye. Imajine yon kote pouls li ap akselere.  
Plis n'ap vyeyi, plis "pouls" sa bat vit. Imaj ki soti nan pase a vin jwenn  
nou tankou yon fim ki ralanti. E efè Doppler a se yon ilizyon.



Men wi, Tirésias, nou ka Imajine tout bagay,  
e sa'w di la vle di lwa fizik yo ap evolye atravè tan an,  
Fred Hoyle te anvizaje sa.

# FON SYEL LA FWET



Men gen yon lòt  
defans an favè ekspansyon an,  
e de sa'k akonpaye'l la,  
BIG BANG la.

Mi !

Talè a, nou te wè yon sèl foton sou yon milya  
te rive transfòme an matyè.



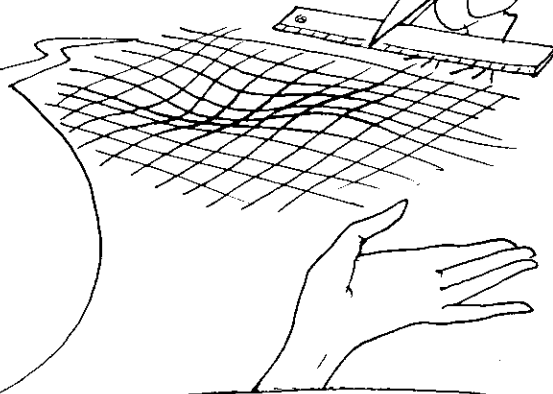
E an antimatyè !



Ta dwe rete yon gran kantite nan foton primitif sa yo,  
anviwon 500 pa santimèt kib (e menm valè netrino,  
pi difisil pou detekte).



Longè ond yo ta dwe  
nan senk milimèt sa ki koresponn  
ak yon tanperati reyònman  $T_R$  nan  
twa degre absoli ( $-270^{\circ}\text{C}$ ).



Foton sa yo, ki gen fèb enèji,  
Penzias ak Wilson te detekte yo an 1964.  
Yo se prèv tanjib de gran  
dans kosmik sa.



Mi !!!

Ey la...



# ORIZON KOSMOLOJIK LA

Sophie, daprè LWA HUBBLE la,  
vitès de fwit objè yo ogmante  
avèk distans la...

Donk, lojikman, dwe egziste  
yon bann objè k'ap elwaye nou  
ak vitès egal ou byen menm  
siperyè ak vitès limyè !?

Alò, limyè  
sa pa ka vin jwenn  
nou ankò ?!

Poukisa ?  
Si yon avyon aprale  
lwen'm ak yon vitès sipèsonik,  
mwen ka kanmenm tande  
bwi l'ap fè, non ?



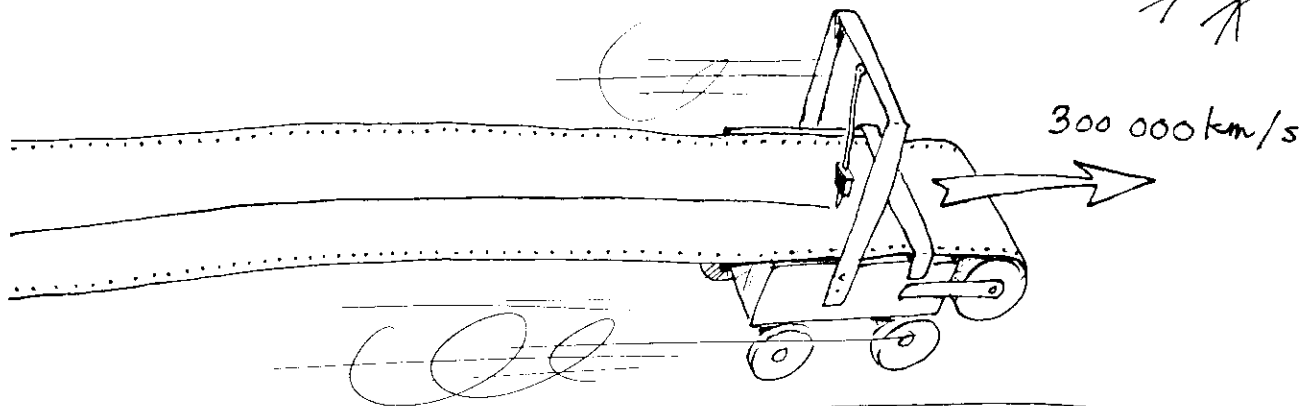
Mezanmi,  
se pa konsa pou nou  
wè bagay yo.



Deplasman an gen yon enpak sou TAN an (\*).  
 Yon objè k'ap deplase ak yon vitès k'ap apwoche  
 300 000 km/s, de vitès limyè, twouve'l, pa rapò ak  
 nou menm obsèvatè, nan yon "boul tan" diferan.  
 Nou wè mesaj li tankou yon fim k'ap ralanti.



E si objè sa ap bouje pa rapò ak nou  
 nan vitès limyè, derapaj tanporèl la vin total.  
 Tan li sanble kanpe tankou yon sòs.



Akoz glisman sa, de derapaj  
 tan yo yon pa rapò ak lòt, frekans ond yo,  
 nan resepsyon an, bese. E fenomèn sa,  
 an esans ki relativis, vin sipèpoze,  
 ajoute ak efè DOPPLER a. Lè vitès de fwit  
 emetè a, pa rapò ak nou, rive nan c,  
 frekans ond nou resevwa yo tonbe nan zero.  
 Plis enèji, plis ond, plis mesaj !



Vag ak frekans nil, se plis vag !

(\* ) al wè TOUT EST RELATIF, de menm otè a, edisyon BELIN.

Pou objè ki antoure nou yo, yon vitès relatif egal ak 300 000 km/s rive sou yon sfè ki rele ORIZON. Se pa fwontyè BAGAY KI EGZISTE men fwontyè BAGAY NOU KA KONNEN. Inivè aksesib la kapab se sèlman yon pòsyon de yon inivè pi vas. Orizon sa twouve'l nan yon dizèn de milya ane-limyè. Pòte pi pwisan teleskòp terès aktyèl la, PALOMA a se yon milya ane-limyè.

Direksyon an.

Men kisa sa te vle di, talè a, reyon R Inivè sa ?



Istwa a te kòmanse lè Inivè a te aje de yon santyèm segond. Imajine nan moman sa, nou te trase yon ron, ou byen, yon boul, de reyon R e nou swiv ekspansyon boul referans sa pandan tan an. Se tout...

Lè'n fè sa, nou pa jije le fèt espas la ta fini ou enfini (\*).

Li gen bèl je

Ey, nou de a !


Band desen sa pa fini !

HiHiHi


N'ap bezwen nou ankò

(\*) al wè sou sijè sa LE GEOMETRICON, menm otè a, edisyon Belin.


# MODÈL FRIEDMANN YO




Sophie, kisa ki provoke ekspansyon Inivè a ?




Se fòs PRESYON yo.  
Tou sa pase tankou si Inivè a te  
EKSPLOZE tankou yon bonb.




E pa gen  
anyen ki opoze ak  
ekspansyon sa ?



Fòs gravite  
yo vle fè Inivè  
a kondanse sou li  
menm, pou fè'l  
ENPLOZE.



Èske nou  
pa ka konsevwa  
yon inivè kote fòs sa yo,  
presyon ak gravitasyon  
t'ap ekilibre ?



Nou ka montre ekilib  
la enposib. Pi piti eka pa rapò  
ak ekilib la, inivè "estatik" sa  
eksploze ou byen enploze.

EKSPLOZYON

ENPLOZYON



Men alò, di' m,  
Inivè nou an te ka...  
enploze olye' l  
eksploze ?

Nan yon sans,  
se yon chans...

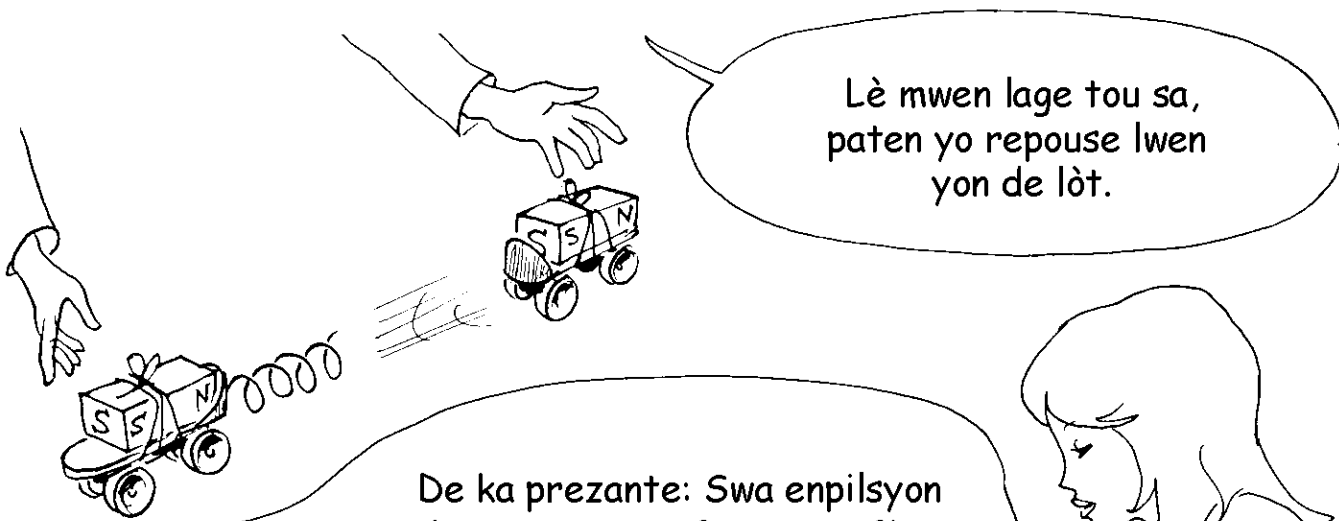
Sa'k di' w, alò, tan an,  
li menm, pa ta pati an...  
mach aryè...

Tsss !...

Kisa w'ap fè ?

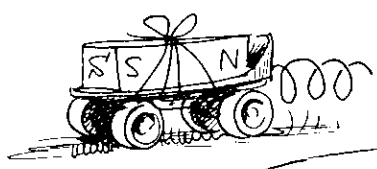
Anselme te tache de leman sou kèk paten ak  
woulèt. Yon rale lòt. Men yon resò konprime  
vle ekate paten yo yon de lòt.

Ou wè, leman  
yo reprezante fòs  
gravitasyon yo, rale,  
kenbe. Resò a reprezante  
fòs presyon yo.



Lè mwen lage tou sa, paten yo repouse lwen yon de lòt.

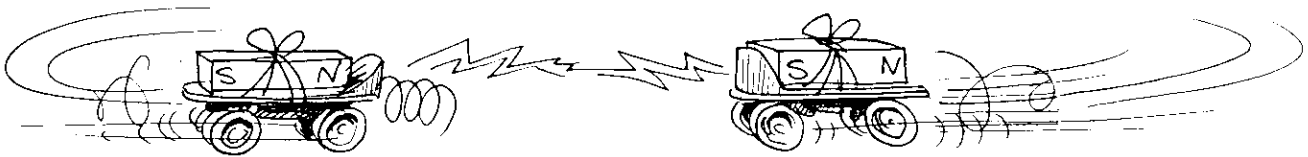
De ka prezante: Swa enpilsyon nou bay paten yo sifizamman fò, e yo elwaye yon de lòt endefiniman. Plis yo pral elwaye e mwens fòs atraksyon an, ki varye tankou envès kare distans la, pral sansib.



Si fwotman yo pa egziste, paten yo pral vin genyen yon VITÈS KONSTAN.

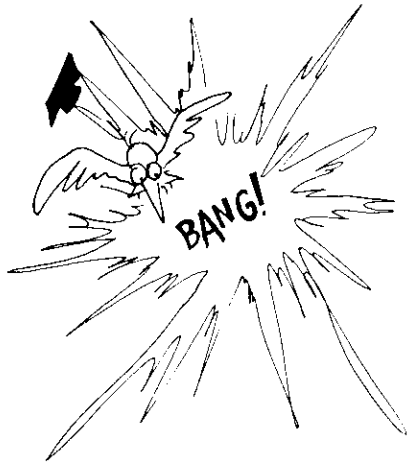


Swa enpilsyon resò a bay la trò fèb, ou byen leman yo trò fò. Paten yo pral tounen, "tonbe" yon vè lòt, ak vitès k'ap ogmante.



Sa evoke de jan Inivè posib:

Premye senaryo: ekspansyon an ap pouswiv endefiniman. Lè dènye etwal yo pral etenn, se pral lanwit, fwedi nèt ale, LANMO TÈMIK.



Dezyèm senaryo: fòs gravite yo fini pa genyen viktwa. Aprè yon sitiyasyon ekstansyon maksimal, Inivè a "retonbe sou li menm".

Tout estrikti yo, galaksi, etwal, detwi. Atom yo brize.

E nou viv Big Bang la a lanvè, jiskaske Inivè a rebondi, yon nouvo faz nan ekspansyon an.

Se matematisyen ris la FRIEDMANN ki, an 1930, te envante premye modèl Inivè estatik yo.

Si'm te konnen Inivè a pa't ka estasyonè, m'te ka jwenn li avan Friedmann (\*)



Mesye Albert, ki, nan pri akrobasi matematik toutafè enposib, te brikole an 1917 modèl estasyonè li a, te gen anpil problèm. Friedmann te vòlè viktwa li. Li te boude relativite general li a pandan anpil ane.




Daprè modèl Friedmann yo, Inivè a an ekspansyon endefini si dansite (kounya) matyè a pi piti pase  $5 \times 10^{-30}$  gram pa santimèt kib. Inivè sa ta genyen yon volim, yon ekstansyon espasyal enfini.

(\*) remak otantik Einstein.

# JEWOMETRI INIVÈ A

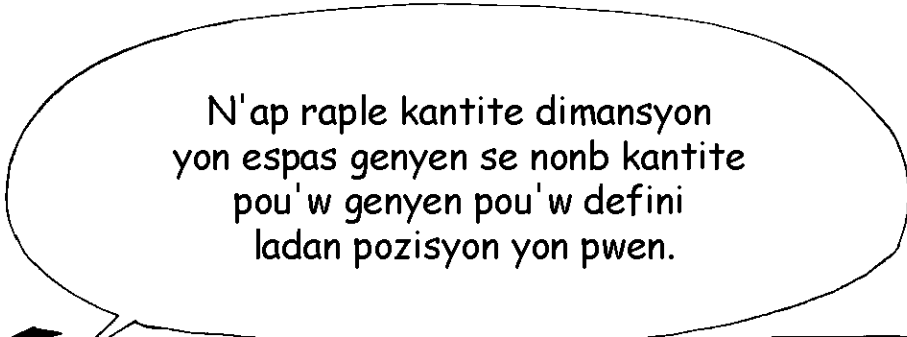
Inivè a se, pou nou, yon ipè estrikti ak kat dimansyon, kote espas ak tan an melanje. Ide ki nan paj anwo yo koresponn ak yon prezantasyon diferan de ANTITE-INIVÈ sa ki se ESPAS-TAN an.





Inivè a...  
ki fòm li genyen ?



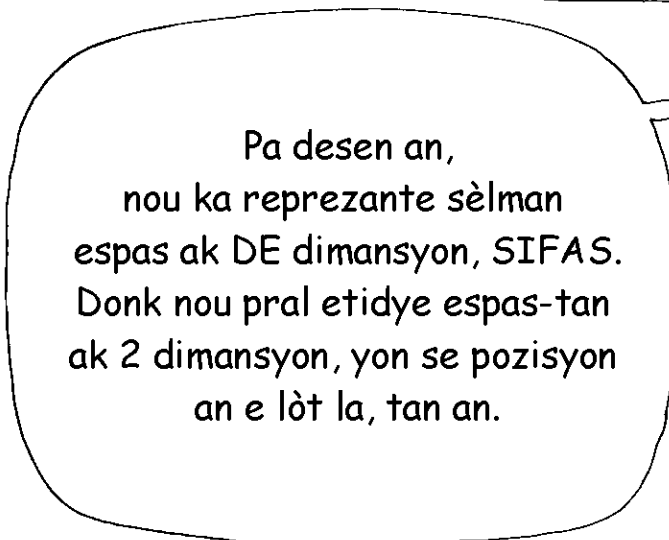
Mizè...



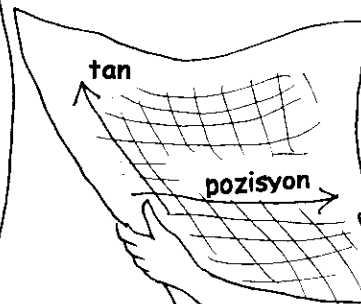
N'ap raple kantite dimansyon yon espas genyen se nonb kantite pou'w genyen pou'w defini ladan pozisyon yon pwen.



Randevou (1) madi a onzè nan ang (2) sizyèm avni e (3) senkyèm ri nan (4) twazyèm etaj: kat antite.



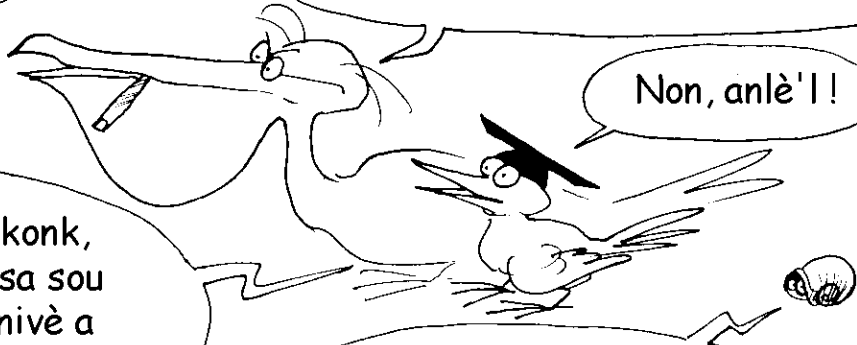
Pa desen an, nou ka reprezante sèlman espas ak DE dimansyon, SIFAS. Donk nou pral etidye espas-tan ak 2 dimansyon, yon se pozisyon an e lòt la, tan an.





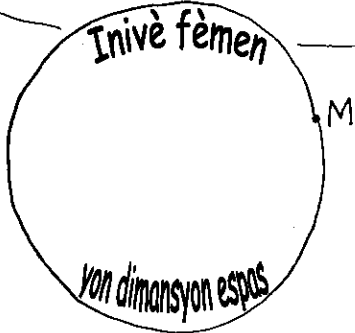
Konsa premye modèl Inivè fèmen an, modèl estatik Einstein nan èske li ka reprezante daprè yon silend.

Tann, si' m byen konprann, silend sa, nou... anndan' l ?



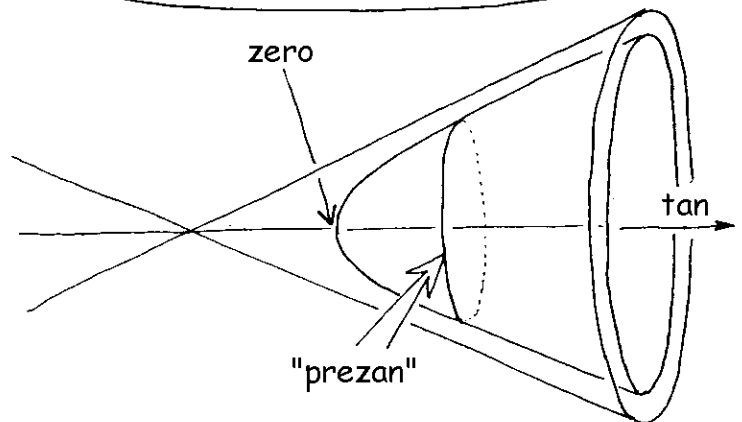
Nan yon enstan kèlkonk, yon objè se pwen  $M$  sa sou sifas la, e ansanm Inivè a vin redwi ak ron sa.

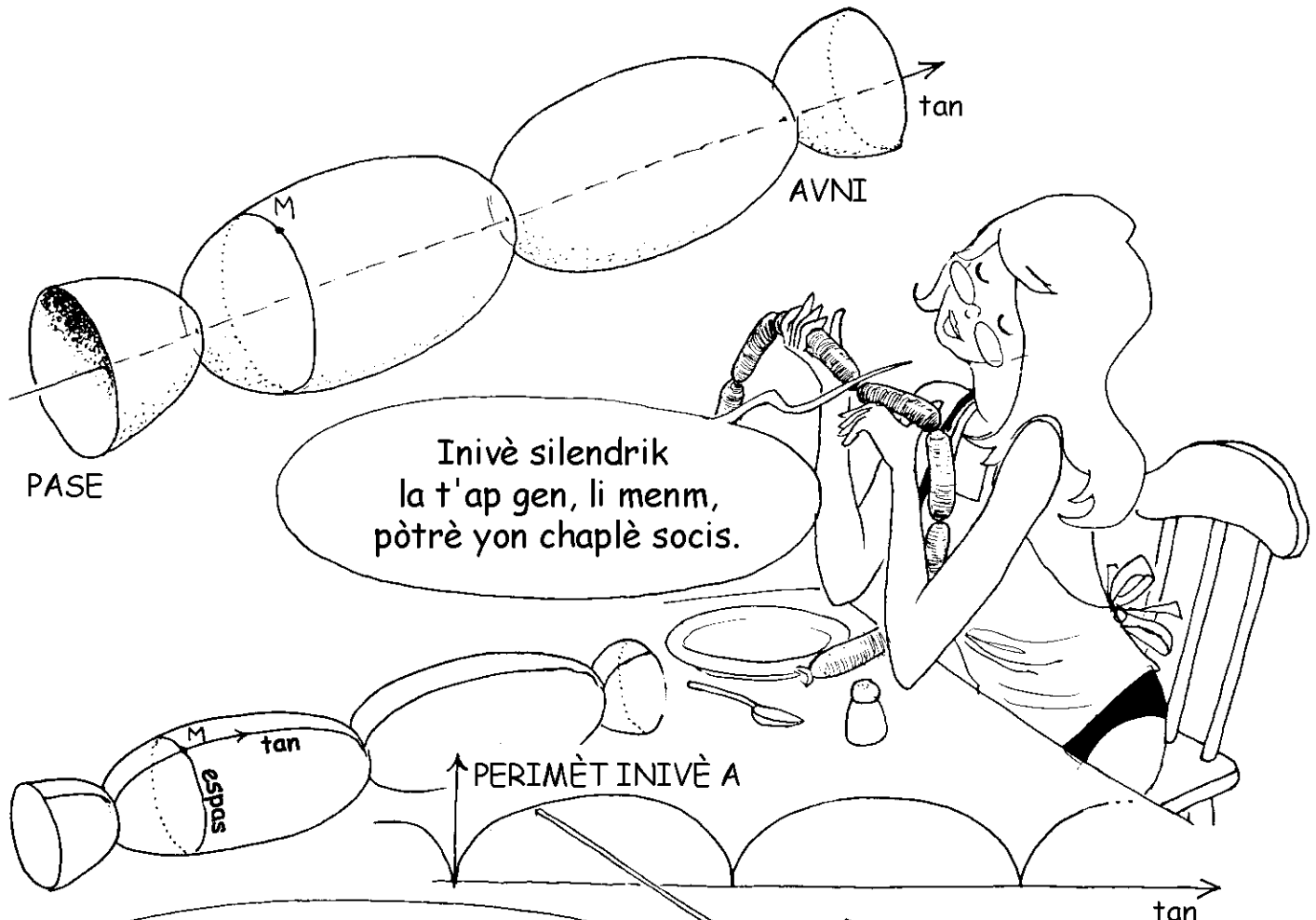
Lè objè a imobil li dekri yon jeneratris silend la, pandan tan an.



Li fasil pou reprezante' w dilatasyon inivè fèmen sa an fonksyon de tan an, sa ki bay yon modèl inivè enstasyonè.

Pa egzanp men imaj ak 2 dimansyon yon espas-tan an ekspansyon endefini.

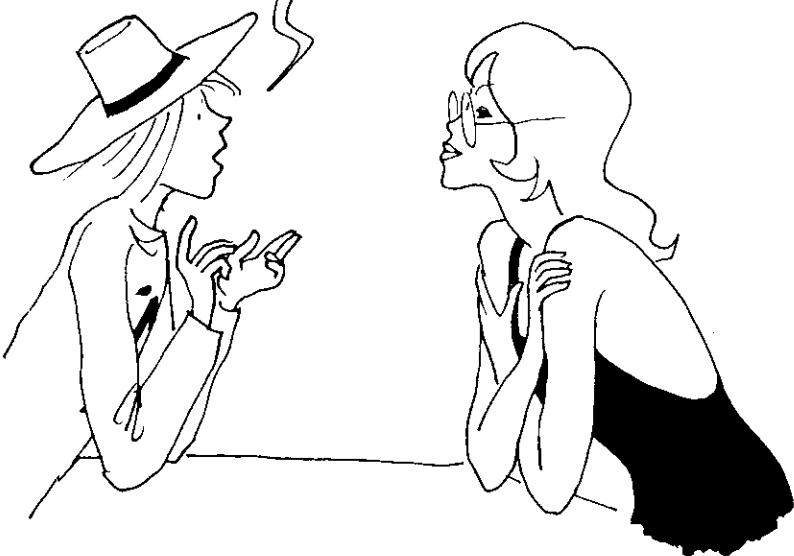




Inivè silendrik  
la t'ap gen, li menm,  
pòtrè yon chaplè socis.

Men, an fèt, poukisa tan  
an ta nesèsèman "OUVÈ",  
sa vle di enfini alafwa vè avni  
an e vè pase a ?

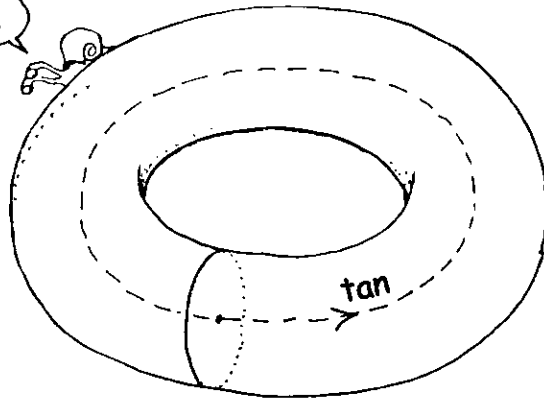
Nou t'ap  
isi a.



Èske ou vle di  
nou ta ka... refèmen tan an  
sou li menm !?!

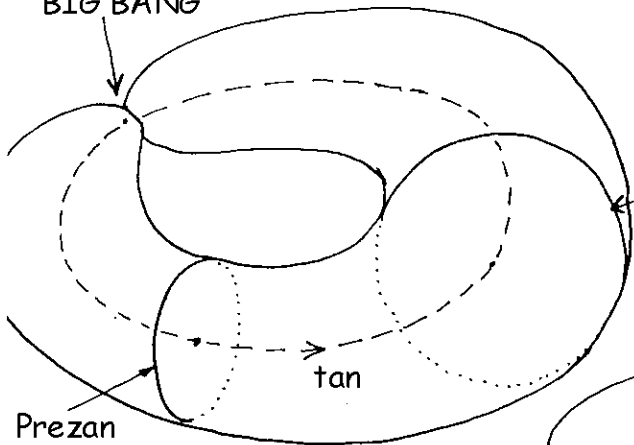
Pa gen problèm...  
si nou refèmen sou li menm  
modèl Einstein nan, nou t'ap  
genyen... yon TORE.

Ankò !...



Nan ESPAS-TAN totalman fèmen sa,  
menm evènman yo reproduki menm jan nan yon tan  $\tau$   
ki se PERYOD etranj inivè sa.

Sengilarite  
BIG BANG



Nou kapab  
tou boukle sou li menm  
yon inivè siklik.

Eta ekspansyon  
maksimal

Li vin yon chaplè sosis, fèmen sou li menm,  
avèk yon sèl sosis !

O, gade Léon !!!

Li krake  
sa te previzib.



# EPILOG

Men sa nou konnen  
sou kòmansman inivè a



Anfen... sa nou  
KWÈ'N KONNEN.  
Sa chanje tèlman anpil  
fwa depi 5000 an !

"Men efò sa nou konsanti  
pou konprann inivè a se yon nan ra bagay  
ki leve lavi moun anlè komedi lè' l ba li  
yon ti kras diyite nan trajedi."

*Steven Weinberg*

Swit BIG BANG la (fòmasyon  
galaksi yo, etwal yo, etc...)  
nan MILLE SOLEILS.


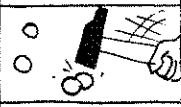


# FEN





# KOSMODRAM NAN



TAN	TANPERATI	DANSITE	FENOMEN
ANVAN...	$T \geq 10^{12}$ degre		?
1/1000 segond	3000 milya degre		Soup endiferansye foton, netrino, antinetrino (foton an se pwòp antipatikil li), proton, antiproton, elekrton ak antielekrton (pozitron)
1/100 segond	100 milya degre	4 milya $g/cm^3$	Ekatonb adron (proton, antiproton, netron, antinetron). Pral rete ladan yon sou yon milya. Rès la elimine avèk anti-adron prezan yo, pou rebay foton.
1/10 segond	30 milya degre		Pa gen anyen pou siyale. Trò cho pou nwayo atom yo fòme.
1 segond	10 milya degre	380,000 $g/cm^3$	Netrino yo "viv lavi yo". Yo sispann entèraji avèk matyè a.
13 segond	3 milya degre		Ekatonb elekrton - antielekrton. Pral rete ladan, la tou, yon sou yon milya.
3 minit	1 milya degre		Nikleyosentèz: fòmasyon nwayo elyòm yo. Disparisyon netron lib yo (dire lavi: 109 segond)
35 minit	300 milyon degre	1 $g/cm^3$	Nikleyosentèz la fini : 25% elyòm, 75% idrojèn.
700,000 ane	3000 degre		Après eliminasyon prèske tout matyè ak antimatyè, Inivè a ap viv yon "è radyatif", kote enèji-matyè a vin prensipalman sou fòm reyònman. Lè tanperati a desann nan 3000°, atom net yo fòme, e foton yo sispann entèraji avèk matyè a: Inivè "transparan"
100 milyon ane	$T_R = -173^\circ C$ $T_M = -276^\circ C$		Pwiske foton yo pa rechofe yo ankò, atom net idrojèn ak elyòm yo vin wè tanperati yo tonbe an flèch. Fòmasyon galaksi yo, premye etwal yo.
5 milya ane			Fòmasyon Latè
10 milya ane	$T_R = -270^\circ C$ (3 degre Kelvin)	$10^{-30} g/cm^3$	Devlopman lavi
Jodya			Envansyon bonb atomik...