

Joseph Łukaszewicz.

Oeuvres inédits.

1. Notre planète a-t-elle passé par le stade d'une étoile incandescente ?

La science physique se divise par rapport aux masses des corps étudiés en: 1) physique cosmique (pas encore élaborée), 2) astro-physique ou physique des énormes conglomerats de matière que représentent les étoiles, 3) physique planétaire, c'est à dire physique des conglomerats plus petits, ainsi que les planètes (à ce groupe appartient aussi la géophysique) et enfin 4) physique ordinaire ou physique des corps plus petits, où les forces internes de gravitation sont égales à 0, alors que ces forces jouent un rôle primordial dans les phénomènes planétaires et dans l'astro-physique. L'intervention des forces de gravitation dans le processus des phénomènes planétaires change souvent radicalement les résultats finaux, de même, qu'en parlant d'une façon générale, il n'y a pas d'analogie physique entre les corps petits et les corps grands, composés de la même substance. Non seulement l'allure des phénomènes physiques, mais aussi l'évolution des corps célestes dépend de leurs masses. C'est la théorie nébulaire qui a gagné actuellement l'approbation générale: les nébuleuses en se contractant deviennent des étoiles qui en se refroidissant donnent naissance aux planètes. Les nébuleuses naissent par collision des corps célestes (Croll, H. Spencer, Arrhenius et autres).

La terre a été sans doute autrefois à l'état liquide comme en témoigne avec éloquence la composition pétrographique de la lithosphère. Elle est composée de roches ignées et de roches sédimentaires; ces dernières doivent leur origine à l'altération des roches ignées qui à leur tour se sont formées par la consolida-

tion d'un magma igné et liquide. Actuellement encore l'intérieur de la terre se trouve dans un stade incandescent: le degré géothermique, les sources thermales jaillissant de l'intérieur de la terre, la lave ignée liquide (atteignant jusqu'une température de 1500° C) vomie par les volcans, le magnétisme terrestre, le degré de décroissance de la radiation de la terre etc.

La nébuleuse qui a donné naissance à la Terre devait avoir une température très basse, comme la présence à la surface de la terre d'énormes quantités d'hydrogène combinées à l'oxygène, c'est à dire à l'état d'eau, nous autorisent à conclure. Si la nébuleuse s'étendait jusqu'à l'orbite de la lune (c'est à dire si son rayon R égalait 6371×60 km) la vitesse parabolique à sa surface aurait été de 1422 m/s et la vitesse moyenne des molécules d'hydrogène, à la température de la photosphère du soleil, de 8850 m/s; cela signifie que l'hydrogène aurait été rapidement dispersé dans l'espace cosmique. Même à la température de -100° C les molécules d'hydrogène possèdent une vitesse de 1467 m/s c'est à dire plus grande que la vitesse parabolique. La terre doit donc sa chaleur, non à la chaleur primitive de la nébuleuse, mais à la chaleur engendrée par la contraction de la nébuleuse. Si la nébuleuse infiniment raréfiée ($R_1 = \infty$) se condense en une sphère uniforme à rayon R-cm il se dégage alors:

$$W \text{ ergs ou } \frac{W}{41,700.000} \text{ calories; } W = \frac{3}{5} \cdot \frac{KM^2}{R} \text{ ergs,}$$

ou K (constante de la gravitation) $= \frac{667}{10^{10}}$, M — masse de la nébuleuse en grammes. Autrement dit l'énergie potentielle de la nébuleuse se transforme en cinétique, et celle-ci en thermique (1 calorie = 41,700.000 ergs). En me basant sur le principe de cette équation j'ai calculé (voir le tableau) combien de calories sont produites par 1 gramme de la masse du Soleil, de Jupiter, de la Terre et de la Lune, quand leurs densités arrivent à 1,4 c'est à dire à la densité actuelle du Soleil.

Les comètes, corps petits sont incapables d'évolution et se décomposent (sous l'influence du Soleil et des autres étoiles) en poussière cosmique et en météorites.

La Lune, lorsque sa densité est devenue égale à celle du Soleil, c'est à dire à 1,4, n'a obtenu que 310 calories par gramme de sa masse. Même la quantité totale de chaleur produite par la condensation de la nébuleuse jusqu'à l'état actuel de la lune

($d = 3,4$) ne donnerait que 417,6 calories pour 1 g. de la masse, étant donné que pour la fonte de 1 g. de silicates (à partir du 0° absolu) il faut 450—500 calories (d'après les expériences de Vogt). La Lune passa immédiatement de la phase nébuleuse à la phase planétaire sans jamais connaître l'état fondu. Les cratères, ainsi dénommés faussement, de la lune, n'ont rien de commun avec les cratères de nos volcans. Ce sont des entonnoirs en profondeur formés par suite de la contraction de la lune.

En passant à la Terre nous apercevons tout de suite, qu'elle n'a pas passé par le stade d'une étoile incandescente, étant donné que 1 g. de sa masse n'a pu produire que 5693 calories c'est-à-dire 45 fois moins de chaleur comparativement à Jupiter, et cependant la chaleur de cette planète est incapable de disperser les nuages froids qui l'entourent. Il faut donc admettre que la Terre passa immédiatement de la phase nébuleuse à la phase d'une étoile sombre. Dans le système solaire Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune se trouvent dans cette phase.

Lorsque la densité de la Terre atteignit 3, celle-ci entra dans la phase d'une planète. La phase de planète contient deux stades: magmatique et géologique. Dans le stade magmatique la terre se compose *a*) d'un noyau gazeux, *b*) d'une couverture ignée liquide entourant ce noyau, *c*) d'une couche épaisse de nuages couvrant la planète. La solidification au cours du stade géologique de la surface du magma provoque la formation de la lithosphère.

Le Soleil obtient une énorme quantité de chaleur: 27 millions de calories par gramme de sa masse. Cette chaleur amena le Soleil au stade d'une étoile très brillante et a provoqué la décomposition des atomes. La vie des étoiles se distingue par la richesse des formes et par la grande diversité des transformations physiques et chimiques. L'évolution des corps célestes dépend de leur masse.

En calculant la chaleur de la Terre je n'ai nullement pris en considération la chaleur produite par la désagrégation des corps radioactifs, ceux-ci étant trop peu nombreux sur notre planète. Le calcul de Strutt attribuant à chaque gramme de roche 5.10^{-12} g. de Ra est complètement faux.

	Masse en grammes	Densité	Nombre de calories produites pour 1 gr. de la masse par concentration des molécules de la nébuleuse jusqu'à la densité de 1,4	Évolution des corps célestes
Soleil	1967.10^{30}	1,4	27,367.000	Nébuleuse → Etoile → Grande planète
Jupiter	1878.10^{27}	1,36	256.700	Nébuleuse → Etoile sombre ¹⁾ → Planète
Terre	6.10^{25}	1,4	5.693	Nébuleuse → Etoile sombre → Planète
Lune	$0,758.10^{24}$	1,4	310,6	Nébuleuse → Planète
Comètes	petite	—	—	Non susceptibles à l'évolution se décomposent en poussière cosmique et ruisseaux de météorites

2. Détermination de l'âge des continents et des mers.

L'étude de l'âge des minéraux, basée sur la vitesse de désagrégation des corps radioactifs, nous a permis de trouver un rapport entre le temps géologique et le temps absolu. Cette méthode est au fond sans reproche (la désagrégation se produit avec une vitesse uniforme, comme un mouvement d'horloge indépendamment des conditions physiques et chimiques dans lesquelles se trouve le minéral). Ce n'est que la détermination précise des infimes quantités d'uranium, d'hélium et de plomb qui présente des difficultés; les résultats obtenus de cette manière, méritent l'attention spéciale des géologues.

Age du minéral	Dérive des roches
10— 30 millions d'années	tertiaires
100—150 " "	mésozoïques
300—600 " "	paléozoïques
Un milliard d'années et plus	archaïques

Les chiffres indiqués ci-dessus dépassent dix fois le temps absolu, admis jusqu'à présent hypothétiquement par les géologues.

¹⁾ Lorsque'il atteindra la densité de 1,4 à 1,5, Jupiter passera peut être encore par la phase d'une étoile rouge.

En conséquence j'ai entrepris une révision générale des temps géologiques en mettant d'une part en jeu les nouvelles méthodes de détermination de ces temps, de l'autre en introduisant des corrections fondamentales aux procédés déjà connus. Je citerai ici deux méthodes de détermination du temps géologique, à l'aide 1) de l'érosion, 2) de la formation des continents.

1) *Erosion*. Les cours d'eau enlèvent chaque année du sol de leur bassin une mince couche de quelques centaines de millimètres d'épaisseur. J'ai admis comme coefficient moyen de l'érosion annuelle 0.05 mm, c'est à dire le degré d'érosion qui est propre aux fleuves suivants: Amazone, Mississipi, Danube. Pour dégrader complètement une hauteur de h mètres au-dessus du niveau de la mer, l'eau doit enlever une couche dont l'épaisseur est non h mètres, mais 4,71 h mètres, parce que la hauteur h doit être équilibrée (suivant la loi d'Archimède) par ses racines immergées dans le magma jusqu'à la profondeur de 3,71 h mètres. Pour la pénéplainisation complète de la plus haute montagne de 9 km. ou 9,000.000 mm. il faudra donc:

$$\frac{9,000.000 \times 4,71}{0,05} = 848,000.000 \text{ d'années}$$

En réalité le nombre des années est encore plus grand. Pendant la transgression de la mer, l'érosion cesse sur les terrains inondés et ces régions reçoivent une couverture protectrice de sédiments marins, couche qui les protège pendant longtemps contre la dégradation. Nous devons augmenter de ce fait considérablement le chiffre obtenu plus haut et nous approcherons alors d'un milliard d'années. L'observation directe montre, que les chaînes plissées archaïques sont en général complètement dégradées et qu'elles servent de soubassement aux plateaux (la plaine d'Europe orientale, la basse-plaine de la Sibérie occidentale, la Sibérie centrale, la partie centrale de l'Amérique du Nord, la moitié occidentale de l'Australie etc.).

		Hauteur primitive des chaînes de montagnes			
		8500 m.	7000 m.	6000 m.	5000 m.
		millions d'années			
Hauteur actuelle des chaînes	1 km.	706	565	471	376
	2 "	612	471	377	283

La hauteur des chaînes paléozoïques (atteignant 1—2 km.) montre une érosion qui a duré quelques centaines de millions d'années.

La hauteur des chaînes mésozoïques s'élève à 3—4 km et même un peu plus et celle des chaînes kénozoïques atteint 7—8—9 km.

D'après cela nous voyons que les phénomènes d'érosion sont en bon accord avec „la montre géologique“ (temps donné par la décomposition des corps radioactifs).

2) Origine des continents. L'épaisseur moyenne de la lithosphère sous les océans est de 52,5 km, et sous les continents de 67,79 km.¹⁾

La lithosphère continentale doit cet épaissement aux deux gonflements supérieur et inférieur. Le gonflement supérieur a 4,5 km. d'épaisseur (les continents surgissent 0,7 km. au-dessus du niveau de la mer et leurs socles sous-marins ou profondeur moyenne des océans sont à 3,8 km. en dessous). Le gonflement inférieur immergé dans le magma compte 11,29 km. (c'est à dire: 8,69 km — racine du socle $+ 0,7 \times 3,71$ — racine de la partie au-dessus du niveau de la mer). Les deux gonflements supérieur et inférieur égalent ensemble 15,79 km.

Par suite de la prépondérance énorme des forces de gravitation sur la cohésion des roches, ce n'est pas le magma liquide qui s'adapte à la forme de la lithosphère, mais au contraire la lithosphère qui s'accomode à la surface du magma. Cette surface est déterminée par la loi de Clairaut.

Quand le noyau de la terre se contracte par suite du refroidissement, la lithosphère devient trop ample pour la surface diminuée du noyau. Alors une forte pression latérale se développe dans la lithosphère; cette pression conduit aux cassures obliques dans les parties plus faibles et au charriage d'une partie de la lithosphère brisée sur l'autre. Ainsi se forment les épaissements dans la lithosphère (chaînes plissées, continents). Si la lithosphère sous-océanique broyée avait H km de hauteur et si la diminution de la surface de la terre était de S km², le volume des masses pressées = HS km³. Pour la formation d'1 km² de continent de la lithosphère sous-océanique il faut ajouter 15,79 km³ de masses rocheuses, de sorte que

¹⁾ Loukachewitsch. Sur le mécanisme de l'écorce terrestre et l'origine des continents, 1911.

$$X \cdot 15,79 = HS, \text{ d'où } X = \frac{HS}{15,79}$$

Par exemple si le rayon de la terre diminue d'1 m, la surface de la terre diminuera de 160 km². Le volume des masses pressées HS = 52,5 · 160 km³ et la surface du continent nouveau

$$X = \frac{52,5 \cdot 160}{15,79} = 532 \text{ km}^2.$$

De cette manière on précise la très importante relation entre la diminution de la surface de la terre et la surface du continent nouvellement créé. La contraction de 1 m. du rayon de la terre dégage 86 · 10²³ calories. Comme la terre est un corps qui refroidit, la chaleur produite doit rayonner. La terre perd par an 57 · 10¹⁹ calories; il faut donc pour la radiation de la chaleur produite

$$\frac{86 \cdot 10^{23}}{57 \cdot 10^{19}} = 15.100 \text{ d'années}$$

En réalité la terre perd aussi un peu de la chaleur de ses réserves internes de sorte que le nombre total des années dans le cas donné serait de 15.100 + α = 16.140 d'années.

Nous en concluons qu'il existe une relation entre la diminution du rayon de la terre, la surface du continent nouvellement formé et le temps géologique. Par exemple, actuellement sous les Andes il y a trois millions de km² et leur hauteur moyenne = 1897 m. au-dessus du niveau de la mer. Dans la formation de ce système montagneux la surface de la terre diminue de 1,200.000 km², le rayon de la terre de 7 km, et le temps nécessaire pour la radiation de la chaleur produite par la contraction de la terre = 111 millions d'années. Les Andes ne peuvent pas donc être un système orogénique tertiaire. Il faut donc reporter leur origine loin dans les temps mésozoïques (seules quelques chaînes des Andes datent de l'âge tertiaire).

Combien d'années se sont écoulées depuis le commencement du cambrien jusqu'à nos jours? La surface occupée sous les plis paléozoïques, mésozoïques et kénozoïques compte environ 34,000.000 km². Pour la formation de cette région continentale le rayon de la terre diminua de 63 km. Ce phénomène devait produire:

$$346.10^{38} \cdot \frac{6,300.000}{6371 \cdot 6434 \cdot 10^{10}} = 53,18 \cdot 10^{28} \text{ calories}$$

R rayon de la terre en km	Densité	Surface de la terre en millions de km ²	Diminution du R en km	Diminution de la surface de la terre en millions de km ²	Surface des continents formés en millions de km ²	Temps en millions d'années ju- squ'au mo- ment actuel	Phases et stades de l'évolution de la Terre		Remarques
							I. Phase: Étoile nébuleuse	II. Phase: Étoile sombre	
10113	1,4	1285	3742			(Env. 40000?)	III. Phase: Planète		
7844	3	771	1473			(Env. 18000?)	A. Stade magmatique		Différenciation du ma- gma englobant le no- yau gazeux en deux couches: supérieure, formée de magma lé- ger, acide et infé- rieure de magmatourd, basique
							B. Stade géologique		
							Temps archaïques		
7000	4,18	615,75	629	105,75	351,3	10000 ± α	Temps historiques		
6683	4,8	561,26	312	51,26	170,3	Env. 10000	1) Ère précambrique		De 351,3 millions de km ² de continents, jusqu'à présent 181 millions de km ² ont disparu
6643	4,89	554,52	272	44,52	148	Env. 4320	2) Ère paléozoïque		
6622	4,9	551	251	41	136	Env. 4000	3) Ère archaïque		
6434	5,37	520,2	63	10,2	34	Env. 1000	4) Ère algonkienne		Continents actuels (VI), sauf l'Antarctide
6371	5,6	510	0	0	0	0	Commentaire du Cambrien		
							5) Ère paléozoïque		
I	II	III	IV	V	VI	VII	6) Ère mésozoïque		Surface des continents (VI) formés depuis les plissements paléozoï- ques, mésozoïques et ké- nozoïques
							7) Ère kénozoïque		

Pour leur radiation

$$\frac{53,18 \cdot 10^{28}}{57 \cdot 10^{19}} = 933,000.000 \text{ d'années seraient nécessaires.}$$

Comme je l'ai déjà mentionné, le nombre d'années serait, en réalité, un peu plus élevé. Nous nous approchons de nouveau du chiffre d'1 milliard d'années.

Donc les trois méthodes, pourtant tout à fait différentes: 1) „la montre géologique (vitesse de désagrégation des corps radioactifs), 2) érosion et 3) formation des continents établissent d'accord entr'elles que „les temps historiques“ (depuis le Cambrien jusqu'à nos jours) ont duré environ 1 milliard d'années.

„Les temps archaïques (depuis la formation de la lithosphère jusqu'au Cambrien) sont beaucoup plus longs que „les temps historiques“ (paléozoïcum + mésozoïcum + kénozoïcum). Nous possédons quelques méthodes pour élucider cette question:

- 1) „Montre géologique“ (Hönigschmied détermine l'âge d'un minéral, provenant du Congo belge à 3 milliards d'années),
- 2) Formation des continents (voir le tableau),
- 3) Phénomènes volcaniques,
- 4) Formation de la lithosphère,
- 5) Salinité des eaux océaniques,
- 6) Phénomènes biologiques,
- 7) Accélération séculaires de la lune.

Les résultats d'ensemble obtenus par la comparaison de ces méthodes sont présentés dans le tableau suivant.

3. Radioactivité et magnétisme terrestre¹⁾.

La découverte du radium en 1898 ébranla notre science et beaucoup de théories qui semblaient être définitivement fixées ont été mises en doute, par suite des propriétés étranges et inattendues du radium. Aux théories contestées appartient aussi celle de l'origine des chaînes plissées par la contraction de l'écorce terrestre, consécutive au refroidissement graduel de l'intérieur incandescent de la terre.

¹⁾ Le manuscrit trouvé après la mort de l'auteur. La date précise et les intentions de l'auteur inconnues.

On a conclu, des recherches sur la radioactivité des roches, que le radium est extrêmement répandu et bien qu'il ne se rencontre qu'en très petites quantités, sa masse totale dans notre planète est si grande que la chaleur émise par lui, non seulement compense complètement la déperdition de chaleur qui s'échappe de la terre par le courant géothermique, mais qu'il reste encore un excédent de chaleur suffisant pour que non seulement la terre ne se refroidisse pas, mais au contraire s'échauffe. Cette conclusion étonnante se trouve en contradiction frappante avec beaucoup de faits établis. Examinons cette question plus en détail. On a déterminé que le radium se trouve dans les roches tant sédimentaires que magmatiques en quantité moyenne d'environ $5 \cdot 10^{-12}$ grammes par gramme de roche considérée.

A savoir:

Roche	g de radium pour 1 g. de la roche
Granit	$4,1 \cdot 10^{-12}$
Gneiss	$5,7 \cdot 10^{-12}$
Syémite	$6,8 \cdot 10^{-12}$
Argile de l'Amazone	$3,2 \cdot 10^{-12}$
Argile à Globigèrines	$7,2 \cdot 10^{-12}$
Argile à Radiolaires	$36,7 \cdot 10^{-12}$
Argile rouge abyssale	$33,3 \cdot 10^{-12}$
Basalte	$5 \cdot 10^{-12}$ etc.

Cette abondance du radium dans la nature n'est pas compréhensible du point de vue minéralogique. La période de durée du radium est de 1780—2000 ans; il ne peut donc être répandu isolément dans les roches, mais il doit se trouver simultanément avec la substance génératrice dont il dérive c'est à dire avec l'uranium. Un gramme d'uranium contient toujours $3,4 \cdot 10^{-7}$ g. de radium; la substance génératrice c'est à dire l'uranium devrait donc se trouver dans les roches en beaucoup plus grande quantité que le radium, à savoir de $\frac{1}{100.000}$ à $\frac{1}{10.000}$ des roches considérées. En de telles quantités l'uranium pouvait être déjà décelé à l'aide du spectroscope (par ex. dans l'argile à Globigérine), cependant l'expérience spectroscopique ne confirme pas ce calcul. Il faut encore ajouter que l'uranium est un élément très rare et qu'il ne se trouve en quantités considérables à l'état de minéral pechblende d'uranium: (UO_2 , PbO , Th etc.) qu'en Bohême (Jachi-

mov), en Caroline (Etats Unis), en Norvège et dans les minerais rares: clévelite, fergussonite, monacite et quelques autres. Il est étonnant que dans l'ancien empire russe qui contenait $\frac{1}{6}$ des continents, la recherche spéciale des minerais d'uranium n'ait donné que de piètres résultats. L'uranium est donc très rare et cependant d'après le calcul ci-dessus il devrait représenter au moins $\frac{1}{100.000}$ de l'écorce terrestre.

Voici le premier doute concernant la teneur en radium de l'écorce terrestre. D'autres doutes, plus graves dans la question du radium, s'élevaient lorsque nous considérons la composition chimique de l'air et l'état thermique de la terre. Le radium dérive de l'uranium et produit sans cesse de l'hélium; aussi un gramme de radium produit pendant une année $0,14 \text{ cm}^3$ d'hélium. Calculons combien il y a de radium dans le globe terrestre et combien ce radium devrait produire d'hélium. Si le globe entier présentait le même pourcentage de radium que l'écorce terrestre ($5 \cdot 10^{-12}$ g. de radium par gramme de roche) la masse de radium serait alors $5 \cdot 10^{-12} \cdot 6 \cdot 10^{27} = 3 \cdot 10^{16}$ g. Chaque gramme de radium produisant pendant l'année $0,14 \text{ cm}^3$ d'hélium, la masse entière de radium produirait alors $0,14 \cdot 3 \cdot 10^{16} \text{ cm}^3 = 4 \cdot 2 \text{ km}^3$ d'hélium, c'est à dire une quantité considérable. Notre planète existant depuis plusieurs millions d'années, nous obtiendrions en basant notre calcul sur 10,000.000 d'années seulement 42,000.000 km^3 d'hélium répandu dans l'atmosphère, ce qui représenterait 1,05% de son volume. Nous ne rencontrons rien de pareil dans l'atmosphère; l'hypothèse admettant que le radium se trouve dans la totalité du globe terrestre en quantité égale que dans la lithosphère est donc fausse.

Cette conclusion est entièrement corroborée par l'état thermique de la terre. A cette occasion je voudrais attirer l'attention du lecteur sur la différence existant entre le fait et la supposition. Si le géologue trouve une dent de mammoth, c'est pour lui un fait et non une supposition qu'il existait autre fois un animal possédant la dent trouvée, étant donné, que les dents ne se forment pas spontanément. De même quand le pétrographe rencontre des roches magmatiques: basalte, trachites ou obsidians, c'est pour lui un fait et non une supposition que ces masses rocheuses étaient autre fois à l'état liquide et qu'elle se sont solidifiées par refroidissement.

De quoi se compose donc l'écorce terrestre? De roches magmatiques et sédimentaires. Comme on le sait, les roches sédimentaires: sable, argile, calcaire, conglomérats, grès, schistes argileux etc. ne représentent pas les formations primitives de notre planète, mais se sont formées d'une manière connue par la décomposition des roches magmatiques: granites, syénites, basaltes etc. Nous pouvons donc affirmer que l'écorce terrestre se compose de roches magmatiques et des produits de leur décomposition, c'est à dire que les masses rocheuses de l'écorce terrestre étaient autrefois à l'état liquide, c'est le fait et non une supposition. Les masses rocheuses étaient donc d'abord fondues et elles se sont ensuite consolidées par refroidissement. Il est évident que notre planète s'est refroidi et qu'en conséquence son écorce devait se contracter. Et en réalité nous retrouvons les traces de cette contraction dans les chaînes qui ont été plissées depuis les temps les plus anciens jusqu'au moment actuel. Nous pouvons nous rendre compte de la vitesse de refroidissement de la terre en nous basant sur le courant géothermique allant de l'intérieur incandescent à l'extérieur. La terre perd par heure $54 \cdot 10^{15}$ de petite calories de sa chaleur. Calculons maintenant le changement que provoquerait dans l'état thermique de la terre une masse de radium $= 3 \cdot 10^{16}$ g.

Chaque gramme de radium produit 113 calories par heure; la masse entière de radium produirait $113 \cdot 3 \cdot 10^{16} = 339 \cdot 10^{16}$ calories par heure. Cette quantité est 62 fois plus grande que celle de la chaleur émanant de la terre ($54 \cdot 10^{15}$ calories par heure). Le radium compenserait donc non seulement la dépense totale de chaleur, mais provoquerait l'échauffement rapide de la terre; la quantité de chaleur produite par le radium serait suffisante pour fondre toute l'écorce terrestre en 377.000 années. Ces 377.000 ans représentent à peine le temps d'une époque géologique — du Pleistocène ou Quaternaire. Rien de pareil ne se passa sur la Terre. Supposer que le radium se trouve dans tout le globe terrestre en même proportion que dans son écorce est inadmissible car nous serions en contradiction formelle avec les faits établis.

Examinons maintenant la question du radium qui d'après les travaux des physiciens doit se trouver dans l'écorce terrestre en quantité d'environ $5 \cdot 10^{-12}$ g. par gramme de masse rocheuse. Le volume de l'écorce terrestre $= 286 \cdot 10^{23}$ cm.³, sa masse $= 2,6 \cdot 286 \cdot 10^{23} = 743,6 \cdot 10^{23}$ et la masse de radium qu'elle

contient $= 5 \cdot 10^{-12} \cdot 743,6 \cdot 10^{23} = 3718 \cdot 10^{11}$ g. Cette masse de radium formera par an $0,14 \cdot 3718 \cdot 10^{11} = 537 \cdot 10^{11}$ cm³ d'hélium $= 53,700.000$ m.³ d'hélium, quantité considérable. Au bout de 10.000.000 d'années, l'air renfermerait déjà $53,7 \cdot 10^{13}$ m.³ d'hélium. La surface de la terre $= 510.000.000$ km.² $= 51 \cdot 10^{13}$ m.² de sorte qu'au dessus de chaque m.² de la surface il y aurait 1 m.³ d'hélium, ce qui formerait 0,013% du volume de l'atmosphère, quantité qui se laisserait percevoir facilement. En réalité la lithosphère ne contient autant de radium que les savants étudiant les corps radioactifs veulent bien le prétendre. La présence de $3718 \cdot 10^{11}$ g de radium dans l'écorce terrestre est donc également en contradiction avec la contraction de cette dernière, étant donné que cette quantité de radium dégagerait $113.3718 \cdot 10^{11} = 42 \cdot 10^{15}$ de calories, c'est à dire qu'elle équilibrerait ainsi la perte de chaleur de la terre ($54 \cdot 10^{15}$ calories par heure), nous n'aurons donc aucune contraction de l'écorce terrestre ou seulement une très lente.

Que cela signifie-t-il? On a évalué la teneur du radium des roches de l'écorce terrestre à $5 \cdot 10^{-12}$ g par gramme de roche considérée, alors que les faits immédiats (composition de l'air, l'état thermique de la terre etc.) contredisent cette thèse. De quelle manière a-t-on déterminé la teneur des roches en radium? Il est évident que ce n'est pas par la méthode chimique ou même spectrale en raison des trop petites quantités de radium en présence, mais uniquement par la radioactivité des roches. Cependant cette méthode n'est pas sûre, parce que malgré les éminentes propriétés radioactives du radium, il serait osé de n'attribuer toute radioactivité ce seul élément. Le coq est un oiseau, mais oiseau n'est pas un coq. Il faut être très prudent avant de conclure à la radioactivité d'un corps au moyen d'un électromètre, le corps examiné étant placé entre deux plaques électriques, car la vitesse de désarmement de ces deux plaques est bien fonction de l'ionisation de l'air. mais cette dernière peut avoir pour cause différents autres facteurs.

J'attirerai encore l'attention du lecteur sur les propriétés radioactives du potassium, élément très répandu dans la nature. D'après les déterminations de Clarck et Vogt le potassium représente 2,5% du poids de l'écorce terrestre. Sa quantité dépasse d'au moins 25.000 fois celle de l'uranium (en réalité plus de 25.000 fois), alors que sa radioactivité est 1000 fois plus faible que celle de l'uranium. On en conclue donc que le potassium

provoque une radioactivité 2,5—25 fois plus grande que l'uranium et par suite que celui-ci et ses éléments dérivés ne joue dans la question de la radioactivité de la terre qu'un rôle secondaire.

Rien de surprenant qu'en présence des propriétés étonnantes du radium, à ce qu'on ait tenté d'étendre également la domaine de son activité aux phénomènes cosmiques. Si nous trouvons sur le soleil de l'hélium, il n'en résulte pas qu'il doive s'y trouver du radium et de l'uranium. Certaines étoiles contiennent des masses énormes d'hélium. Dans le spectre de β , γ , δ , ϵ d'Orion, d'Algol et autres, les raies de l'hydrogène sont remplacées par celles de l'hélium. Si ces étoiles contenaient de l'uranium et du radium proportionnées à la quantité d'hélium les éléments mentionnés seraient bientôt découverts par l'analyse spectrale. L'hélium est un des composants des atomes des éléments chimiques. Durant la formation de ces éléments l'hélium s'use et pendant leur décomposition se dégage. Le radium et l'uranium ont une énorme importance théorique; mais étant des éléments rares et existant en petites quantités ils ne peuvent compter au nombre des facteurs de premier ordre dans la nature; en effet ils ne jouent pas dans la nature le rôle, qu'on leur attribue actuellement.

Toute la question de la radioactivité de la terre se présenterait sous une autre lumière, si nous attirions notre attention sur le magnétisme terrestre. Ce magnétisme restait une énigme jusqu'à ces temps derniers. En quoi consiste l'état magnétique de la terre et quelles sont ses causes? Cette question ne peut être résolue qu'après la détermination de la nature des rayons α , β , γ des corps radioactifs des rayons cathodiques et des conditions de leur formation. Je citerai ici les résultats de mes recherches dans la question du magnétisme terrestre, exécutées encore à la fin du siècle dernier et publiées en 1907.

1) Le globe terrestre n'est pas un aimant mais un électro-aimant étant donné que:

- a) Même les billes d'acier ne se laissent magnétiser qu'avec difficulté et conservent mal le magnétisme inductif.
- b) L'écorce de notre planète se compose de roches comme les grès, les calcaires, les argiles, les granits, les gneiss etc. qui sont ou complètement incapables de condenser les lignes de forces magnétiques et de les conserver, ou bien ne possèdent cette faculté qu'à un faible degré, comme par exemple les basaltes. Tandis que l'intérieur

de la terre à partir de la profondeur de 35 km présente une température supérieure à 800° C, à laquelle le fer lui même en présence des forces magnétiques se comporte d'une façon analogue au vide ou à l'air.

c) L'état magnétique de la terre subit des oscillations périodiques (journalières, annuelles, de 11 ans etc.).

2) Pour provoquer la répartition actuelle des lignes magnétiques sur la surface de la terre à l'aide d'un courant électrique, ce courant devrait entourer la terre à l'équateur et aux parallèles de l'Est à l'Ouest.

3) Etant donné que la terre tourne autour de son axe, il est probable que les molécules matérielles en tourbillonnant enlèvent des masses d'électricité et de cette manière provoquent les courants électriques qui suivent l'équateur et les parallèles.

4) Où se trouvent ces masses d'électricité? Il ne peut s'agir des masses d'électricité positive qui se trouvent dans les couches supérieures de notre atmosphère, parce que dans ce cas le pôle nord magnétique de la terre se trouverait en proximité du pôle nord géographique, en raison de la rotation de la terre de l'Ouest à l'Est.

5) Il doit donc s'agir de l'électricité négative. La surface de la terre possède une charge d'électricité négative, qui en raison de la rotation de la terre doit donner la répartition qualitative actuelle de forces magnétiques à la surface de la terre; cependant quantitativement la charge électrique de la terre est tout à fait insuffisante. Le calcul montre que cette charge ne pourrait provoquer qu'une petite fraction de l'intensité du champ magnétique de la terre, qu'on observe en réalité.

6) Il faut donc supposer, que les masses pulsantes d'électricité négative, plusieurs fois supérieures à la charge électrique de la terre, se trouvent à la faible profondeur d'environ 40 km de la surface. Sachant que l'écorce terrestre contient jusqu'à une profondeur de 40 km les masses énormes des corps diélectriques, comme le quartz, le mica, etc. mais que ces derniers ne sont pas des isolants absolus, il est donc tout à fait impossible de comprendre de quelle manière ces énormes masses d'électricité négative ont pu se former et se concentrer. J'ai interrompu mes recherches à cet endroit. Nous pouvons maintenant les continuer.

Il est évident que l'intérieur de la terre présente une tem-

pérature très élevée. Nous en trouvons les preuves dans le degré géothermique, les sources thermales jaillissant de la profondeur, les masses liquides de lave projetées par les volcans, ayant jusqu'à une température de 1500° C etc. La contraction de la terre provoque un dégagement d'une énorme quantité de chaleur. La diminution du rayon de la terre d'un seul centimètre donne $86 \cdot 10^{21}$ de petites calories. Cette chaleur élève la température de tout le globe, alors que la terre se refroidie dans ses couches extérieures. C'est pourquoi la température de l'intérieur doit être plus élevée que celle des parties externes. Déjà à la profondeur d'environ 60 km. la température du magma atteint 1500° C et la chaleur croit avec la profondeur. En un mot à l'intérieur de la terre règne une chaleur intense. D'autre part on sait en physique que les corps portés à une haute température émettent des rayons cathodiques, c'est à dire projettent des électrons négatifs qui se propagent à une vitesse énorme.

Le soleil composé de masses incandescentes projette — lui aussi — des rayons cathodiques. Donc l'intérieur incandescent de la terre émet également des rayons cathodiques qui cependant ne peuvent se propager librement dans l'espace, leur marche se trouvant arrêté par la croûte du magma et l'écorce terrestre.

L'électricité négative doit par conséquent s'amasser et se concentrer en grande quantité du côté intérieur de l'écorce terrestre. Cette écorce, fortement chargée d'électricité tourne avec tout le globe autour de l'axe terrestre de l'Ouest à l'Est. Ils se forment alors des courants électriques qui suivent l'équateur et les parallèles donnant ainsi naissance au champ magnétique de la terre. L'intensité de ce champ est fonction de la charge électrique. Si nous désignons la quantité d'électricité négative se trouvant du côté intérieur de la lithosphère par Q , d'intensité du courant électrique qui suit l'équateur et les parallèles sera de $\frac{Q}{84.164}$ des unités électromagnétiques, étant donné que pendant 24 heures ou 84.164 sec., cette électricité passera par la coupe méridienne de la terre. Ce courant donnera naissance au champ magnétique, comportant distribution telle des lignes de forces que celles-ci se joindront aux lignes existantes des forces magnétiques terrestres. En nous basant sur l'intensité du champ magnétique de la terre $H = 0,38$ nous pourrons déterminer la charge électrique de l'intérieur de l'écorce terrestre en appliquant la loi des „bobines“

$$H = \frac{4 \pi \cdot N \cdot I}{l}$$

ou H représente l'intensité du champ, N le nombre de spires isolées, I = intensité du courant, l = longueur des spires (solénoïdes) en centimètres.

A titre de démonstration nous remplacerons d'abord le globe terrestre par un cylindre ayant un diamètre égal à celui du globe et une longueur égale au diamètre terrestre. Divisons l'axe de la terre en centimètres et conduisons par chaque point un plan perpendiculaire à l'axe. Ainsi la surface du globe sera partagée en $2R$ secteurs, dont les surfaces latérales seront égales entre elles et par suite contiendront la même quantité d'électricité, c'est à dire $\frac{Q}{2R}$. Comme pendant la journée chaque secteur décrit un cercle, la quantité d'électricité passant par seconde par la coupe transversale du secteur sera de $\frac{Q}{2R \cdot 84164}$, c'est à dire l'intensité qui sera la même dans chaque secteur. Le nombre de secteurs étant N égal à $2R$ et la longueur du solénoïde l à $2R$, H sera égal à $\frac{4 \pi \cdot N \cdot I}{l}$ soit $\frac{4 \pi \cdot 2R \cdot Q}{2R \cdot 2R \cdot 84164}$. De cette équation nous pourrions déduire la valeur de Q, R et H étant connus ($R = 6371 \cdot 10^5$ et $H = 0,4$) d'où $Q = 3487 \cdot 10^9$ d'unités électromagnétiques soit $3487 \cdot 10^{10}$ coulombs.

Si l'épaisseur de l'écorce terrestre, sa composition pétrographique et sa structure étaient partout homogènes, les lignes de forces magnétiques se confondraient aux méridiens. De même les pôles magnétiques et géographiques coïncideraient.

En réalité il n'en est pas ainsi. Comme on le sait, l'écorce terrestre qui constitue le fond des océans est en moyenne de 15 et 16 km. plus mince que celle des continents. En conséquence les masses d'électricité négative sous la litosphère océanique se trouvent plus près de la surface de la terre qu'elles ne le sont sous la litosphère continentale. Pour cette raison le champ magnétique inductif aura en général une plus grande intensité au dessus des océans qu'à la surface des continents. En réalité l'intensité du champ magnétique dans l'hémisphère occidentale océanique est plus grande que dans l'hémisphère orientale, continentale; ces deux parties sont entre elles dans le rapport de 4 à 3. La composition et la structure de la litosphère ont aussi leur influence

sur l'allure des lignes magnétiques, les différentes roches possèdent une capacité inégale de condenser les lignes magnétiques. En conséquence elle portent le stigmatisme essentiel de la tectonique de la région.

En résumé nous pouvons dire que la source du magnétisme terrestre se trouve dans les rayons cathodiques émanant de l'intérieur incandescent de la terre. Cependant cette source n'est pas unique, car le soleil, lui aussi, envoie sur la terre des rayons cathodiques, d'où son influence sur l'état magnétique terrestre. Ces rayons accroissent le magnétisme terrestre d'où les oscillations de l'aiguille aimantée, variables dans la journée, suivant les saisons etc. De même la relation si étrange au premier abord entre les taches solaires et le magnétisme de la terre, découvert par Wolf, devient de ce fait compréhensible. Les taches solaires projettent des rayons cathodiques en abondance et augmentent ainsi l'intensité du champ magnétique de la terre. Le bilan de la chaleur à la surface de la terre dépend des rayons solaires, alors que l'influence de la chaleur centrale de la terre joue un rôle tout à fait secondaire dans ce cas. Dans la question du magnétisme terrestre au contraire ce sont les rayons cathodiques de l'intérieur de la terre qui constituent le facteur principal, alors que les rayons cathodiques du soleil ne font que modifier légèrement l'état magnétique de la terre. Je voudrais ici faire remarquer au lecteur, que je ne me sers d'aucune hypothèse pour l'explication du magnétisme terrestre. Je pourrais répéter les paroles de Newton „Hypotheses non fingo“, et que je ne rassemble que les faits connus suivants:

1) L'échauffement de l'intérieur de la terre est un fait connu.
2) C'est un fait connu, que les corps incandescents émettent des rayons cathodiques.

3) Il en découle que le noyau de la terre doit projeter des rayons cathodiques.

4) Il est un fait connu également que la terre possède une écorce qui ne permet pas aux rayons cathodiques l'expansion libre dans l'espace, il en résulte que l'électricité négative doit se concentrer à la surface interne de l'écorce terrestre.

5) Il est enfin un fait connu que la terre tourne autour de son axe, et transporte des masses d'électricité négative de l'Ouest à l'Est, en provoquant les courants électriques qui suivent l'équa-

teur et les parallèles et par suite induisent le champ magnétique de la terre etc.

Les masses énormes d'électricité négative concentrées à la surface interne de la lithosphère, ne forment pas seulement le champ magnétique de la terre, mais provoquent aussi toute une série de phénomènes d'un autre genre.

L'écorce terrestre contient d'énormes masses de corps électriques sous forme de quartz, de mica, et autres minéraux. Mais ces corps solides ne sont pas des isolants absolus, étant donné que l'électricité négative „suinte“ très lentement de la face interne à la face externe de la lithosphère. C'est à cette circonstance que la surface de la terre doit sa charge électrique (négative). En dépit de la déperdition constante d'électricité pendant les tempêtes (chaque coup de foudre absorbe de 1 à 100 coulombs) la terre conserve constamment sa charge électrique. Le courant d'électrons négatifs, passant par la lithosphère, la sature d'électricité. Pour cette raison, l'air sortant de la profondeur de la terre (de puits récents, caves, etc.) est ionisé. Aussi, les sources jaillissant des grandes profondeurs et les roches magmatiques et sédimentaires montrent elles des propriétés radioactives. Seuls les minéraux qui sont de parfaits diélectriques comme le quartz pur, le beryle ou le rutile ne présentent pas de radioactivité. La détermination de la quantité de radium (pour mieux dire du degré de radioactivité) dans les roches devient de ce fait compréhensible. Comparons maintenant les argiles d'après leur teneur en „radium“. Si nous désignons la quantité de „radium“ (de radioactivité) dans les argiles fluviales par 1, nous aurons 2—3 dans l'argile à Globigérines, 9 dans l'argile rouge profonde, 10 dans l'argile à Radiolaires. Pour quelle raison le „radium“ manifeste-t-il cette prédilection pour l'argile rouge et à Radiolaires? Cette particularité deviendra subitement claire, si nous considérerons que les argiles fluviales se trouvent plus éloignées de 20 km de l'intérieur de la lithosphère que l'argile à Radiolaires, c'est à dire plus loin de la source de l'électricité négative. Il est possible que les éléments radioactifs eux mêmes se forment à la surface interne de la lithosphère, où règne une énorme pression d'électrons négatifs. Il est de ce fait admissible que dans ces conditions tout à fait spéciales des électrons négatifs puissent se joindre à cer-

tains atomes matériels. Lorsqu'un tel atome sera transporté aux niveaux supérieurs de la lithosphère, où règne une pression moindre, la structure de cet atome se montrera instable, et il commencera à se décomposer en émettant des électrons négatifs, c'est à dire des rayons cathodiques. De toute façon les concentrations énormes d'électricité négative du côté interne de la lithosphère doivent jouer un rôle éminent dans la question de la radioactivité de la terre.

Le potassium possède, il est vrai, une radioactivité mille fois plus faible que celle de l'uranium, mais par contre la quantité de potassium dans les roches est très importante. Calculons la radioactivité, que cet élément serait à même de faire naître dans les roches. Un gramme d'uranium est équivalent au point de vue radioactif à $3,4 \cdot 10^{-7}$ de radium. 1 gramme de potassium sera équivalent de $\frac{3,4 \cdot 10^{-7}}{1000} = 3,4 \cdot 10^{-10}$ de radium. Comme un gramme de roches contient d'après Vogt et Clark en moyenne $\frac{2,5}{100}$ de potassium, il en résulte que la radioactivité de 1 gramme de roches sera égale à radioactivité $\frac{3,4 \cdot 10^{-10} \cdot 2,5}{100}$ c'est à dire $8,5 \cdot 10^{-12}$ g. de radium. En réalité cependant la radioactivité de 1 g. de roches correspond à une teneur en radium de $5 \cdot 10^{-12}$. D'où ressort que la radioactivité de potassium contenu dans les roches devrait provoquer une radioactivité des roches deux fois plus grande, que celle qu'on observe immédiatement. Il est évident que la radioactivité du potassium est évalué trop haut. En outre en comparant la radioactivité des roches diverses, comme par exemple de granite et d'argile à Radiolaires nous trouvons que cette propriété des roches est indépendante de la quantité du potassium contenu dans elles. Tout cela montre comme irrésolues sont les bases pour conclure sur la quantité d'un tel ou d'un autre élément, en s'appuyant sur le principe de sa radioactivité.