

Echauffement global, problème de CO2 et électricité nucléaire

Société des Arts
Genève
Lundi 9 octobre 2006, 18h00
Prof. Jean Thoma –Dr. Gianni Mocellin
www.straco.ch

1 Introduction

Toute la presse est remplie de désastres comme l'échauffement de la terre, l'excès de CO2 dans l'atmosphère, imputé aux quelque 10^9 automobiles qui circulent sur toute la terre, et enfin les centrales nucléaires, qui pourraient produire toute la puissance ou l'énergie nécessaire, mais qui ne sont pas aimées par le public.

Nous examinerons donc ces trois questions, qui semblent tant préoccuper, y compris les médias, et dirons qu'il n'y a pas de raison de se faire des sérieux soucis.

Notre plan est le suivant:

1. Bilan thermique de la terre;
2. Circulation de CO2 sur la terre;
3. Electricité nucléaire;
4. Raisons du pessimisme.

Nous verrons que les trois premiers points sont fortement exagérées dans les médias et qu'il suffit de rester vigilants.

Dans la quatrième partie, nous examinerons les raisons de tant de pessimisme dans les médias et conclurons qu'il s'agit probablement d'un effet de mauvaise conscience devant tant de progrès techniques.

Oui, il y a eu beaucoup de progrès, surtout en électronique, mais certains autres produits laissent à désirer.

Un exemple en est la pile électrique qui n'a pratiquement pas fait de progrès depuis les travaux de Leclanché au 19ème siècle. Dans l'état actuel, les piles sont utilisées pour alimenter de petits appareils, mais sont inutilisables pour des puissances plus fortes telles que celles des automobiles.

2 Bilan thermique de la terre

La température de la surface de la terre est régie par ce que l'on appelle l'équilibre des flux, c'est-à-dire que le flux de chaleur d'arrivée est exactement le même que la radiation dans l'espace.

1. Le flux à l'arrivée provient du soleil et est un nombre très grand. Cependant, en le divisant par la surface du globe terrestre, l'on obtient un chiffre raisonnable de 1.4 kW par mètre carré, ceci seulement quand le rayonnement est dirigé directement vers le sol, moins quand le soleil est bas sur l'horizon et quasi rien pendant la nuit. En chiffre rond nous avons donc environs 1 kW par mètre carré touchant la surface par jour clair.
2. Le même flux est renvoyé de la terre dans l'espace, qui est très froid (environ 3° Kelvins ou - 270° Celsius).

Nous avons donc un équilibre thermique stable car le flux d'arrivée ne dépend pas de ce qui se passe sur la terre. Le flux de sortie est régi par la loi de Plank (loi du rayonnement des corps noirs) et une hausse de la température de 1,6 Celsius donne une augmentation du rayonnement de 1.6, ce qui est énorme. Donc la situation de la terre est stable.

Représentons la situation thermique du soleil et de la terre par la figure 1 ci-dessous:

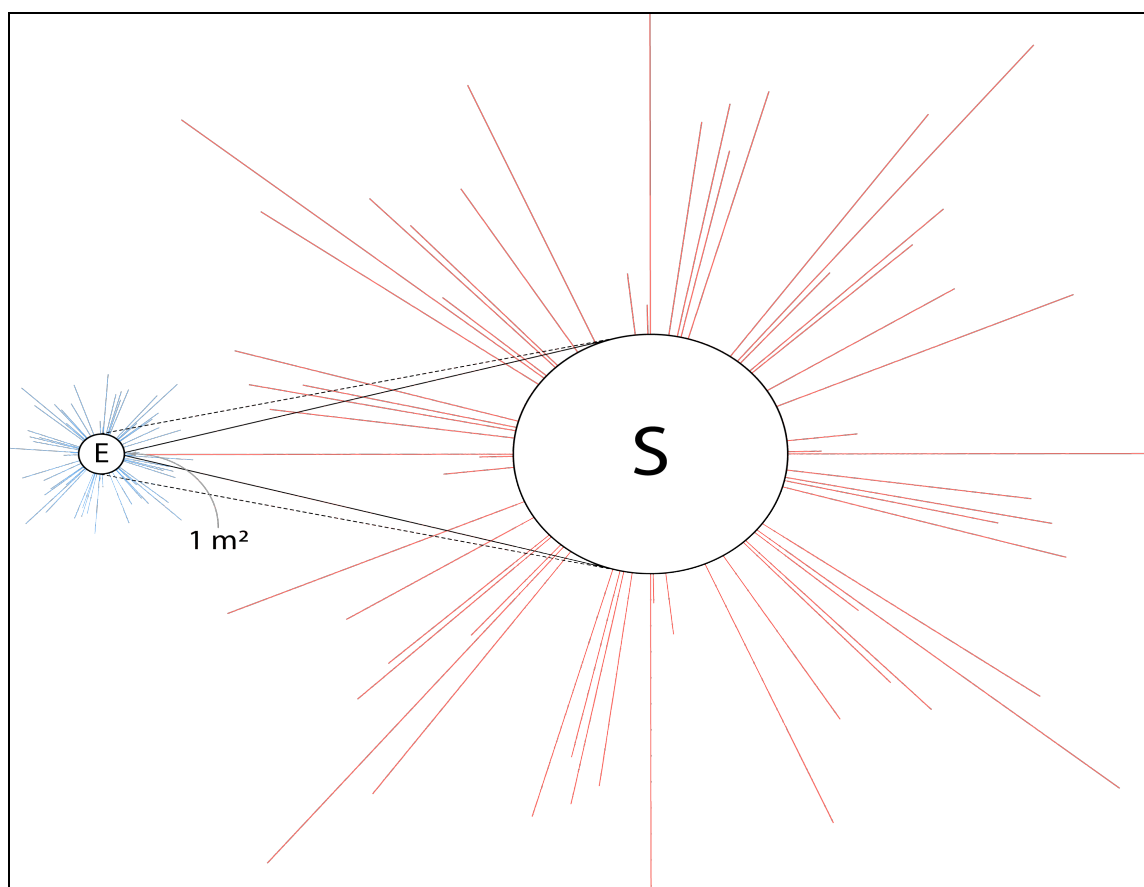


Fig. 1 Le soleil envoie une certaine puissance thermique sur la terre et celle-ci est réirradiée dans l'espace, selon la loi de radiation de Plank.

En d'autres termes, tant que le soleil reste chaud et l'espace froid, donc pour les prochains millions d'années, nous n'avons rien à craindre.

Il y a eu des périodes de froid sur la terre, les périodes glaciaires, qui peuvent se reproduire, mais elles ne proviennent pas du bilan de chaleur. Elles proviennent plutôt des irrégularités de circulation de l'air. Un échauffement global peut provenir de l'effet serre, donc d'une augmentation de chaleur dans les couches inférieures, sans que ne soit changé l'émission des couches supérieures, mais on n'a aucune preuve de cet effet.

Un autre effet nocif du CO₂ est la photosynthèse, particulièrement dans le bassin de Los Angeles avec son fort ensoleillement. Mais on m'a confirmé dernièrement que l'air de Los Angeles est devenu bien meilleur, probablement grâce aux catalyseurs des automobiles.

S'il est vrai que des glaciers, tels que le glacier du Rhône, deviennent plus petits, au moins un autre glacier, celui de Calafate en Patagonie, Argentine a continué à croître jusque récemment.

4 Bilan du CO₂ sur la terre

Le CO₂ (gaz carbonique) est soumis à un bilan similaire à celui de la chaleur, avec des sources et des puits de ce précieux gaz.

La presse veut nous faire croire qu'il y a trop de ce gaz et que le presque un milliard d'automobiles est responsables de sa concentration. Cependant, il y a seulement 2.0 E-6 automobiles par mètre carré, soit 2 voitures par kilomètre carré. Donc leur output est très faible par rapport, très grossièrement, à toutes les plantes qui absorbent du gaz carbonique CO₂ et de l'eau H₂O en produisant du C et du H₂, du carbone et de l'hydrogène.

Ce processus d'absorption demande une énergie qui est fournie par la lumière du soleil. Les éléments C et H₂, carbone et hydrogène, constituent la matière vivante et servent en principe comme aliment à tous les animaux. Une partie des anciennes plantes est pétrifiée ou liquéfiée et est exploitée aujourd'hui comme combustible fossile.

Représentons ce cycle carbonique par la figure ci-dessous (Fig. 2).

A gauche les plantes, qui utilisent le gaz carbonique CO₂ et l'eau H₂O qu'elles tirent du sol. Pour vivre, elles ont besoin de l'énergie fournie par la lumière du soleil. Pour les plantes, l'accès à la lumière est donc le problème majeur. Elles l'utilisent pour leur survie par le procédé de la photosynthèse. Dans un certain sens, le CO₂ est l'aliment des plantes et l'on voit mal, comment trop de CO₂ pourrait gêner la photosynthèse au lieu de la faciliter.

La partie droite de la Fig. 2 montre les consommateurs de CO₂, avec d'abord les animaux, ensuite les humains et pour finir les processus industriels.

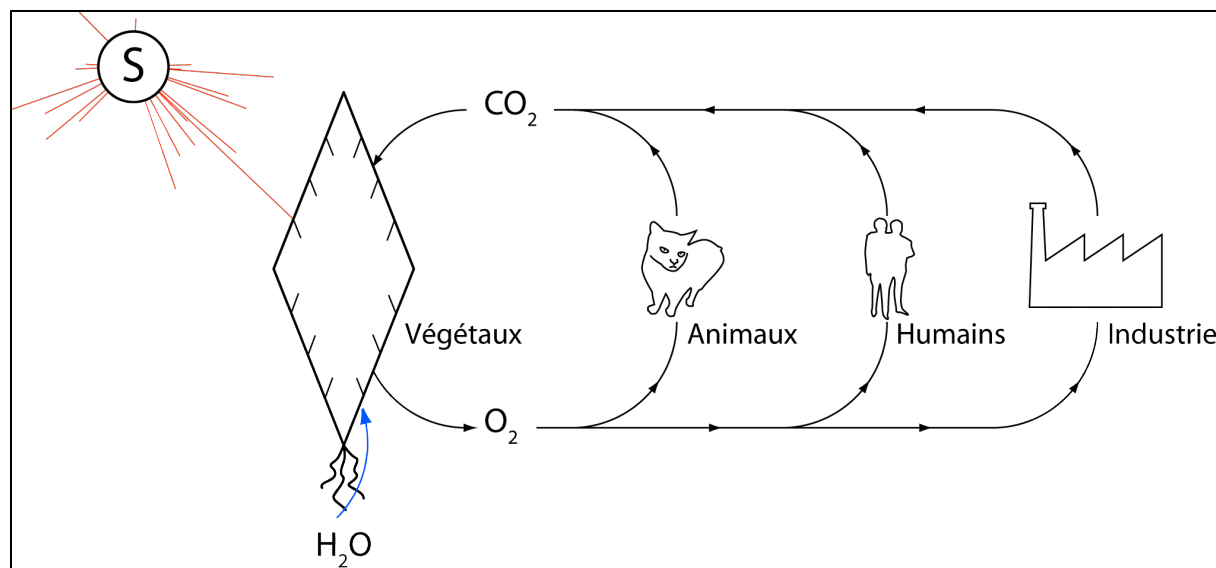


Fig. 2 Cycle carbonique de la terre: le CO₂ est absorbé par les plantes (pendant le jour) et produit la matière organique qui alimente les animaux, les humains et l'industrie, qui tous produisent du CO₂. Le CO₂ étant un aliment des plantes.

Quand la lumière manque, par ex. pendant la nuit, la photosynthèse se renverse. En d'autres termes, la matière vivante se décompose et produit de nouveau du CO₂ et de l'H₂O. En botanique on appelle ceci les pertes de respiration pendant la nuit.

Aujourd'hui, selon Internet, la concentration de CO₂ dans atmosphère est de quelque 300 parts par million (de 260 à 360 ppm selon les sources). Elle a augmenté depuis le 18^{ème} siècle d'environ 30%. On sait en outre que la limite de respirabilité correspond à une concentration de CO₂ de 1% (10 000 ppm), donc beaucoup plus grande. (Expérience des sous-marins en 1914).

Un autre effet nocif de la photosynthèse, par exemple dans le bassin de Los Angeles, est de faire des nuages opaques. Mais on m'a affirmé dernièrement que l'air y cet effet tend à disparaître, probablement grâce aux catalyseurs des automobiles. J'ai par ailleurs observé la même amélioration en 2005 à Athènes.

Nous retiendrons donc le fait que le CO₂ est un aliment essentiel des plantes, accélérant leur croissance comme l'explique assez bien la figure 3 ci-dessous parue dans la NZZ il y a quelque temps :

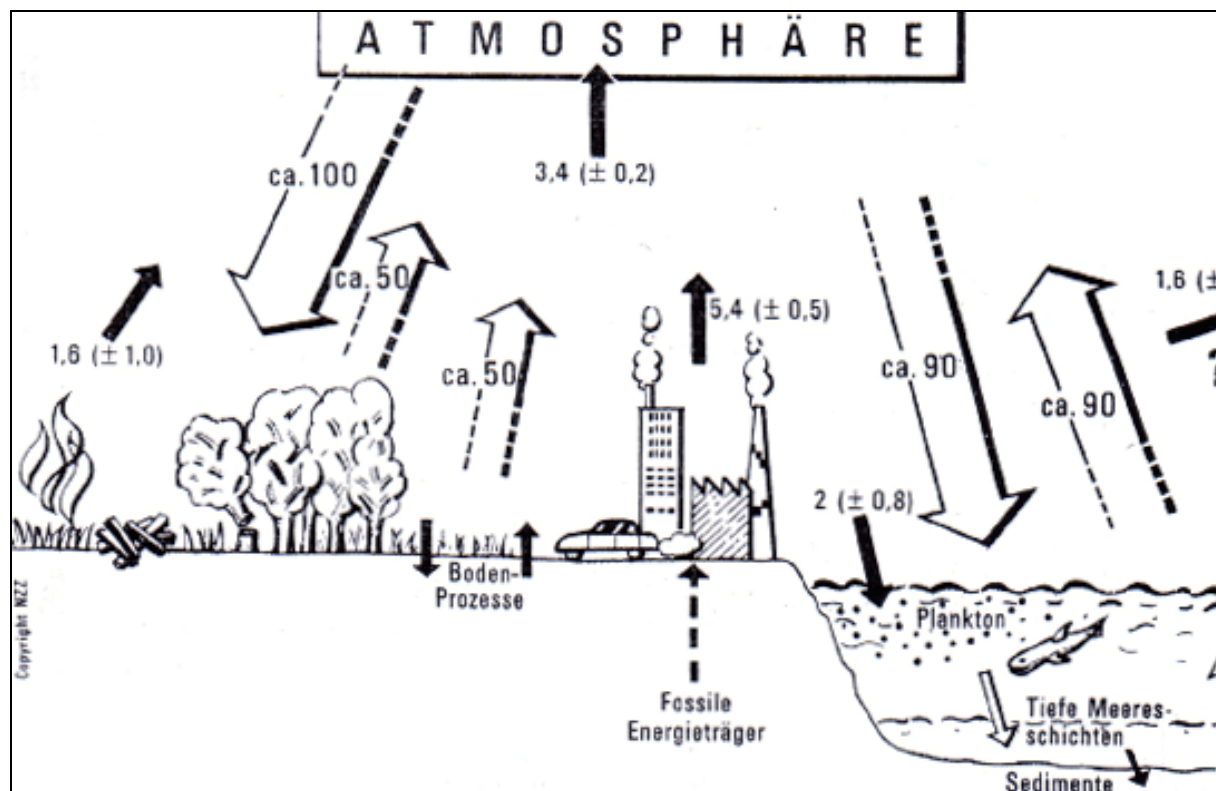


Fig. 3 Cycle carbonique selon la NZZ

5 Electricité nucléaire

Pour ce qui est de l'énergie nucléaire, elle semble être la meilleure méthode pour générer de l'électricité en grandes quantités.

Tout comme les usines hydroélectriques, elle les usines nucléaires ne produisent pas de CO₂.

Mais, étant des génératrices thermiques, elles produisent de la chaleur conformément au cycle de Carnot, qui chauffe l'air, les rivières ou la mer (on parle ici de fission nucléaire, puisque la fusion nucléaire n'a pas fait de progrès depuis 30 ans). L'absence d'émissions de CO₂ est le grand avantage des centrales nucléaires.

Pour fixer les idées, un kW pendant une heure (1 kWh) nécessite 0.25 kg de pétrole, 0.35 kg de charbon et rien pour les stations hydroélectriques. Une usine nucléaire, quant à elle, a besoin de seulement 3 mg (milligrammes) de combustible nucléaire par kW, ce qui semble beaucoup plus économique.

Le problème avec toute usine thermique est causé par les déchets. Le principal déchet est, en fait, la chaleur émise selon le principe de Carnot, du double de la puissance électrique produite.

Elle est rejetée dans l'air et dans les rivières. Si l'on va avec les CFF de Zurich à Genève, on voit très bien le nuage de refroidissement à air de la centrale de Gösgen en AG. On a aussi lu dans les journaux en été 2006 que la capacité d'absorption de chaleur des rivières est une limite pour la puissance électrique produite.

En ce qui concerne les déchets solides, que l'on appelle cendres pour le charbon, ils représentent environ 4% de la consommation de charbon, c'est-à-dire 100 000 tonnes par an pour une grande centrale (de 1 GW). Avec le lignite, les cendres sont encore plus importantes. En outre, tout le CO₂ des centrales thermiques fossiles est rejeté dans l'atmosphère.

L'électricité nucléaire, à part le rejet de chaleur, produit aussi des déchets, mais beaucoup moins: ils sont d'environ 20 tonnes par an pour une grande centrale de 1 GW. Par un traitement chimique, les déchets peuvent en outre être réduits à 1 tonne par année, comme on le fait couramment en France et au Japon. Cette petite quantité reste dangereuse pendant 100 à 10'000 ans.

Ces déchets devraient être déposés dans des mines (mais si aucune commune ne les accepte, ils resteront à la surface dans la centrale nucléaire).

Les déchets nucléaires sont un mélange de différents éléments produisant des radiations ionisantes. Tous sont caractérisés par une certaine grandeur qui se mesure en temps, la dite demi-vie. Il s'agit simplement du temps pour que la moitié de l'élément ait disparu et se soit transformé en un autre élément, qui peut lui aussi être radio actif. Après la demie-vie, l'autre moitié restante continue à irradier et après une deuxième demi-vie, il reste seulement un quart de la quantité de départ, et ainsi de suite.

En résumé, tout corps radioactif émet une radiation, mais d'autant moins que sa vie moyenne est plus longue. En d'autres termes, un corps à vie très longue émet peu de radiation.

Pour illustrer ce rapport entre durée vie et intensité de radiation, nous représentons sur la figure 3 ci-dessous un corps à vie longue, à gauche, indiqué par un grand cercle. Il a peu de radiations, illustrées par des cheveux courts (lignes radiales). Au milieu, il y a un corps moyen, et à droite un corps à vie courte, illustré par un petit cercle mais avec des cheveux longs, qui indiquent une forte radiation.

Nous avons représenté la relation avec un facteur de un à quatre, mais en réalité le facteur est beaucoup plus grand, la vie allant d'une seconde à des millions d'années, le rapport réciproque entre vie et intensité restant immuable.

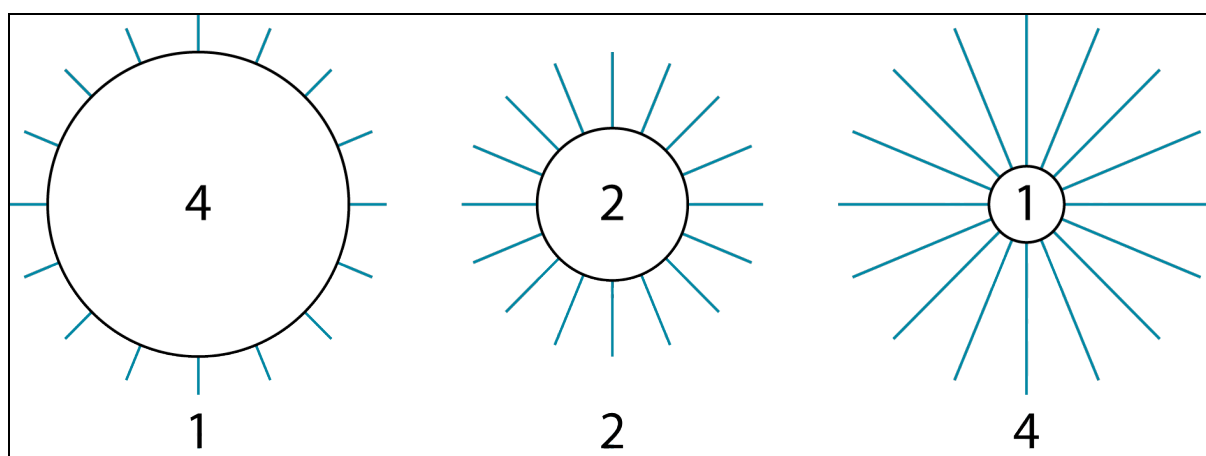


Fig.3 Essai de représentation en physique nucléaire du rapport entre longueur de vie (les cercles) et intensité de radiation (longueur des cheveux): plus la vie est longue, moins le corps émet de radiation.

Précisons en outre que tous les corps sont radioactifs et que certains ont une vie si longue que leur radiation est trop petite pour être mesurable. Ajoutons enfin que la radiation nucléaire est immuable, car elle vient du noyau et non de la couche d'électrons.

Afin de rendre la discussion sur l'effet des radiations sur l'homme un peu quantitative, il convient d'introduire une unité: le Sivert (Sv).

Nous en donnons ici quelques valeurs-clé :

1. Une dose de 1 Sv donne des malaises ou vomissements pour un homme, et 5 Sv tue la moitié de l'humanité affectée;
2. l'intensité de la radioactivité naturelle cosmique, c'est-à-dire qui vient de l'espace, est de 0.3 milli Sv par an (0.3 E-3).

L'intensité des radiations sur la surface de la terre est très variable, probablement à cause de gisements de radium dans la terre.

Une valeur de calcul que j'utilise couramment est de 3 milli Sv/an en Europe, bien qu'il y ait des valeurs plus faibles, p. ex. 1.5 milli Sv/an près de Frankfurt, Allemagne. D'autres régions de la terre accusent en revanche des valeurs beaucoup plus fortes: 27 milli Sv/an au Kerala aux Indes et 87 milli Sv/an par an sur la cote orientale du Brésil.

Et, l'humanité supporte ces intensités depuis toujours.

Autre point important : la radioactivité provient du noyau atomique et non du nuage d'électrons. Elle ne peut donc être modifiée par des moyens chimiques et on ne doit donc pas en craindre des effets dommageables comme ceux provoqués par d'autres poisons ordinaires comme la dioxine.

Pour finir, je vais vous raconter une histoire qui s'est passée en 1980, quand j'étais chercheur à l'institut IIASA (Institut International pour l'Analyse des Systèmes Appliqués) à Laxenburg près de Vienne, Autriche.

Un jour est arrivé un médecin américain, tout juste rentré de Hiroshima, Japon. Il y avait fait des examens statistiques sur le cancer parmi les survivants de la bombe nucléaire de 1945, donc plus de 30 ans après. Je lui ai dit que ces gens-là devaient souffrir de beaucoup de cancer à cause de la bombe. Il m'a répondu que non. Ces gens sont 30 ans plus vieux et souffrent de beaucoup de maladies, mais une augmentation du cancer n'est pas décelable. En d'autres termes, ils sont morts après la bombe, mais il n'y a pas eu plus de cancer parmi les survivants.

Je continue de penser à cette histoire qui est tellement en contradiction avec les rapports que font les médias sur les suites tardives de l'explosion de Tchernobyl.

5. Raisons du pessimisme

Puisque l'échauffement global n'existe quasiment pas et que la sécurité nucléaire peut être garantie, on peut se demander pourquoi il y a tant de pessimisme dans les journaux et les médias, même les plus sérieux.

Je ne connais pas de meilleure réponse que le résultat d'une mauvaise conscience par rapport aux extraordinaires progrès de l'humanité. En ce qui me concerne, je n'ai pas de mauvaise conscience et j'utilise avec plaisir l'Internet et les téléphones portables.

Cela vient en outre du fait que les nouvelles de catastrophes sont toujours plus intéressantes et plus lues que les bonnes nouvelles. C'est pourquoi les journaux à sensations se vendent bien car les journalistes veulent intéresser leurs lecteurs.

Ils sont appuyés par de nombreux instituts de recherche qui ont tous besoin d'argent pour financer leur budget, pour de nouveaux collaborateurs ou pour aller aux conférences internationales. Selon mes observations, universités et instituts de recherche ont plus faim d'argent que l'industrie privée.

En conclusion je vais citer un discours du Prof. August Foepl, qui avait organisé vers 1910 un séminaire en collaboration avec le Prof. A. Sommerfeld à l'Université de Munich, Allemagne et auquel il avait invité Albert Einstein, qui parla naturellement de sa fameuse formule

$$E = m c^2$$

Dans un discours peu de temps après, le Prof. Foepl a dit:

"Il y aura une grande crise d'énergie qui se traduira par une pénurie terrible de charbon pour les générations futures, car toute notre industrie et les chemins de fer fonctionnent avec du charbon. Mais il y a peut-être une voie de sortie, grâce à la formule d'Einstein (ci-dessus)".

Ce discours fut écrit par sa fille Elsa, une jeune fille à l'époque. Plus tard elle épousa un jeune homme, Hans Thoma, et devint ainsi ma mère.

On peut affirmer aujourd'hui que la crise de charbon prédite par A. Foepl en 1910, ne s'est toujours pas produite en 2006.

Pour ce qui est des centrales nucléaires, application, ou plutôt l'illustration, de la formule d'Einstein, force est de constater qu'elles exigent de nombreux dispositifs de sécurité et ne peuvent pas être construites pour des petites puissances où le moteur à explosion règne en maître.

Je termine sur cette note historique.

Je vous remercie de votre attention, et je suis à votre disposition pour répondre à vos questions.