

Quelques propos autour d'un vaccin contre la dérive climatique
et de l'évolution de la pensée scientifique sur l'énergie de Carnot à Einstein

Gilbert Ruelle - Académie des Technologies

Propos n°1 : Sur les tragédies mondiales

Propos n°2 : Sur Carnot, qui pénétra l'atome sans le savoir en faisant travailler la chaleur

Propos n°3 : Sur Einstein qui le pénétra consciemment dans la lumière de la science

Propos n°4 : sur les performances et attraits de la production ELECTRONUCLEAIRE

Propos n°5 : sur les discordances dans l'Union Européenne, les taxonomies.

Propos n°6 : étudier, comprendre, décider, sans doxa.

Il y a quatre cent cinquante mille ans, l'homme primitif domestiqua le feu pour en tirer chaleur et lumière. Il ne soupçonna pas qu'en brûlant quelques branches, il venait de manipuler de l'énergie atomique sous sa forme chimique, car il ignorait notre vocabulaire actuel (atome, chimie, énergie, ...). Chasseur cueilleur familier des efforts physiques contre la pesanteur, Il n'entrevoit pas non plus le gigantesque saut de plusieurs dizaines d'ordre de grandeur qu'il venait de franchir dans l'énergie utilisable, car il ne savait pas encore l'utiliser en convertissant la chaleur du feu en travail, forme plus directement comparable pour lui, ce qui ne surviendra qu'au 19^{ème} siècle avec Carnot, lançant la révolution industrielle par l'abondance d'énergie mécanique extraite du feu.

Un siècle après que Carnot eut formulé la loi de la transformation de la chaleur en travail, cette abondance d'énergie mécanique révéla qu'elle était accompagnée d'une accumulation de gaz de combustion modifiant l'atmosphère terrestre dans le sens d'un réchauffement du climat mondial cumulatif porteur d'un risque existentiel, contre lequel l'humanité va devoir se liquer d'urgence.

Au 20^{ème} siècle, l'approfondissement des connaissances sur l'atome permit de comprendre qu'en domestiquant le feu, son vieux frère avait percé sans le savoir la peau de cet atome, et frôlé cette abondante source d'énergie du feu dont il ne puisa que lumière pour éclairer sa caverne et chaleur pour cuire ses aliments. Il s'est douté que cette abondante source d'énergie résultait d'interactions entre ses composants dont il a remarqué que certains portent des charges électriques positives ou négatives, un peu comme mâles et femelles, qu'il a nommés + et - . Le Monde est ainsi fait que les forces de liaison électrique, acteurs des réactions chimiques sont d'un ordre de grandeur très supérieur (10^{38}) aux forces de liaison gravitationnelle très anciennement identifiées parce que directement perceptibles, et seules utilisées jusqu'à la révolution industrielle.

Mais l'homme du 20^{ème} siècle a aussi remarqué que la plus grande partie de la masse des atomes est compactée dans une très petite zone centrale appelée noyau, ce qui l'a intrigué. Pourrait-il aussi pénétrer à l'intérieur ? N'y trouverait-il pas encore une autre source d'énergie ? Gagné ! Il y découvre de lourds nucléons protons électriquement chargé + et neutrons sans charge, serrés entre eux par une force d'attraction mutuelle fantastique. Le Monde est ainsi fait que cette force nucléaire plus de 100 fois plus forte que la force électrique de répulsion des protons les empêche de s'échapper, assurant la stabilité de la matière, mais l'intelligence humaine a permis, et permettra de mieux en mieux, d'exploiter cette nouvelle liaison nucléaire en jonglant avec les propriétés particulières de chacune des forces en jeu (rayons d'action, rapidité des neutrons, fission d'atomes lourds, fusion d'atomes légers...). Après plus d'un demi-siècle d'exploitation de cette énergie nucléaire, on en connaît tous les attraits :

- Production massive d'électricité utilisant le minimum d'entrant, qui est gage d'indépendance nationale et de compétitivité
- Sans influence climatique, la chaleur porteuse de l'énergie venant de l'énergie cinétique des neutrons et P.F.
- Recule les limites des ressources en énergie de la France à l'échelle des siècles
- C'est la source d'énergie qui a démontré l'impact minimum sur la santé publique sur le dernier demi-siècle

Cette liaison nucléaire est la troisième et dernière des trois liaisons fondamentales de la nature :

1- La liaison gravitationnelle, gérante du mouvement dans l'Univers, qui gouverne depuis l'enfance du Monde les énergies renouvelables, dont une fraction non pilotable peut être prélevée par l'homme. Premières énergies domestiquées par l'homme qui ont assuré seules son pré-développement économique jusqu'au 18^{ème} siècle. Handicapées par leur intermittence, elles conservent une part du marché de l'énergie dans les pays disposant d'abondantes ressources fossiles et n'ayant pas développé une technologie nucléaire suffisamment rassurante...

2- La liaison électrique, qui a permis, sous le masque de la chaleur, de lancer la révolution industrielle du 19^{ème} siècle, en révélant l'abondance d'énergie disponible à l'intérieur de l'atome et permettant à Carnot de la mettre sous forme de travail, où elle gouverne depuis deux siècles 80% de l'énergie mondiale par la réaction chimique de combustion de toutes les sources d'énergie fossiles (charbons, pétrole, gaz naturel), et porte avec elle le risque majeur du réchauffement climatique.

3- La liaison nucléaire n'est affectée ni de la faiblesse, ni de l'occupation de territoire, ni de l'intermittence de la première, ni de la dégradation du climat de la seconde dont elle est le meilleur vaccin

Pourquoi alors refuserions-nous cette énergie qui chauffe sans combustion, et apporte l'avantage écologique remarquable de corriger le grave défaut des énergies du feu qui détériorent actuellement notre climat ?

Pourquoi nous priverions nous d'exploiter lucidement cette énergie nucléaire qui a eu l'impact le plus faible sur la santé publique dès son premier demi-siècle d'exploitation ?

*Pourquoi refuserions-nous d'entrevoir l'avenir proche des réacteurs à neutrons rapides, qui **permettent par l'utilisation de l'uranium 238 comme fissile et non plus fertile**, de multiplier par cent le potentiel énergétique disponible, **mettant la France à l'abri d'un manque de ressources énergétiques pendant plusieurs siècles et simplifiant grandement la gestion des déchets ?***

Propos n°1 : Sur les tragédies mondiales

Dans le passé, lors de la petite enfance de son existence de 4,57 milliards d'années, notre planète Terre ne s'est pas toujours révélée très sûre ; elle a connu plusieurs tentatives d'apparition temporaire de la vie, dont la plus familière aux enfants des hommes est celle des dinosaures, et plusieurs extinctions de cette vie. Ces événements extrêmes ont eu pour causes des phénomènes astronomiques (chutes de grandes météorites et volcanisme de consolidation de la croûte terrestre).

Depuis l'apparition de l'homme, une soixantaine de millions d'années après la disparition des dinosaures l'humanité a connu de multiples événements naturels moins tragiques (tremblements de terre, éruptions volcaniques, inondations géantes, épidémies...) à des échelles géographiques locales ou régionales.

Aujourd'hui : Certains de ces événements catastrophiques se déroulent non plus à ces échelles limitées, mais à nouveau à celle de la planète entière, comme la pandémie de COVID 19 actuelle. Cette nouvelle extension à la planète est maintenant une conséquence de l'aisance des communications accompagnant notre civilisation technologique : transports, déplacements de toutes natures, impliquant des personnes, des marchandises, des informations et aussi des déchets à travers le monde. La gouvernance de la société est difficile lors de tels événements. L'expérience de la pandémie du COVID 19 nous offre un constat de succès et insuccès des mesures expérimentées dans tous les pays au cours de cette pandémie :

- Succès partiel - Défense individuelle par contraintes sociétales réduisant la probabilité de contact entre l'homme et le virus (masques, hygiène, distanciation, confinement, télétravail, interdiction de certaines activités et voyages...).
- Echec - Mise au point d'un médicament capable de guérir la maladie déjà engagée. Cette voie n'a pas abouti dans des conditions économiques permettant de stopper une pandémie mondiale exigeant un médicament peu coûteux.
- Succès - d'un vaccin créant une immunité notoire en cas de contact avec le virus, grâce à l'innovation de l'ARN messenger. Plusieurs vaccins ont été disponibles dès la première année après le début de la pandémie, qui ont pu être adaptés aux variants de cette famille de virus et ont atténué progressivement la mortalité. On peut espérer une vaccination mondiale dans la troisième année de la pandémie.

Demain nous apportera d'autres bouleversements, de natures différentes, mais également planétaires par cette facilité de circulation croissante des hommes, de leurs produits, de leurs technologies et de certains de leurs déchets. Le prochain désordre mondial dramatique prévu est le réchauffement climatique, connu et familier du grand public depuis les années 1990, mais déjà identifié dès 1960 par les travaux de Syukuro Manabe qui vient d'en recevoir le Prix Nobel de physique en octobre 2021. Nous ne serons donc pas pris par surprise.

La cause en est également connue ; c'est l'accumulation dans l'atmosphère d'un déchet gazeux formé principalement de dioxyde de carbone CO₂, et de méthane et autres gaz, nommés gaz à effet de serre GES, parce qu'ils renvoient au sol une partie des rayonnements émis par le sol, participant ainsi au réchauffement, et généralisant ce réchauffement sur toute la planète par la circulation des vents et l'égalisation des pressions partielles dans les mélanges gazeux.

Le principal de ces GES, le CO₂, provenant de la combustion de produits carbonés (bois et son descendant fossile le charbon), **prit son envol au 19^{ème} siècle après la révolution industrielle qui brûla beaucoup de charbon.** **L'émission de CO₂ s'accéléra** dès la fin du 19^{ème} siècle **avec l'arrivée de l'électricité** qui accrut la consommation de charbon pour produire ce vecteur qui multiplia les usages de l'énergie en la rendant transportable et distribuable, **et aussi avec l'arrivée simultanée du transport automobile dont la motorisation introduisit un combustible nouveau également carboné, le pétrole.**

Les modifications climatiques qui avaient affecté notre planète dans le passé (glaciations) avaient été causées par des influences extra-planétaires (variations d'orbite). Les épaisseurs kilométriques de glace qui ont enrobé nos continents s'étaient formées sur des temps très longs, mais à partir de baisses de température moyenne de quelques degrés seulement. Le réchauffement qui nous menace actuellement manipule les mêmes ordres de grandeur, mais en sens inverse ! **C'est la première fois qu'une activité humaine conduit à une modification planétaire aussi chargée de risques pour l'humanité dans une perspective de temps aussi brève. Avant l'ère industrielle, la teneur en CO₂ de l'atmosphère était d'environ 280 ppmv, elle dépasse aujourd'hui 400, et le réchauffement planétaire moyen dépasse déjà 1°C.**

Une gouvernance de ce nouveau péril mondial doit d'abord prendre conscience du temps long qui caractérise cette perturbation du climat. Ce ne sera pas une inondation géante s'étalant sur un ou deux mois, ni une pandémie mondiale à vaincre en deux ou trois ans, mais une dérive climatique qu'il faut maîtriser en moins d'un

siècle. En 1988, dans une grande audition au sénat américain, la conscience de cette exceptionnelle gravité a conduit à la **création du GIEC** (Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat). Organisme international ouvert à tous les pays membres de l'ONU, il regroupe actuellement 195 états¹. **L'objectif annoncé (accord de Paris) est de limiter ce réchauffement moyen à +2°C (en visant +1,5°C si possible) en fin de siècle par rapport à l'ère préindustrielle.**

Si on se réfère aux trois axes de défense expérimentés au cours du plus récent désordre planétaire que fut la pandémie du COVID 19, on constate que les deux premiers axes, basés sur une défense individuelle par isolement ou remède, perdent leur sens lorsqu'il s'agit de lutter contre un réchauffement général qui n'attaque plus des individus, mais la société à travers ses réalisations, par la perte d'habitabilité de vastes zones côtières urbanisées, noyées par la montée du niveau des mers, ou de vastes zones continentales boisées incendiées, toutes ces pertes de territoires entraînant des migrations incontrôlables. Il n'est guère imaginable de déplacer la plus grande partie de l'humanité à plus de 2000 mètres d'altitude pour mettre chacun au frais (qui serait d'ailleurs provisoire) de ce réchauffement. Il n'est pas plus imaginable de munir chaque terrien d'un masque conditionneur d'air individuel portable.

La voie de l'adaptation individuelle au réchauffement subi se révélant impraticable, il est impératif de refuser de subir ce dérèglement en reprenant d'urgence un contrôle autoritaire du taux de CO₂ dans l'atmosphère par des moyens efficaces, donc développer d'urgence l'équivalent d'un vaccin de l'humanité contre la dérive climatique en stoppant le plus rapidement possible les émissions les plus importantes de CO₂. Il faut donc partir d'une analyse scientifique validée par les académies nationales permettant de discerner les thérapeutiques les plus prometteuses, en évitant les fausses routes, en déduire une politique de gouvernance propre à chaque pays, car il existe de profondes différences entre eux, tenant à l'histoire et aux ressources énergétiques fossiles de chacun. Il faut ensuite engager fermement cette politique face à de probables lobbies défendant leurs intérêts de court terme, et la conduire dans le temps long, avec comme seul juge de l'efficacité l'évolution de la température mondiale moyenne de notre atmosphère suivie et validée par le GIEC.

Brève histoire de notre atmosphère

Notre planète Terre est née (âge zéro) Il y a 4,57 milliards d'années, en satellite de notre soleil qui venait aussi de naître à partir des poussières d'autres soleils beaucoup plus gros en fin de vie ayant explosé en supernova. D'autres jeunes planètes indisciplinées se bousculent autour du soleil ; l'une d'elles de la taille de Mars cogne notre Terre vers 100 millions d'année d'âge, lui arrachant des débris qui deviennent la Lune. Cette bousculade et le volcanisme intense ne permettent à notre Terre qu'une pauvre atmosphère d'azote, de CO₂ et de vapeur d'eau. Aucune vie n'existe encore, interdite par un rayonnement solaire ultra-violet trop intense et l'absence d'oxygène.

Les océans et les continents commencent à se préciser vers 300 millions d'années d'âge ; continents sans vie, brûlés de soleil. Vers 500 à 800 millions d'années, sous l'eau des océans qui atténue le rayonnement solaire, le miracle de la photosynthèse met la vie en marche ; des algues se nourrissent du CO₂ dissout dans l'océan et rejetant de l'oxygène qui enrichit progressivement l'atmosphère en oxygène O₂, dont une petite partie se transformera en ozone O₃, formant un voile d'ozone qui atténuera la dureté du rayonnement solaire et permettra une extension de la vie vers les continents.

Le taux d'oxygène dans l'atmosphère augmente, la vie se multiplie et se diversifie sur les continents pendant quatre milliards d'années, avec le grand spectacle de l'épisode dinosaures dans le dernier milliard, entrant en scène vers 230 millions d'années avant notre ère, et en sortant brutalement vers -66 millions, tués par les conséquences de l'impact d'une méga-météorite à Chixculub sur le Yucatan, s'ajoutant à une période de volcanisme extrême. Les petits mammifères qui survécurent entre les pattes des dinosaures pourraient être notre lointaine ascendance avant l'arrivée de la lignée des humanoïdes vers -7 millions de notre ère, puis dans celle de l'homo habilis vers -2,7 millions, et enfin celle de l'homo sapiens vers -200.000.

On peut s'étonner de l'extrême lenteur des progrès de l'espèce humaine qui mit très longtemps à découvrir les sources d'énergie nécessaires pour cela, le chasseur-cueilleur ne disposant que des 75 watts de ses muscles, jusqu'à ce que son cerveau lui suggère de convaincre certains des grands animaux qu'il côtoyait de l'aider en lui prêtant leur force, décuplant par leur domestication le niveau d'énergie pour labourer et transporter, devenant cultivateur vers -10.000 de notre ère. Ce cerveau lui suggéra aussi d'utiliser certaines forces naturelles qu'il voyait

¹ Ce texte a été revu et corrigé par Jean Poitou, climatologue, expert au GIEC, Président du Conseil Scientifique de l'association "Sauvons Le Climat". L'auteur remercie également Jean-Pierre Pervès, Georges Sapy, Elisabeth Huffer, Bernard Tamain, Jean-Louis Bobin, Henri Prévot et Jean-Jacques Hérou pour leurs précieux avis et conseils en cours de révision.

en action (écoulement d'eau et de vent, pesanteur et poussée d'Archimède avant Archimède) et de construire des moulins et des bateaux à voile pour multiplier encore les capacités de travail et de transports.

Au cours des dernières centaines de milliers d'années, le taux de CO₂ dans l'atmosphère terrestre resta stable et faible, ne dépassant pas 280 ppmv, équilibrant les émissions naturelles de CO₂ et son absorption par la photosynthèse végétale et l'océan. L'arrivée et le lent développement de l'homme ne modifia pas cette proportion car les hommes restèrent longtemps peu nombreux, n'atteignant encore que 6 à 8 millions de terriens vers 8000 avant notre ère, lors de la naissance de l'agriculture, soit la taille d'une grande ville chinoise ou américaine aujourd'hui. Ce n'est qu'en +1800 que la population atteignit son premier milliard, sans changement significatif de la teneur en CO₂ de l'atmosphère.

Propos n°2 : Sur Carnot, qui pénétra l'atome en faisant travailler la chaleur

Ces milliers d'années de faible et stable niveau du CO₂ atmosphérique prirent fin après l'invention par Carnot d'un mécanisme faisant travailler le feu à travers un vecteur vapeur, mécanisme dit "machine à vapeur", faisant de Carnot le héros de la révolution industrielle du 19^{ème} siècle et le "coupable" de notre anxiété d'une dérive climatique incontrôlée.

Il a toujours été assez facile de créer une source de chaleur, il suffit de brûler quelque chose. D'ailleurs, l'homme avait déjà domestiqué le feu, 450.000 ans plus tôt, créant de multiples sources de chaleur lui permettant de se chauffer, s'éclairer, cuire ses aliments, mais il n'était pas encore assez "*sapiens*" pour ajouter à sa panoplie l'usage le plus fécond, celui de se faire aider par le feu dans ses travaux de force.

Il était beaucoup plus difficile de créer une source de travail, qui est la forme d'énergie la plus performante pour le développement général de la société ; il a fallu patienter ces centaines de milliers d'années avant de trouver comment obtenir de **l'énergie mécanique, ou travail**, à partir de la chaleur pourtant si facile à créer.

Comment s'est déroulée cette révélation tardive de la quantité de travail réalisable par la chaleur ?

Denis Papin fut d'abord un observateur attentif en notant vers 1670 que la vapeur émise par l'eau qui bouillait dans sa casserole soulevait le couvercle. Il remarqua aussi qu'en verrouillant ce couvercle, la pression et la température de l'eau augmentaient, permettant de cuire plus rapidement les aliments ; il fut donc plutôt l'inventeur de la cocotte-minute.

Ce fut **Carnot** qui éclaira vers 1820 le mécanisme de la transformation de la chaleur en travail, en exposant qu'elle était impossible avec une seule source de chaleur, mais qu'il en fallait **deux**, à deux températures différentes, l'une chaude T_c et l'autre plus froide T_f, et qu'en canalisant l'énergie désordonnée de la forte agitation thermique de la source chaude vers la moindre agitation de la source froide par un fluide circulant entre les deux sources, on pouvait récupérer une partie de cette énergie d'agitation sous forme d'énergie mécanique, avec un **rendement au mieux égal à $1 - T_f / T_c$** .

Cette formule confirme qu'avec une seule source (T_c=T_f), le rendement est nul, donc on ne peut extraire d'énergie mécanique d'une seule source de chaleur, aussi haute que soit sa température. Elle montre aussi qu'avec deux sources, **le rendement ne sera jamais excellent** car avec une source froide de l'ordre de l'ambiance 20°C (soit T_f=293), même avec une source chaude à 700°C (T=973), le rendement plafonne vers 0,7. **Il est souvent plutôt de l'ordre de 0,3 à 0,4.**

Cela permit pourtant de lancer la première révolution industrielle, car en faisant bouillir de l'eau sous pression à plusieurs centaines de degrés Celsius, même avec ce médiocre rendement, on peut extraire de cette vapeur, selon la taille de la chaudière, des puissances mécaniques équivalentes à plusieurs centaines, plusieurs milliers de chevaux, que l'on a appelés chevaux-vapeur. C'est comme si on avait créé des centaines de chevaux ne mangeant plus de l'herbe, mais du bois, du charbon, du gaz naturel, tout ce qui peut brûler. On n'est donc plus à l'échelle de l'animal, et les 5000 ans de civilisation du cheval firent place à la civilisation des machines. Ce fut le développement des chemins de fer et des locomotives à vapeur, et le député Arago put alerter l'Assemblée nationale sur les risques de ce soi-disant progrès.

CARNOT : Amorce de l'évolution de la pensée scientifique sur l'énergie, en attendant Einstein

Cette "machine à vapeur" révéla la **surprenante quantité de travail qui peut être extraite de la vapeur d'une chaudière brûlant du charbon, malgré ce médiocre rendement de l'étape finale vapeur>travail.**

Surprenante par sa disproportion inattendue, de plusieurs dizaines d'ordres de grandeur par rapport aux sources d'énergie utilisées jusqu'alors (cheval, moulins) ce qui invite à penser qu'il y a là une source vraiment nouvelle, de très haute densité énergétique, dont les applications mériteront d'être qualifiées de première révolution industrielle.

Carnot, surpris par ce mystère, ne savait pas qu'il venait d'entr'ouvrir une des deux portes de l'atome, la petite, qui ouvre sur le théâtre électrique de l'atome, dont les acteurs sont certains composants de l'atome munis d'une charge électrique et dont le programme inépuisable s'appelle la chimie.

L'autre porte, la grande, la nucléaire, qui accède directement au noyau de l'atome, ne s'ouvrira qu'un siècle plus tard, et cette fois tout à fait consciemment avec les clés d'Albert Einstein. Elle ouvrira sur un autre théâtre où les acteurs sont des nucléons s'attirant mutuellement avec la plus grande force de liaison connue, la liaison nucléaire encore une centaine de fois plus forte que la liaison électrique, mais à très court rayon d'action ne dépassant pas le noyau. Ces nucléons sont en nombres variables d'un corps à l'autre, les uns électriquement chargés (protons) porteurs de l'identité chimique du corps, les autres non chargés (neutrons) ne participant pas à cette identité chimique (isotopes).

Carnot put alors se convaincre que ces centaines de chevaux n'étaient pas nés dans cette dernière phase au mauvais rendement énergétique, mais dans la première phase de la transformation globale, dans le feu de la réaction entre combustible et oxygène de l'air, et que **cette avalanche d'énergie était déjà présente dans l'important débit de vapeur-chaleur, créé par la combinaison des atomes de carbone C du combustible pour former du CO₂**. Dans cet immense troupeau de chevaux entropiques galopant en tous sens, le rendement de Carnot exprime simplement comment réussir à mettre un licol sur environ la moitié d'entre eux pour les obliger à tirer dans le même sens et fournir un travail.

Avoir établi qu'on ne pouvait obtenir un rendement acceptable qu'entre deux températures suffisamment différentes, et en avoir formulé la loi avait suffi pour passer de la civilisation agricole du cheval à l'ère industrielle des machines, sans vraiment comprendre l'origine atomique de ce déchaînement de puissance unitaire, passant du cheval au millier de chevaux-vapeur entre le début et la fin du 19^{ème} siècle, puis du millier au million entre le début et la fin du 20^{ème} siècle.

Mais quelle est donc la nature profonde de cette remarquable réaction de combustion, source de tant d'énergie, mais portant avec elle ce risque climatique anxio-gène ?

- **Les chimistes la nomment réaction chimique**, et ajoutent simplement : très exothermique.
- **Les physiciens actuels la nomment liaison fondamentale électrique**, car une réaction chimique est électrique, ses agents étant les composants électriques "électrons et protons" des atomes de carbone et d'oxygène. En 1820, on ignorait cette liaison électrique qui n'entrera dans la physique qu'au 20^{ème} siècle.
- **Elle aurait pu, aussi judicieusement, être nommée réaction atomique si le vocable avait été pratiqué en 1820 puisqu'elle révéla immédiatement un ordre de grandeur si disproportionné (10³⁸) entre l'énergie de liaison de cette réaction électrique de combustion, et celle de la gravitation, seule pratiquée jusqu'alors à travers les énergies renouvelables.**

10³⁸ par la petite porte qui ouvre sur le volume total de l'atome et ses interactions électriques, 10⁴⁰ par la grande porte qui ouvre directement sur le noyau de l'atome et ses interactions nucléaires ! Si cette imagerie avait été employée plus tôt, cela aurait permis au grand public de s'habituer paisiblement au terme "atomique" au lieu de le découvrir en 1945 comme adjectif associé aux deux bombes clôturant la dernière guerre mondiale, et d'en garder une image mentale diabolique qui a souvent paralysé le raisonnement.

Si le succès de la conversion de la chaleur en travail fut tel que 80% de notre énergie provient encore, en 2022, du phénomène physique de combustion, c'est bien parce que cette combustion met en œuvre un mécanisme de modification des liaisons électriques internes de l'atome nous donnant accès à une quantité d'énergie dépassant de plusieurs dizaines d'ordre de grandeur (10³⁸) le niveau d'énergie auquel nous avaient habitués les énergies renouvelables d'essence gravitationnelle (moulin, solaire, cheval) exploitée avant cette révolution industrielle. Malheureusement, le partenaire de cette très énergétiquement combustion fut le carbone, dont le produit de combustion est le CO₂, principal agent de la dérive climatique. N'y avait-il rien d'autre que ce carbone pour produire cette chaleur ? Mendéléév ne semble rien avoir de mieux à proposer dans son catalogue² que ce carbone qui se préparait depuis des milliers de millénaires à être disponible en quantités fossiles de charbon, pétrole et gaz naturel. Il y avait bien l'hydrogène, qui aurait fait mieux que le carbone car sa combustion n'aurait produit que de l'eau, mais tout l'hydrogène sur Terre avait déjà été vendu et il n'y en avait plus en vente libre ailleurs que dans les étoiles. Le carbone fut donc adopté faute de mieux, et la combustion du stock légué par 4 milliards d'années de vie sur Terre a déjà accru le taux de CO₂ atmosphérique à 400 ppm, et créé un début de réchauffement de 1°C.

Parenthèse sur le rôle de l'arrivée de l'électricité : À la fin du 19^{ème} siècle, la domestication de l'électricité, d'abord avec Edison en courant continu, trouva très vite sa forme moderne en courant alternatif triphasé avec Tesla, ce qui élargit puissamment cette révolution industrielle par sa possibilité de transport et de distribution à la demande qui amplifia sa consommation.

Ce vecteur électrique apporta en outre un nombre supplémentaire et toujours croissant d'applications nouvelles propres à cette forme particulière d'énergie (éclairage, chauffage, automatismes de surveillance-contrôle, stockage indirect d'énergie, motorisations diverses depuis le petit outillage jusqu'aux TGV, soudure à l'arc, calcul, information, télécommunications, et maintenant informatique) qui en multiplièrent considérablement la consommation, l'électricité devenant la forme d'énergie la plus noble car d'application la plus générale et la plus

² *L'Allemagne qui rechigne à se résoudre à l'énergie nucléaire et dispose d'une chimie réputée a-t-elle renoncé à trouver dans ce catalogue un compétiteur au carbone ? A-t-on épuisé les assemblages avec des corps simples abondants comme l'azote pour construire des combustibles sans CO₂ ?*

facile à utiliser. **L'électricité fut donc un multiplicateur de consommation d'énergie. On assista à l'explosion de l'énergie-travail avec l'énergie électrique, consolidant l'ère industrielle par le trio turbine-alternateur-transformateur, adaptant à tous les besoins d'un public étendu l'énergie issue de la combustion de tout ce qui peut brûler, essentiellement des combustibles fossiles.**

Face à l'hubris de ce développement industriel qui a enrichi et multiplié la population, l'environnement réagit à l'accumulation de rejets et déchets par une dégradation des conditions de vie : pollution atmosphérique des grandes métropoles, accumulation de déchets, notamment plastiques en mer, baisse de la biodiversité, **et surtout un réchauffement climatique.**

Une écologie politique se développa sur cette inversion des relations entre l'homme et un environnement initialement hostile dont l'homme primitif devait se défendre, puis modérément et écologiquement exploité pendant les cinq millénaires de civilisation agricole du cheval, et qu'il faut maintenant protéger contre certaines imprévoyances de l'homme industriel. Cependant, malgré deux guerres mondiales, la population s'enrichit. Aidée par les progrès de la médecine réduisant la mortalité infantile, sa durée de vie s'est également allongée, la population mondiale est passée de 1 à 7 milliards en environ 2 siècles, et frôle 8 milliards vers 2020.

Propos n°3 : Sur Einstein et le 20ème siècle des lumières de la science

Le début du 20^{ème} siècle a connu un **approfondissement inédit de toutes les sciences**, et notamment de la physique, concernant aussi bien l'infiniment grand de l'univers que l'infiniment petit de la matière, avec **Albert Einstein et la relativité générale, et en même temps l'école de Copenhague et la physique quantique**. La découverte d'Einstein la plus connue du public tient dans sa célèbre équation **$E=mc^2$ qui introduit la toute nouvelle idée d'une relation d'immanence entre l'énergie E portée par toute matière et sa masse m**, le lien c^2 étant fait d'espace et de temps d'un univers (le nôtre) dans lequel la vitesse c de la lumière est une constante absolue, indépendante du référentiel de mesure.

Armés de la relativité générale, les physiciens eurent l'idée de **jouer aux historiens de l'univers** en partant de la vérification récente par leur collègue Hubble que l'univers était bien en expansion et se refroidissait en perdant de la densité d'énergie. Ce constat suggéra aux physiciens de simuler un voyage dans le passé en créant des particules plus lourdes de la matière plus dense qui existait en des temps où l'énergie était plus dense ($E=mc^2$) en envoyant dans le vide des impulsions d'énergie de plus en plus fortes pour y créer de telles particules dans une sorte de rétroviseur du temps.

Cette méthode originale de recherche historique a remarquablement fonctionné, et les physiciens ont pu écrire un grand livre d'histoire de l'univers où ils se permettent de penser qu'il est âgé de 13,7 milliards d'années, né sous la forme d'une super-hyper-gigantesque impulsion d'énergie portée par un rayonnement électromagnétique à environ 10^{32} degrés, à un instant $t = 10^{-43}$ seconde d'un temps qui venait d'être inventé. Cet univers nouveau-né n'occupe que 10^{-24} micron d'espace, mais entre au même instant dans une expansion fantastiquement rapide, supra-luminale par instants, accompagné d'un effondrement de sa température. Évoquant une explosion, cet instant de l'univers a été baptisé **Big Bang**.

L'expansion de l'espace allonge la longueur d'onde du rayonnement initial qui perd alors de l'énergie. L'énergie totale devant se conserver dans le système isolé «univers», sa partie rayonnement faiblissante se dépose sous forme de masse sur cette création récente, la «Matière» la plus élémentaire, les quarks, et aussi sous forme de liaisons entre ces premières particules, les quarks, qui vont s'agglutiner par trois dès que la température baisse de 10^{13} à 10^{12} degrés pour former les premières briques de notre univers actuel, les protons et neutrons, puis plus tard les particules les plus légères (leptons), dont les ancêtres de nos électrons.

La liaison gravitationnelle se dépose vers 10^{-33} seconde, puis vers 10^{-32} seconde la force "forte", qui assure la cohésion des noyaux atomiques, et à peu près en même temps une force "électrofaible" provisoire qui va se dissocier en force électrique et force "faible" (inutile à ce exposé résumé) vers 10^{-12} seconde, lorsque la température aura chuté à 10^{15} degrés,

Une simplification pédagogique de ce que les physiciens reconstituent de l'enfance de la matière avant d'atteindre son âge actuel dit que cette évolution s'est faite en conservant une structure de famille d'une génération à l'autre :

- Génération actuelle, dite électronique : composée de 2 quarks, u (up) et d (down), qui forment les protons et neutrons par assemblages, et de 2 leptons, l'électron et le neutrino. Seule génération connue jusqu'en 1972,

En utilisant des énergies plus élevées, les physiciens ont mis au jour de 1972 à 1976 les membres d'une

- Génération précédente, dite muonique, où le lepton correspondant à l'électron est le muon, 100 fois plus lourd que l'électron et exigeant 105 MeV pour sa création. Les autres membres de cette famille sont deux quarks d'autres saveurs : le quark "étrange" s (strange), et le quark "charmé" c, dont les énergies de création sont de 175 MeV et 1270 MeV.

Toujours plus haut, dans la chaleur intense des collisions produites dans les grands accélérateurs, les physiciens ont terminé en 1995 le dénombrement d'une :

- Troisième génération ascendante dite tauique, toujours constituée de deux quarks et de deux leptons : les deux quarks sont le "beau" quark b, comme beauty (ou bottom selon les goûts), qui "pèse" environ 5 giga électronvolts (GeV), et le tout dernier quark t comme "top" qui a exigé l'énergie énorme de 174 GeV. Le lepton correspondant à l'électron est le tauon, qui est environ 3000 fois plus lourd que l'électron et demande 1784 MeV, et le lepton correspondant au neutrino est le tau neutrino "pesant" un peu moins de 36 MeV.

Les membres de ces deux dernières générations sont des produits de laboratoires, ils n'existent plus dans la nature sauf quelques-uns d'entre eux comme le muon, produit en haute atmosphère par des rayons cosmiques très puissants, résidus d'explosion de supernovae, mais toutes ces générations qui se sont succédé au cours du refroidissement de l'univers, coexistaient dans les premiers instants.

L'énergie des particules des tout premiers temps devait se compter en milliards de milliards de téra électronvolts, totalement hors d'atteinte des moyens de l'homme qui ne pourra donc jamais reconstituer le temps zéro.

L'énergie du rayonnement initial est donc maintenant cachée dans la matière, sous la forme de trois interactions fondamentales (aussi nommées liaisons ou forces) reliant entre eux les constituants de cette matière, et issues des instants successifs de formation de celle-ci.

Cette hauteur de vue sur le transfert de l'énergie de rayonnement vers la matière naissante élargit notre regard aux formes originelles de l'énergie prélevée sur le rayonnement du BigBang au cours de l'expansion des premiers instants créant la matière, qui reste porteuse de cette énergie sous la forme de trois types de liaisons entre les éléments sur lesquels se sont fixées ces trois formes basiques d'énergie :

O La plus forte, la liaison nucléaire, est masquée dans le noyau des atomes

O la seconde, la liaison électrique, un peu moins cachée dans le plus vaste espace de l'atome lui-même,

O la troisième, la liaison gravitationnelle entre tous les éléments de toutes tailles porteurs d'une masse, la seule non masquée dans l'atome et perçue par nos sens, la seule connue à l'époque de Newton.

Une rupture ou une modification de ces liaisons permet de révéler et de récupérer ces énergies masquées, dont on peut évaluer les ordres de grandeur respectifs en considérant deux protons très proches l'un de l'autre, puisque c'est une particule sensible à chacune de ces forces.

O On prend comme unité la force forte qui est la plus grande.

O La force électrique est plus de 100 fois plus faible (~137?), mais encore 10^{38} fois plus forte que la force gravitationnelle des moulins, ce qui explique l'agréable surprise de Carnot d'obtenir tant d'énergie mécanique d'une combustion alors que le rendement de l'énergie contenue dans la vapeur de combustion dans son passage en énergie mécanique finale est si médiocre.

O La force de gravitation se situe vers 10^{40} fois en dessous de la force forte, comme le rappelle la grande faiblesse de la constante g de la loi d'attraction universelle : $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg}\cdot\text{s}^2$.

Ces niveaux d'énergie si dispersés des liaisons entre les composants de la matière permettent aux trois interactions fondamentales d'être présentées ci-dessous dans l'ordre de leur usage historique par les hommes, qui est l'ordre inverse de leur importance comme source fondamentale d'énergie.

LES TROIS INTERACTIONS FONDAMENTALES

1. INTERACTION GRAVITATIONNELLE (ou force de gravité, ou attraction universelle) Universelle car c'est une attraction mutuelles masses et de leurs distances mutuelles ($f=g\cdot m_1\cdot m_2/d^2$). Seule des trois interactions à ne pas être masquée à l'intérieur de l'atome de longue portée entre tous les corps possédant une masse (tous sauf le photon), de l'atome aux astres, fonction de leur e , elle est directement perçue par nos sens et nous est familière depuis nos premières chutes de l'enfance ; ce fut donc la première identifiée, seule connue à l'époque de Newton qui lui a consacré une analyse après avoir reçu une pomme sur la tête.

C'est de loin la plus faible des trois interactions fondamentales, plusieurs dizaines d'ordres de grandeur derrière l'interaction électrique (10^{-38}), elle-même de deux ordres de grandeur sous l'interaction nucléaire

2. INTERACTION ELECTRIQUE (ou liaison ou force électrique, ou force coulombienne)

Tardivement identifiée car cachée à l'intérieur des atomes dès leur formation, la force électrique a disparu à l'extérieur des atomes car les atomes sont tous électriquement neutres.

L'interaction électrique s'exerce entre composants de l'atome électriquement chargés, répulsive entre signes identiques ++ ou --, attractive entre signes contraires +-. Elle s'exerce donc dans l'atome par répulsion entre protons du noyau, agent de l'énergie nucléaire de fission des atomes lourds, et par attraction entre protons et électrons, dont les électrons périphériques sont la clé de la chimie. Elle est cette mystérieuse "nature profonde" de la réaction de combustion qui a tant préoccupé Carnot

3. INTERACTION FORTE (ou nucléaire, ou liaison nucléaire)

Cette interaction forte est aussi passée inaperçue car sa portée ne dépasse pas le noyau des atomes. **C'est la plus forte liaison (137 fois supérieure à la liaison électrique), une attraction mutuelle s'exerçant entre tous les composants du noyau des atomes (quarks, protons, neutrons)**, sorte de colle assurant la cohésion de la matière. C'est l'outil de l'énergie nucléaire. Une modification spontanée ou contrôlée de cette liaison s'exprime par une production d'énergie sous forme de chaleur et de rayonnement. Dans l'univers, c'est l'outil naturel du fonctionnement interne du soleil et des étoiles.

Sur Terre, elle a favorisé l'apparition de la vie en augmentant d'une quinzaine de degrés la température de la terre par la désintégration avec libération de chaleur de ses produits radioactifs. C'est l'outil de production d'énergie électrique des réacteurs nucléaires en exploitation dans le monde (~400). C'est aussi l'outil spontané des réacteurs nucléaire naturels historiques découverts à Oklo (Gabon) qui ont fonctionné pendant plusieurs millions d'années.

PROPOS N°4 : SUR LES PERFORMANCES ET ATTRAITS DE LA PRODUCTION ELECTRONUCLEAIRE

Au long du **20ème siècle**, ces vues nouvelles eurent une forte incidence sur d'autres sciences touchant à l'atome, dans le domaine médical notamment, dans le **traitement de cancers par tirs de protons**.

Plus frappante pour le grand public fut **l'entrée militaire fracassante de l'atome qui mit fin avec deux bombes atomiques à la dernière guerre mondiale en 1945, ce qui imprima dans l'esprit du public une ineffaçable image de superpuissance, de danger extrême de cette énergie si disproportionnée avec ce que l'on connaissait avant.**

Dans le domaine de la production d'énergie électrique, la science de l'atome, puisant son énergie dans la plus forte des liaisons, **permet de produire massivement de l'électricité avec le minimum "d'entrant", la fission d'un gramme d'uranium produisant autant d'énergie électrique que la combustion de deux tonnes de charbon, et sans émission de dioxyde de carbone, sans aucune émission de CO2 puisqu'il ne s'agit pas d'une combustion.**

Dans la filière actuelle de la **fission** nucléaire, la récupération de l'énergie contenue dans cette interaction forte est obtenue par la mise en opposition des deux plus fortes liaisons de la nature, la liaison nucléaire et la liaison électrique, dont les grandes lignes du mécanisme sont les suivants :

Rappel :

- *La liaison nucléaire, attraction extrêmement puissante entre les nucléons (protons et neutrons composant le noyau de l'atome), a une portée très courte (de l'ordre de $10^{-13}cm$) ne dépassant pas le noyau.*
- *La liaison électrique, répulsion de longue portée des protons entre eux (++) qui restent toutefois collés par la force nucléaire qui est plus forte, ce qui maintient la stabilité de la matière habituelle, non radioactive.*

Cette force répulsive augmente avec le nombre de protons alors que la force attractive créée par l'interaction forte dépend peu du nombre de nucléons. Lorsque la proportion de protons augmente la stabilité des noyaux diminue, au point qu'ils peuvent devenir instables.

Pour réduire la proportion de protons, le noyau peut émettre un électron positif (radioactivité bêta+) , émettre un noyau d'hélium (radioactivité alpha) ou se casser en deux, c'est la fission nucléaire qui peut arriver spontanément pour les noyaux vraiment très lourds (Curium, Californium). La radioactivité désigne les divers processus par lesquels un noyau instable émet des particules (radioactivité alpha, beta, gamma) ou fission pour atteindre des états plus stables.

Dans les réacteurs, la fission est obtenue par injection d'énergie dans le noyau, généralement par capture d'un neutron, c'est la fission induite. **Par leur répulsion électrique (++)**, **les fragments de fission acquièrent une forte énergie cinétique qui chauffe par leur freinage dans l'eau primaire du réacteur sans émission de CO₂ , ce qui est la meilleure arme pour ralentir le réchauffement climatique.** Au cours de la fission quelques neutrons sont aussi émis, qui peuvent être, à leur tour, absorbés par des noyaux d'Uranium et provoquer leur fission. C'est la réaction en chaîne.

L'art de la conduite d'un réacteur est de contrôler le flux de neutrons percutant les noyaux.

La somme des masses de deux fragments de fission est inférieure à celle du noyau d'Uranium initial, cette perte de masse correspondant à une production d'énergie selon la célèbre loi d'Einstein $E = M.c^2$. C'est donc bien la masse qui est transformée en énergie. C'est le principe de fonctionnement de la domestication de la fission nucléaire utilisée actuellement dans les centrales électronucléaires à fission.

A titre d'exemple, lorsque EDF remplace annuellement un tiers de l'uranium d'un de ses réacteurs nucléaires de 1000 Mégawatts, ce tiers usagé qui a travaillé 3 ans en fournissant 7 TWH d'électricité (7 milliards de kilowatts-heures) a perdu 3 kg de sa masse.

LES ATTRAITS ESSENTIELS DE L'ENERGIE NUCLEAIRE EN DECOULENT :

1. Extrayant son énergie de la plus forte des liaisons physiques, plus de 100 fois plus forte que la liaison électrique gérant les réactions chimiques de combustion, elle **produit massivement de l'énergie électrique avec le minimum "d'entrants"** (on ne peut plus dire combustible), ce qui explique la puissance "mystérieuse" de cette source.
 2. Ceci explique aussi que cette énergie soit porteuse **d'indépendance nationale**, car pour des énergies finales du même ordre de grandeur, la France n'importe annuellement qu'environ un demi-milliard d'euros d'uranium pour sa production électrique contre environ cinquante milliards pour le pétrole des transports. Cet avantage d'indépendance a été d'un grand poids lors du lancement du programme nucléaire français. Et explique également la **compétitivité** d'une énergie aussi concentrée, confirmée par la Cour des comptes à diverses reprises depuis 2012, évitant tout "coût masqué" en incluant les investissements initiaux, les développements passés, les provisions affectées au traitement des déchets ainsi que celles affectées au démantèlement des centrales en fin de vie, situant ce coût entre 4 et 6 c€/kWh selon les hypothèses financières pour le parc nucléaire français actuel.
 3. Mais surtout, l'eau de la chaudière nucléaire n'est plus chauffée par une combustion émettrice de CO₂, mais par la récupération directe sur place de l'énergie cinétique des neutrons et des produits de fission dans les barreaux du combustible nucléaire et dans l'eau primaire sous forme de chaleur. Cette production de chaleur **sans émission de CO₂**, avantage qui n'était pas un objectif à l'époque du lancement du programme français dans les années 70 où la conscience du problème climatique n'était pas encore éveillée, prend toute sa valeur maintenant où la question climatique devient capitale car il n'existe pas de moyen plus puissant et plus sûr de respecter les engagements pris par les nations de limiter le réchauffement à 2 degrés en fin de siècle.
 4. Notons aussi que cette transition (matière -> énergie) a un point commun avec la transition (chaleur > énergie), c'est de **reculer encore davantage les limites des ressources énergétiques en tirant parti de la liaison forte encore ~100 fois plus forte que la liaison électrique de la combustion**, à partir d'un "combustible" qui est une matière radioactive - actuellement surtout l'uranium 235 - dont il existe d'autres variétés- et qui pourrait devenir quasi illimitée par le développement de la technologie surgénératrice.
 5. **Potentiel de l'énergie nucléaire** : Nous n'avons évoqué que l'énergie de fission des atomes lourds, en service dans plus de 90% des réacteurs actuels avec l'uranium 235, qui ne représente que 0,7% de l'uranium naturel. S'il devenait nécessaire d'utiliser des atomes de départ plus abondants, l'uranium 238 (99,3% de l'uranium naturel) dont la France dispose d'un stock considérable, ou le thorium très abondant, qui sont fertiles, ils pourraient être rendus fissiles dans des réacteurs à neutrons rapides (**RNR**), à l'étude depuis une vingtaine d'années au sein du Forum International génération 4. Il existe aussi dans les centres de recherche internationaux une diversité de projets d'autres familles de réacteurs en étude, depuis les petits réacteurs modulaires (SMR) inspirés des réacteurs de sous-marins, jusqu'aux projets plus lointains de fusion d'atomes légers dans des réacteurs du type Tokamak dont un premier prototype supraconducteur a été construit à Cadarache. Et un second beaucoup plus puissant est en construction dans le cadre du programme ITER.
 6. **Que d'avantages ! On doit même en ajouter un** : le nucléaire bénéficie maintenant d'un demi-siècle d'expérience, donc de statistiques d'exploitation sur des réacteurs nucléaires de diverses familles technologiques, établies par les organismes internationaux (ONU, OCDE, UNION EUROPEENNE...), qui démontrent que, contrairement à une croyance assez générale, l'énergie nucléaire est celle qui a eu depuis 50 ans **l'impact minimum sur la santé publique**. L'Académie des technologies a regroupé ces études dans un rapport **Impact sur la santé des filières de production d'énergie, consultable en Annexe**
Donc, sauf à renoncer à l'usage de la logique, ce n'est pas dans l'usage normal ou les accidents qu'il faut chercher le motif d'un rejet de cette filière énergétique, car aucune des autres grandes sources d'énergie n'a fait, et de très loin, moins de victimes au cours du dernier demi-siècle. Pourtant, en Europe, on connaît l'intransigeance de l'Allemagne qui a décidé de renoncer au nucléaire après l'accident de Fukushima, et la pression qu'elle a exercé sur la Commission de l'UE pour faire voter une taxonomie excluant le nucléaire en différenciant ses conditions de financement : voir plus loin Taxonomie énergie UE.
-

RAPPEL RESUME DES CINQ GRANDES TRANSITIONS HISTORIQUES EN ENERGIE ET ECOLOGIE :

T1. La première transition fut la domestication du feu vers -450.000 ans, qui fut surtout écologique en apportant chaleur et lumière, mais pas d'énergie sous forme de travail, car l'homme était encore très loin de comprendre que chaleur et travail étaient cousins dans le concept global de l'énergie.

T2. A partir du néolithique (vers -8500), le développement de l'agriculture apportant des surplus d'alimentation marqua la fin de l'ère des chasseurs-cueilleurs et la naissance de nouvelles structures sociales sédentaires où apparaissent les villes et les Etats. Ce développement de l'agriculture demanda de plus en plus d'énergie et l'homme dut faire appel à d'autres forces que les siennes propres ; il emprunta ces forces là où il les voyait à l'œuvre autour de lui, chez les grands animaux et dans les flux de la nature (vent et cours d'eau) ; **il domestiqua certains de ces animaux** (dont le cheval vers -3500) et plus tard construisit des moulins qui constellèrent nos campagnes au moyen âge. Le niveau de force du cheval et sa docilité le satisfirent si bien qu'une société du cheval s'installa pendant cinq millénaires, où **le niveau de force, de travail, d'énergie, de puissance du cheval sculptèrent durablement une société relativement écologique.**

T3. Puis, vers 1820, **Carnot comprit comment on pouvait faire travailler la chaleur. Ce fut un saut gigantesque dans l'ordre de grandeur du travail mécanique au service de l'homme par la mise en œuvre à l'aveugle de la liaison électrique encore inconnue, et parce qu'il y avait tant de choses à brûler, bois, charbon, pétrole, gaz naturel**, que malgré la médiocrité du rendement énergétique chaleur>travail (généralement inférieur à 0,5), cette découverte lança la révolution industrielle. **Mais cette nouvelle énergie issue essentiellement de la combustion de produits carbonés majoritairement fossiles épuise ce stock non renouvelable, et surtout émet du CO₂** dans l'atmosphère, dont l'accumulation crée un effet de serre amorçant un réchauffement climatique chargé de menaces à partir du 21^{ème} siècle. **Cette énorme transition fut donc fortement énergétique, mais pas écologique à long terme.**

T4. En fin de 19^{ème} siècle, **la domestication de l'électricité** compléta brillamment la transition précédente en mettant l'énergie sous forme électrique U.I facilement transportable à distance et fractionnable à volonté pour tous usages et tous territoires. **Cette mise sous forme électrique de l'énergie n'a pas accru sa ressource globale possible comme l'avait fait la transition 3**, mais a largement accru sa consommation, par l'inégalable flexibilité de ses usages, accélérant ainsi le réchauffement climatique, et ceci d'autant plus que la majorité des sources primaires d'énergie électrique provenait de la transition 3. **Ce réchauffement climatique accéléré appelle, au début du 21^{ème} siècle, une nouvelle transition, écologique celle-ci, dont l'objectif essentiel est le ralentissement le plus rapide possible du réchauffement climatique et sa limitation à un niveau tolérable.**

T5. Au milieu du 20^{ème} siècle, **la domestication de l'énergie nucléaire** apporte une nouvelle filière de production massive d'énergie électrique sans émission de CO₂, en remplaçant la chaleur de combustion émettrice de CO₂ des centrales à combustible fossile par la chaleur de fission contrôlée de matière radioactive des centrales nucléaires, **la solution la plus efficace dans la lutte contre le réchauffement climatique.**

Deux accidents en URSS et au Japon dans des circonstances tout à fait exceptionnelles ont freiné temporairement le développement de cette filière, et favorisé celui de minicentrales dispersées utilisant les **énergies renouvelables du vent et du soleil**, plus rassurantes et également non émettrices de CO₂ mais dont le développement est gêné par leur faiblesse, leur coût et surtout leur intermittence incontrôlable. Malgré la prise en compte de ces deux accidents, et contrairement à une croyance populaire encore assez tenace, la filière nucléaire s'est révélée être celle ayant eu le moindre impact sur la santé publique au cours d'un demi-siècle d'exploitation mondiale.

C'est la transition énergétique, et en même temps écologique, à ne pas manquer

Après plus d'un demi-siècle d'exploitation de ~450 réacteurs nucléaires dans le monde, **l'énergie nucléaire** obtient les meilleures notes dans tous les domaines, et notamment de très loin les meilleures notes concernant l'incidence sur la santé publique, ainsi que sur l'efficacité de la lutte contre le réchauffement climatique, ce qui en fait la source d'énergie la plus "verte" après deux siècles d'énergie plutôt "noire" à 80%.

C'est le meilleur vaccin à notre disposition contre le réchauffement climatique.

Propos n°5 : sur les discordances dans l'Union Européenne, les taxonomies.

Dans l'Union Européenne, les États seuls sont responsables du choix des sources d'énergie, qui ont d'ailleurs été historiquement calquées sur les ressources naturelles existantes dans chaque état. La Commission Européenne s'est toutefois engagée dans une recommandation, masquée sous un classement dit "taxonomie verte", favorisant les financements des énergies réputées "vertes" d'où le nucléaire serait exclu. **Après de longs débats, le texte proposé au vote accepte le nucléaire et le gaz naturel dans cette taxonomie verte, mais seulement comme énergies de transition**³. L'étude présentée ici montre abondamment que l'énergie nucléaire n'a pas vocation à être une énergie de transition, mais plutôt l'énergie de base de l'avenir, sous des formes évolutives avec les technologies disponibles mais les technologies des filières de réacteurs à neutrons rapides sont déjà acquises et permettent par l'utilisation de l'uranium 238 comme fissile et non plus fertile met la France à l'abri d'un manque de ressources énergétiques pendant plusieurs siècles et simplifie grandement la question des déchets, ce qui justifie difficilement la qualification de "énergie de transition"

La taxonomie étant la science des lois de la classification, il serait plus rationnel de supprimer "de transition" comme qualificatif de l'énergie nucléaire, qui sera le vaccin le plus efficace contre la dérive climatique, et la seule source d'énergie dans laquelle l'humanité pourra encore puiser dans la continuité d'un progrès construit dans la sagesse. Cette modification apporterait une meilleure concordance entre la rigueur qu'exige une taxonomie et les caractères propres imposés à chacune des sources par la physique.

Pour un décideur qui souhaite affiner son jugement, établir une taxonomie des critères d'adéquation à tel ou tel objectif est une excellente idée. Il devra alors s'assurer que les composants de ces critères sont des éléments physiques objectivables et mesurables. Par exemple les attraits du nucléaire de la page précédente sont des données de caractère général qu'il est utile de confronter avec la vocation principale de l'énergie nucléaire, qui est d'être mise sous forme électrique et d'alimenter de grands réseaux. **Il convient donc de s'assurer que cette panoplie de qualités et performances du nucléaire n'oublie aucun des critères d'adéquation à l'alimentation des grands réseaux européens avec une bonne fiabilité de service. Cet objectif pourrait être nommé :**

Taxonomie de la qualité d'adéquation des sources d'énergie à l'alimentation des réseaux électriques, qui pourrait être constituée des critères suivants :

1. Être compétitif, l'électricité devenant de plus en plus un bien public prenant en charge tous les échanges d'énergie.
2. Ne pas émettre de gaz à effet de serre, afin de limiter la dérive climatique.
3. Dans les statistiques mondiales des impacts d'accidents sur la vie humaine, être dans le plus bas dixième.
4. Être une composante de l'indépendance nationale, économique et stratégique, pour fiabiliser le service.
5. Être disponible à tous moments de l'année, pour améliorer le service rendu.
6. Si on exploite une source intermittente, elle doit être associée à un stockage ou une production de secours.
7. Être pilotable en puissance active (MW) pour ne pas dégrader le service.
8. Au moins pour les grandes puissances, être pilotable en puissance réactive (MVAR).
9. "idem", disposer d'une inertie spécifique (Ta) pour participer au maintien du synchronisme.
10. Protéger l'environnement en produisant la plus grande puissance sur la surface au sol la plus réduite.
11. Respecter les normes concernant les émissions polluantes ou radioactives.
12. Disposer d'une grande liberté de choix des emplacements de centrales électrique
13. S'assurer d'un retour de l'énergie investie suffisant pour ne pas pénaliser le le niveau économique de la société

Notion de famille : Les sources d'énergie évaluables par cette taxonomie sont issues de la matière à travers une des trois **interactions fondamentales dont elle garde en héritage une marque de famille, qualités ou défauts.**

- **Héritage de l'Interaction nucléaire** : Cette source d'énergie a prouvé sur un demi-siècle d'exploitation à haut niveau en France qu'elle satisfait la totalité des critères de qualité des deux taxonomies évoquées (celle de la Commission Européenne et celle proposée ici) x. Elle a aussi prouvé qu'elle est gérable avec le plus haut degré de sûreté, et qu'au niveau mondial, malgré une diversité de technologies, de règles de sécurité et surtout de non-respect de ces règles (à Tchernobyl), les statistiques montrent que le nucléaire reste la filière énergétique ayant eu le plus faible impact sur la santé humaine.

On peut scruter par cette taxonomie le comportement des autres sources d'énergie

³ Décision de la Commission du 2 février 2022

- **Héritage de l'interaction électrique** (ou nucléaire petite porte): La **glorieuse famille de l'interaction électrique** qui nous a fait entrer dans l'ère de l'industrie, de la technologie et connaître le confort technique du mode de vie actuel, est aujourd'hui discréditée parce qu'elle porte l'énorme défaut **d'être atteinte d'une maladie de famille congénitale: l'obligation conjointe, qui est l'obligation par les lois de la chimie d'émettre du CO2 conjointement à toute extraction d'énergie par cette liaison**, quelle que soit l'origine et la forme finale de cette énergie, charbon ou gaz naturel pour les mégawatts électriques du réseau, pétrole pour les chevaux-vapeur de la voiture ou gaz pour les calories pour le chauffage. Cette maladie a déjà atteint 80% des consommateurs mondiaux d'énergie, et **ne lui permet pas de satisfaire au critère n°2**. Elle n'est pas mortelle en soi, mais pourrait le devenir par ses conséquences climatiques si les mesures prises sont insuffisantes (Capture et Stockage du Carbone, Energies Renouvelables ENRI) ou erronées (refus du nucléaire). A l'intérieur d'une même famille, chaque membre peut être atteint à des degrés divers, le charbon étant le plus atteint ; le gaz naturel se sent moins malade et en profite pour remplacer rapidement, provisoirement et à peu de frais le charbon dans les centrales thermiques.

- **Héritage de l'Interaction gravitationnelle :**

* L'extraction d'énergie d'une chute d'eau entre clairement dans la famille gravitationnelle, la masse de la Terre attirant verticalement la masse de l'eau. A première vue, cette liaison gravitationnelle semble moins évidente pour les éoliennes exploitant le vent qui souffle horizontalement, mais la formulation de l'énergie cinétique du débit massique de l'eau à son arrivée verticale sur une turbine hydraulique ($1/2 m.v^2$) est aussi celle de l'énergie contenue dans le débit massique de l'air devant l'éolienne, avec la même dimension physique de l'énergie ($M.L^2.T^{-2}$).

* L'énergie du vent entre donc bien, elle aussi, dans la famille de la liaison gravitaire, mais la densité mille fois plus faible de l'air constitue le grave handicap des éoliennes⁴. Turbiner de l'air est beaucoup moins efficace que turbiner de l'eau. Les autres handicaps des éoliennes que sont l'intermittence et l'impossibilité de piloter l'énergie délivrée confirment ce rattachement par le rôle qu'y jouent les phénomènes météorologiques, face auxquels nous sommes impuissants comme nous le sommes devant les lois de la gravitation universelle définissant la circulation annuelle de notre planète Terre sur son orbite péri-solaire définissant les saisons.

* **Quant à l'énergie solaire**, la rattacher à la famille gravitaire paraît beaucoup plus inattendu, et pourtant ! Ce rayonnement qui nous arrive du soleil est le fruit de l'extrême pression gravitaire régnant au centre du soleil qui y allume et entretient à des millions de degrés les réactions nucléaires d'où émergent les photons à 6000 degrés, dont certains iront en 8 minutes arroser la Terre, et ce sont encore les lois de la gravitation qui diront à ce rayonnement à quelle position de sa circulation satellitaire annuelle il va parvenir et si l'hémisphère arrosé est en hiver ou en été, et à tel angle de sa rotation quotidienne sur elle-même, ce qui fixera l'heure locale de cette arrivée.

Les énergies renouvelables sont donc bien de la famille des liaisons gravitationnelles ($f=g.m1.m2/d^2$) dont on sait l'extrême faiblesse (10^{-38} fois la force de liaison électrique), n'ayant d'effet perceptible que si au moins une des masses en jeu est gigantesque pour soumettre les autres masses à une attraction significative. **Sur Terre, cette attraction gravitationnelle n'a d'effet permettant des applications énergétiques, ou les perturbant, que par la Terre elle-même (centrales hydrauliques, éoliennes, solaire), du soleil (solaire PV et autres) et de la lune (centrales marémotrices), Terre, Soleil et Lune étant les trois seules gigantesques masses pas trop éloignées.**

De ce constat d'une très faible densité énergétique, dont l'origine réside dans un astre sur lequel nous ne pouvons avoir aucune action significative, même s'il est sous nos pieds, il dérive que la marque de famille des énergies renouvelables est « dépendance » faite de six caractéristiques illustrant l'impossibilité d'action sur la cause (masse, distance, position angulaire, rotation) :

-
- Intermittences incontrôlables.
 - Pilotage impossible.
 - Ne pouvant gérer un réseau sans stockage électrique, doivent s'adosser à des sources pilotables.
 - Puissances unitaires limitées à la dizaine ou quelques dizaines de mégawatts.
 - Mobilisation de grandes surfaces au sol, et de multiples raccordements.
 - Coût élevé, d'adaptation difficile au marché sans subventions.

Malgré cet avantage apprécié de ne pas émettre de CO₂, les énergies renouvelables répondent à moins de la moitié des critères de cette taxonomie de la bonne adaptation à l'alimentation d'un réseau.

⁴ La puissance délivrée par une turbine est proportionnelle à la surface balayée (carré du diamètre), à la densité du fluide qui la traverse, et au cube de la vitesse de ce fluide. L'air ayant une densité 1000 fois plus faible que l'eau, il en ressort que pour fournir la même puissance, le diamètre d'une turbine à air doit être environ $1000^{1/2}$, soit ~30 fois plus grand que celui d'une turbine hydraulique pour des vitesses de fluide comparables, d'où des éoliennes de 100 mètres de diamètre pour produire 3 MW alors qu'une turbine hydraulique de 3 mètres y suffit.

Les énergies renouvelables sont donc par nature intermittentes et non pilotables, ce qui est un défaut majeur pour la production électrique, et exige une association à des générateurs pilotables en puissance suffisante ou/et à des stockages indirects d'énergie électrique.

Il semblerait donc judicieux d'affecter plutôt "énergie de transition" aux énergies renouvelables, non pilotables et condamnées à l'intermittence et à une faible densité d'énergie exigeant de grandes surfaces au sol, par leur appartenance à la famille de l'interaction gravitationnelle. A l'exception du grand hydraulique restant disponible sur quelques sites, cette source d'énergie n'est pas la mieux adaptée à l'alimentation d'un grand réseau dans des conditions économiques acceptables.

L'homme avait fait usage de la liaison gravitationnelle en production d'énergie avant les deux autres liaisons plus efficaces, à une époque où l'électricité n'étant pas encore domestiquée, les paysans apportaient au meunier les sacs de grain ou d'olives qu'ils venaient rechercher sous formes de sacs de farine et de bouteilles d'huile.

Les moulins à eau sont devenus des centrales hydroélectriques et les moulins à vent des éoliennes, dont le produit «électricité» n'est plus stockable, ce qui a ajouté aux éoliennes une contrainte de pilotage rapide que n'avaient pas les moulins et dont elles ne peuvent s'accommoder.

Cette nouvelle contrainte a pu être acceptée par les turbines à eau grâce à la densité de l'eau mille fois plus élevée que celle de l'air, et à son état liquide qui permet de la canaliser en tuyaux et de la stocker provisoirement en réservoir amont en barrant un cours d'eau, toutes propriétés qui permettent des puissances unitaires élevées et des facilités de régulation exceptionnelles, évitant toute intermittence, et étendant la régulation du réseau jusqu'au réglage énergie en énergie négative par les STEPS, stations de pompage en heures creuses et turbinage en heures de pointe de consommation.

Ainsi la densité élevée de l'eau liquide à température ambiante a permis aux moulins à eau de survivre à l'électrification du monde en devenant des centrales hydro-électriques remplissant tous les critères de qualité d'exploitation sur un grand réseau, semblant avoir vaincu sa maladie familiale de la «dépendance».

*Pas tout-à-fait, il subsiste l'irréremédiable **dépendance du lieu**. Il serait sympathique de disposer d'une grande centrale hydraulique proche de la forte consommation de la région parisienne, entre la plaine de la Beauce et celle de la Brie, il "suffirait" de créer une montagne et d'y apporter de l'eau.*

L'étude montre donc que les énergies renouvelables, intermittentes par nature, ne satisfont qu'à moins de la moitié des critères d'adéquation à l'alimentation fiable d'un grand réseau électrique, et sont limitées par la faiblesse intrinsèque de leur densité énergétique qui exige de grandes surfaces et de nombreuses connexions conduisant à des coûts non compétitifs ne pouvant justifier une subvention permanente.

Propos n°6 : étudier, comprendre, décider, sans doxa.

Les réalités présentées ici sont connues des milieux scientifiques, mais moins de l'électeur moyen et des milieux politiques. Dans la méconnaissance de ces réalités, **une doxa populaire un peu confuse rassemble deux ressentis du public :**

- **Certes la filière nucléaire** possède une remarquable densité d'énergie qui lui permet de produire autant d'électricité en cassant les noyaux d'un gramme d'uranium 235 qu'en brûlant deux tonnes de charbon, et le coût annuel de l'uranium importé n'est que le centième du coût du pétrole importé pour nos voitures (~0,5 Mds€ contre ~50) pour des volumes d'énergie comparables, et sans émettre de CO₂, ce qui en fait l'énergie la plus écologique.

- **Mais une telle concentration d'énergie** fait peur ; elle porte encore le souvenir ineffaçable du début militaire foudroyant de l'atome qui mit fin en 1945 à la dernière guerre mondiale avec deux bombes, puis en 1986 de l'incroyable accident nucléaire de Tchernobyl, survenu hors service en explorant les limites de stabilité du réacteur après neutralisation préalable volontaire des protections, puis en 2011 d'un tsunami exceptionnel à Fukushima tuant 20.000 personnes sur les villes et villages de la côte, et noyant la centrale nucléaire du même nom sans y faire de victime d'origine nucléaire, alors que dans la presse et donc dans l'esprit du public, le nom de Fukushima reste associé à accident nucléaire plutôt qu'à tsunami.

Comment ne pas être méfiant face à cette énergie, aussi bien que face à la désinformation qui l'accompagne sur ses risques qui seraient jugés par certains comme incomparables à ceux des autres sources d'énergie, ce qui fait du nucléaire un sujet tabou où l'émotionnel remplace trop souvent le rationnel car le citoyen moyen ne dispose pas des informations nécessaires à un jugement rationnel.

Les énergies renouvelables, de taille modeste, flattent l'idée populaire d'énergie **décentralisée**, chacun pouvant **produire l'énergie qu'il consomme sans nécessiter de grands réseaux** de transport. Alors pourquoi se poser toutes ces questions sur les risques du nucléaire quand nous avons sous la main des sources d'énergie sympathiques, plus sûrement écologiques du vent et du soleil ? Elles sont perçues par certains comme illimitées car renouvelables, et même gratuites parce que naturelles et qu'il n'y a pas de combustible à payer, sans prendre conscience de leur caractère de flux d'énergie intermittents, imposés et incontrôlables, ni de leur faiblesse qui oblige à défigurer la planète par des gigantesques champs d'éoliennes et de panneaux solaires, ni des matériaux rares et non renouvelables consommés dans leur construction.

Une démocratie idéale se mériterait par un niveau de connaissances et d'information des citoyens suffisant pour se *construire un jugement rationnel sur tous les sujets complexes tels que l'énergie, mais cette exigence est trop ambitieuse*. **La doxa exprime le trouble des esprits face à des choix de nature complexe dépassant la capacité d'expertise d'un électeur moyen**, qui introduit inconsciemment dans son jugement des éléments émotionnels de sa doxa personnelle. D'où l'intérêt pour un électeur, et encore plus pour un élu, de recourir à l'avis des experts de chaque domaine, mais l'histoire récente a montré que des experts autoproclamés ont été plus souvent appelés que les véritables qui sont pourtant bien identifiés et groupés après sélection par leurs pairs dans les académies et les associations scientifiques spécialisées munies d'un conseil scientifique, ce qui réduirait considérablement le rôle de l'émotionnel.

Dans une démocratie présidentielle plus que dans d'autres systèmes, le Président exécutif élu, sera tenté de tenir le plus grand compte de cette doxa, image d'une majorité possible, et pèsera avec soin les options qui s'offrent à lui :

- Soit, comme l'y invite la doxa d'une fraction de l'électorat, céder à l'idée que les risques de la technologie nucléaire soient perçus comme non comparables avec tout autre risque, et que ces risques ne soient plus évalués à l'échelle de leur très faible probabilité, mais admis comme certains dans leur survenue et exagérés dans leurs conséquences. La décision la plus confortable est alors d'abandonner toute technologie nucléaire, quels que soient ses avantages, en commençant par réduire sa part à 50%, ce qui lui conservera une image de partage judicieux qui en facilitera l'acceptation. Un décideur responsable devra s'être assuré au préalable qu'il existe une solution de remplacement à ce qu'il supprime.
- Soit méditer sur sa responsabilité de guide national, qui est de limiter l'interférence de tout élément émotionnel dans des décisions engageant le long terme sur une population nombreuse, ce qui l'oblige à puiser dans les statistiques existantes portant sur des situations comparables. Il constatera alors que les conséquences des deux seuls accidents majeurs survenus dans le monde en 70 ans d'exploitation de cette technologie n'ont rien eu d'incomparable aux autres grands accidents industriels, et que la comparaison des statistiques de leur impact sur la santé publique est au contraire clairement à l'avantage du nucléaire, ceci en notant que Tchernobyl fut plutôt un accident du système soviétique de l'époque que du nucléaire civil, et qu'à Fukushima, malgré un événement tout à fait exceptionnel (tremblement de terre et tsunami historiques) et diverses circonstances aggravantes (centrale totalement noyée par mur anti-tsunami trop bas, perte de tout auxiliaire de secours, réacteur ancien sur lequel les sécurités post-TMI n'étaient pas implantées) l'accident n'a causé aucun décès par radioactivité dans un tsunami qui en a tué 20.000.

Il n'est pas interdit d'imaginer que la pensée du même responsable exécutif ayant été amenée à évoluer en cours de mandature, celui-ci puisse assumer successivement ces deux options.

Pour que les mécanismes démocratiques permettent d'effectuer des choix partagés par les citoyens, sans avoir à les déléguer totalement aux seuls vrais experts ni à négliger ces experts, il est indispensable que ces citoyens s'astreignent à une information objective, et s'approprient les enjeux clairement explicités de toutes les options, en gardant au premier plan les exigences de sûreté pour toutes les filières énergétiques, sans négliger les autres critères d'économie et d'indépendance énergétique, et en n'oubliant jamais le contexte du changement climatique auquel nous ne pouvons échapper.

C'est cette rationalité partagée qui nous a servi ici de guide, Pour un progrès raisonné, choisi et partagé⁵.

Annexe «Pari de Pascal » (écrit lors de la fermeture de la centrale de Fessenheim)

Une autre approche par le pari de Pascal ?

Après un acte aussi chargé de sens que la fermeture délibérée de la centrale nucléaire de Fessenheim en bon état de marche, et l'engagement par la loi à supprimer une douzaine d'autres réacteurs avant 2035, il est illusoire de penser que le gouvernement français actuel puisse, malgré quelques déclarations verbales contradictoires de ci de là, se convertir aux avis des milieux scientifiques dont les analyses convergentes recommandent une tout autre politique de l'énergie.

La consolidation et l'expansion du nucléaire dans le monde s'établiront pourtant, parce que c'est l'arme la plus puissante à notre portée dans les délais nécessaires pour résoudre notre plus grand problème : le réchauffement climatique, tout en assurant nos ressources en énergie électrique sans émission de CO₂ pendant plusieurs siècles.

C'est donc du dynamisme de la Chine dans son programme de décarbonation, de la solidité de la Russie, des USA, de l'Inde, du Royaume Uni, de la Finlande, de la Suède, de la Hollande, de la république Tchèque, de la Pologne et des ex-républiques soviétiques d'Europe de l'est, de la Corée du sud, du Japon et de quelques autres pays appuyés sur la Russie ou les USA comme la Turquie, les Emirats arabes ou l'Egypte que soufflera le vent nucléaire. Dommage pour la France qui aura perdu du temps et sa place dans la défense du climat par ce coup de frein contagieux venu d'Allemagne.

En France, l'apparente absence de conviction scientifique de la tête politique du pays ne permettra donc pas d'établir dans l'unité nationale une stratégie de l'énergie cohérente avec la défense du climat. Dont acte.

Avant d'aller voler entre éoliennes et panneaux solaires dans cet hypothétique paradis verdoyant, allégés du poids de ce risque obsédant de l'accident nucléaire par la perspective réconfortante de sa disparition, notre Président se demande s'il ne serait pas toutefois prudent, sur un tel sujet que d'autres prétendent existentiel, d'en pratiquer une approche inspirée du célèbre "Pari de Pascal" dont il a apprécié la lecture dans sa jeunesse, sur l'existence ou la non-existence de Dieu.

Les deux croyances mises en pari dans ce nouveau "Pari de Pascal 2021" sur le futur énergétique seraient :
Hypothèse A : "Les écologistes avaient raison, le nucléaire, c'est la catastrophe annoncée, seules les ENR nous sauveront"
Hypothèse B : " Les scientifiques avaient raison, seul le nucléaire possède la totalité des qualités nécessaires"

Ce pari serait lancé en 2021 pour un face à face avec la réalité en 2050, date suffisamment distante pour permettre de constater l'effet des politiques engagées en 2020, et toutefois suffisamment proche pour permettre de modifier une politique climatique se révélant décevante avant la date plus cruciale de 2100.

En 2021, la France est gouvernée par un Chef d'Etat familier du dédoublement de personnalité qu'il utilise pour prendre des décisions sur les sujets qu'il connaît peu, et en percevoir ainsi toutes les facettes sans préjugé, ce qui lui permet de conduire plusieurs politiques en même temps. À défaut de conviction sur ces hypothèses A et B, il se résout donc au dédoublement ; Un peu magicien, il fait parier mentalement en même temps ses deux doubles.

- Son double écologiste le plus croyant parie sur A. Il a l'intention de poursuivre sans faillir le programme de réduction du nucléaire, dans la perspective de sa disparition, et de noyer la France sous un océan d'éoliennes et de panneaux solaires.

- Son double seulement vaguement croyant, parie sur B, "On ne sait jamais" Il aura la prudence de lancer dès 2021 un modeste programme de 6 réacteurs EPR permettant de redémarrer l'industrie correspondante en sommeil depuis 20 ans, et en même temps la même prudence de tripler les parcs éolien et solaire.

Comme il est un peu magicien, ce Chef d'Etat sait qu'il peut aussi entrevoir un aperçu fugace de l'avenir pas trop lointain en 2050 sans avoir à passer par l'étape désagréable de la mort comme dans le vrai pari de Pascal historique.

En se concentrant, yeux clos, il entrevoit le paysage énergétique mondial de 2050 :

⁵ Devise de l'Académie des technologies

"Il ne semble pas s'être produit d'accident nucléaire majeur entre 2020 et 2050, ou alors ils n'étaient pas majeurs et le public s'est habitué à les traiter avec la même objectivité que les autres accidents industriels car les médias en parlent moins que dans la décennie 2010-2020 ; il est vrai aussi qu'entre temps les écologistes ont évolué en se ralliant au nucléaire.

Son double centriste le félicite d'avoir eu la sagesse de lancer quelques EPR dès 2021, car il est devenu difficile en 2050 de continuer à distiller dans l'esprit du public l'idée du caractère exceptionnellement dangereux du nucléaire après un siècle de pratique et d'excellents résultats. La France ne sera pas au "paradis", mais pourra reprendre son rang un peu dégradé dans un monde où la situation climatique à cette date nous dira s'il faut accroître la chasse au CO₂; le monde en aura alors les moyens puisqu'on ne s'interdirait plus l'usage du plus puissant de ces moyens pour limiter les émissions de CO₂

Son double écolo-extrémiste regrette le rêve qu'il croyait vert, constate l'isolement et un déclassement de la France et de l'Europe qui sera leur purgatoire face aux autres pays ayant continué à se développer économiquement et écologiquement par l'énergie nucléaire sous diverses formes (REP, EPR, SMR, RNR). La lutte pour la préservation du climat se poursuivra sans l'Europe qui se sera rangée sous la bannière ENRI du nucléaire honteux.

Il avait cru que de multiples accidents nucléaires surviendraient entre 2020 et 2050, et se révéleraient d'une gravité capable de faire abandonner au monde entier l'usage civil d'une énergie présentant autant d'avantages après un siècle d'existence, alors qu'en 2020, après déjà 70 ans, le nucléaire se classait déjà au premier rang, tous critères pris en compte"

Toute ressemblance avec l'authentique "Pari de Pascal" ne saurait concerner que la complexité de l'esprit humain.