

# Pas de nouveaux attracteurs étranges : une preuve solide contre la rétroaction positive et la catastrophe

Publié le [9 janvier 2012](#) par [Anthony Watts](#)

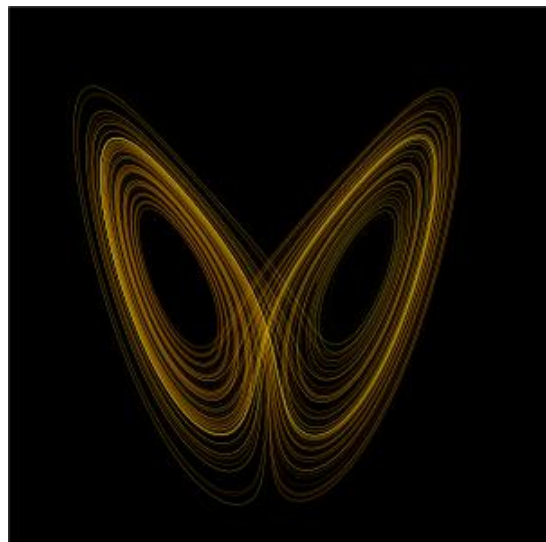
Ceci est un commentaire du Dr. Robert Brown [NdT : [Robert G. Brown](#) est « *lecturer* » soit approximativement maître de conférences à l'université Duke, en physique théorique de la matière condensée, physique atomique, moléculaire et optique] sur ce [Que nous ne savons pas au sujet de la Terre l'énergie des flux](#). Je l'ai trouvé si perspicace sur le thème de la stabilité du climat « poussé » par le forçage du CO2 que je l'ai mis en billet.

Anthony

*Richard G* dit : [8 janvier 2012 à 12:16](#)

***Est-il juste de dire que les deux systèmes*** [NdT : deux Terres avec pratiquement les mêmes conditions initiales] ***oscilleraient selon les mêmes paramètres, mais que la probabilité qu'ils soient synchronisés est nulle?***

Malheureusement non, pas sur de longues périodes. Les systèmes pourraient être aussi différents que deux barreaux ferromagnétiques « identiques » magnétisés l'un plus et l'autre moins. Ou dans le cas de la Terre, aussi différents que la Terre glaciaire et la Terre interglaciaire. Le point est que ces deux dernières possibilités peuvent être dans des états «



stables » exactement la même insolation, etc, parce que les rétroactions dans le système mondial peuvent se reconfigurer pour se rendre stables.

Si vous regardez le [lien vers la théorie du chaos](#) que j'ai fourni et que vous regardez la figure qui montre deux nattes de lignes en boucle, ceci vous donne une image heuristique du *type* de possibilités disponibles pour coupler des systèmes différentiels non linéaires.

Graphique de l'attracteur de Lorenz pour les valeurs  $r =$

28,  $\sigma = 10$ ,  $b = 8/3$ . Image via Wikipedia.

Au cœur de chaque boucle il y a ce qu'on appelle un « attracteur étrange » qui est généralement un point limite.

Les axes X et Y portent les coordonnées qui représentent l'état du système à tout instant  $x(t)$ ,  $y(t)$  dans un espace généralisé (espace des phases).

Les lignes sont les trajectoires temporelles du système en mouvement sous l'influence de la dynamique sous-jacente. La figure montre qu'au lieu d'être une simple « orbite », c.-à-d. la façon dont la terre tourne autour d'un attracteur régulier comme le soleil, le système oscille pendant un temps autour d'un attracteur, puis de l'autre, puis des deux. Au lieu d'être de belles orbites fermées, les orbites ne sont presque jamais les mêmes.

Deux trajectoires qui commencent l'une près de l'autre parcourront en général et pendant un moment, une orbite autour de l'attracteur de même allure générale. Mais au fil du temps, souvent en un temps remarquablement court, les deux trajectoires divergeront. L'une basculera vers l'autre attracteur et l'autre ne le fera pas. Après un temps remarquablement court, les deux trajectoires seront presque *totalelement décorrélées* dans le sens que la connaissance de la position de l'une dans l'espace des phases n'apporte aucune aide pour deviner l'emplacement de l'autre. C'est seulement dans ce sens final que vous avez raison.

*Chaque* système doit être trouvé dans l'espace des états physiquement cohérents, les états qui sont accessibles via le processus différentiel à partir des points de départ. Il n'y a aucune garantie que les trajectoires « rempliront l'espace des phases ». Donc, en ce sens ils vont tous les deux se trouver dans l'espace des phases accessible depuis les points de départ. Si ces deux points de départ sont assez proches, ils auront probablement des espaces de phases d'allures très similaires, mais il n'y a *aucune garantie* qu'ils seront identiques, en particulier s'il y a plus ou beaucoup plus de deux attracteurs et si quelques paramètres simples [NdT : phrase incomplète, scaletrans propose de remplacer le « si » par « avec »]. En méca stat, il y a un théorème sur le sujet sous des hypothèses différentes, mais pas dans le cas général de la dynamique des systèmes ouverts dans un système chaotique, autant que je le sache.

Si ce genre de choses vous intéresse (on peut vraiment s'amuser à jouer), vous pouvez p. ex. regarder les « équations différentielles prédateur-proie ». [http://en.wikipedia.org/wiki/Lotka-Volterra\\_equation](http://en.wikipedia.org/wiki/Lotka-Volterra_equation)

Si je m'en souviens bien, c'est un des systèmes les plus simples avec un attracteur et un cycle limite. Il illustre plusieurs caractéristiques de systèmes dynamiques plus compliqués.

L'attracteur ou point fixe dans ce cas est la population p. ex. de renards et de lapins qui reste en parfait équilibre d'année en année. Notez bien que cette équation est déterministe, mais bien sûr, une population réelle, même modélisée a toujours des variations *aléatoires* ou « imprévisibles » au moins, c.-à-d. une certaine quantité de bruit. Elle est forcément discrète et non pas continue, de même qu'on ne peut pas avoir un demi-guépard Cheetah mangeant  $\pi$  babouins.

Un meilleur « type » continu d'équation différentielle pour décrire de tels systèmes *avec bruit* est une chose nommée équation de Langevin en physique. Ce système a des degrés de liberté microscopiques « rapides », on les représente en moyenne par un terme stochastique et des degrés de liberté plus lents que l'on intègre comme l'équation des prédateurs/proies. En physique, il y a un cas limite particulier pour cela, nommé Équation principale généralisée [NdT : anglais Master equation], qui est la description intégro-différentielle complète d'un système quantique à plusieurs corps. Elle est vraiment, vraiment difficile. Et pourtant, la *voie* générale n'est pas inapplicable, c'est une partie présupposée de la plupart des modèles climatiques simplifiés. P. ex. quand vous « lissez » la température en faisant une moyenne mobile, vous renoncez à de l'information (les variations à court terme) et vous essayez de réduire la complexité du système en vous concentrant sur la dynamique temporelle lente.

C'est parfois possible, parfois impossible. [NdT : phrase ajoutée pour mieux comprendre] Si le système est vraiment simple, il a un attracteur unique et les trajectoires oscillent très régulièrement autour de lui ; le « bruit » qu'on a lissé était vraiment sans signification et n'ajoutait que des petites variations à une trajectoire unique, c'est alors probablement OK. Si le système est multistable, il a beaucoup de points localement stables ou pire si quelques-uns de ses degrés de liberté sont des choses comme le Soleil dont l'évolution temporelle est complètement externe au « système », que vous ne pouvez pas prédire son avenir et dont vous ne connaissez pas précisément l'effet, alors les attracteurs eux-mêmes peuvent se déplacer pendant que le système évolue localement, ce n'est alors probablement *pas* OK.

Ce dernier type de système multistable qui n'est probablement pas OK a un symptôme visible. C'est une suite d'équilibres ponctués, visible dans les données lissées. Les 30 ans de données satellitaires et les données SST montrent assez clairement ce genre de comportement.

Un dernier point est très important. Des systèmes qui *oscillent* ont presque toujours une *rétroaction négative*. En fait, c'est la chose fondamentale qui *définit* un système oscillatoire, il a

en lui des *attracteurs*. Les attracteurs sont eux-mêmes des points stables (équilibre) tels que si le système est perturbé autour d'eux, il sera ramené *vers l'équilibre* et non poussé *loin* de lui. Dans le cas général des attracteurs dans des espaces à de nombreuses dimensions, ceci conduit à des cycles de Poincaré autour des attracteurs, visibles dans les équations prédateur-proie ou la figure ci-dessus du Chaos avec deux attracteurs étranges, sauf qu'ils peuvent devenir très, très compliqués (et difficiles à visualiser) dans des espaces à 3 dimensions ou plus (notez bien qu'ici je ne parle pas des espaces physiques mais des espaces paramétriques de « phases », les espaces d'états). Dans un certain voisinage d'un attracteur il y a généralement un peu de stabilité locale. Dans ce voisinage les trajectoires vont osciller étroitement autour de l'attracteur et auront relativement peu de chances de sauter vers d'autres attracteurs. D'où le fait que les périodes glaciaires et interglaciaires tendent à durer un temps assez long (par rapport à toutes les nombreuses échelles de temps plus courtes disponibles pour le système).

Déplacer un seul paramètre *extérieure* sous-jacent, p. ex. la concentration du CO2 anthropique, l'état du Soleil, l'état géomagnétique, peut être considéré comme *déplaçant les points fixes* du système multistable. Si nous linéarisons, nous pouvons souvent deviner au moins la direction du mouvement au premier ordre. Par exemple, étant donné l'effet de serre, plus de CO2 devrait augmenter le piégeage de la chaleur, d'où une augmentation de la température mondiale moyenne. Le point fixe stable devrait donc bouger un peu dans le sens du réchauffement.

Presque tous les arguments (il y en a plus d'un 😊) « tournent » autour de deux problèmes simples. Notez que je les présente différemment d'à mon habitude.

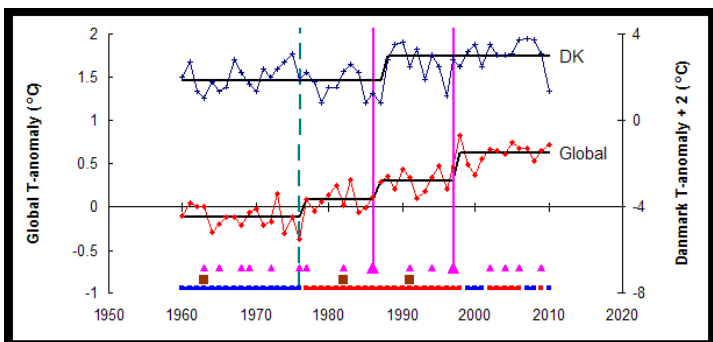
a) Est-ce que l'hypothèse de la réponse linéaire est valable? Ce n'est pas une question triviale. Plus de CO2 dans un système multistable ne fait pas que déplacer l'attracteur local, il déplace *tous* les attracteurs et pas nécessairement selon des voies linéaires simples dans un système très compliqué avec beaucoup de rétroactions négatives (par hypothèse, ils peuvent être un peu partout parce que le système est dominé par les *attracteurs*). Des principes de conservation (pas forcément ceux qui sont connus) opèrent dans de nombreux systèmes. Ils agissent comme des contraintes de sorte que déplacer un attracteur *vers le haut*, en déplace un autre *vers le bas* ou augmente la « hauteur de la barrière » entre les deux attracteurs et donc déforme l'ensemble des cycles limites.

b) Est-ce que la réponse est de l'ordre de la différence moyenne entre les attracteurs qui

figurent déjà dans le système? Si elle est plus grande, il est alors probable que non seulement elle déplace l'attracteur actuel, mais qu'elle lance le système vers un attracteur *nouveau* sur le côté plus chaud du précédent. Ce n'est peut-être pas l'attracteur que vous attendiez, Plus de réchauffement, comme les réchauffistes le disent en termes heuristiques, peut faire que le système oscille plus violemment et sera donc à la fois plus chaud dans la partie chaude de l'oscillation et plus froid dans la partie froide de l'oscillation. Si la nouvelle excursion de l'oscillation est assez grande, elle peut lancer le système en oscillation autour d'un attracteur nouveau aussi bien d'un côté que de l'autre.

Notez que cette dernière affirmation est encore trop simpliste car elle donne l'impression qu'il y a seulement deux directions, plus chaud et plus froid. Or ce n'est pas vrai. Il y a plus chaud avec *plus de* vapeur d'eau dans l'atmosphère, plus chaud avec *moins de* vapeur d'eau dans l'atmosphère, plus chaud avec le soleil actif, plus chaud avec le soleil inactif, plus chaud avec la banquise qui augmente, plus chaud avec la banquise qui diminue, plus chaud avec plus de nuages, plus chaud avec moins de nuages, les nuages en question peuvent être diurnes ou nocturnes, être des nuages arctiques ou antarctiques, estivaux, automnaux, hivernaux ou printaniers, mois par mois si ce n'est de jour en jour, avec *des rétroactions partout*. Mettre au point un seul aspect de ce cycle affecte tout le reste et je n'ai même pas commencé la liste de toutes les dimensions importantes ni noté qu'il existe des échelles de *temps* très importantes pour les oscillations *quasi périodiques* de beaucoup de ces pilotes, ni remarqué que la dynamique sous-jacente se déroule sur un *globe en rotation* dont la production ordinaire est des tourbillons d'air qui durent de quelques jours à plusieurs *décennies*.

J'ai affirmé dans les messages ci-dessus que le quasi-équilibre ponctué manifeste dans les données climatiques fait qu'il est très probable que la réponse est oui pour b). Le CO2 anthropique déplace le système de l'ordre de la distance entre les attracteurs ou plus. Le système a simplement sauté entre les attracteurs, même pendant les périodes où il n'y *avait* pas de CO2 anthropique. Par ailleurs, l'excursion du système alors qu'il se promenait parmi les attracteurs était aussi grande qu'elle l'est aujourd'hui et pas qualitativement différente. [NdT : Je pense que l'auteur fait référence à des graphes tels que celui-ci dû à Jens Raunsø Jensen dans <http://wattsupwiththat.com/2011/08/11/global-warming-%E2%80%93-step-changes-driven-by-enso/>  
<http://wattsupwiththat.files.wordpress.com/2011/08/2prz31k1.gif>]



Cela *suggère fortement* qu'alors que l'hypothèse de la réponse linéaire faite en a) peut être valide ou non (par attracteur), mais ce sera un énorme problème pour le prouver, l'effet est *moindre* que l'excursion naturelle, pas plus grand que l'excursion naturelle. Les facteurs de rétroaction

négative qui rendent les attracteurs multistables (localement) agissent aussi comme *rétroaction négative sur l'évolution induite par le CO2!*

En dernier, on a le théorème de fluctuation-dissipation, comme je l'ai déjà noté dans un fil ou un autre (trop fatigué d'écrire pour aller voir si c'était celui-là) [NdT : voir le texte « Flux d'énergie » du même auteur]. Dans un système ouvert en phase localement stable, les oscillations (fluctuations) se couplent à la dissipation de telle sorte que plus de fluctuations fait plus de dissipation, *rétroaction négative*. Si ce n'est pas vrai, la phase *n'est pas localement stable*.

C'est un *argument fort contre une catastrophe!* Le point est que, étant donné que le CO2 ne fait que des déplacements d'attracteurs, ces déplacements sont locaux, petits et lents comparé aux grands déplacements du système *entre* les attracteurs. S'il y avait un point où le système était susceptible de *tomber* vers un point stable beaucoup plus chaud, la « catastrophe » dont menacent les réchauffistes *aurait presque certainement du avoir lieu* dès lors que les oscillations de phases sur les dix mille dernières années ont été aussi chaudes que maintenant à de nombreuses reprises.

**Le fait que cela ne s'est pas réellement produit est une preuve extrêmement forte contre la rétroaction positive autant que contre la catastrophe.** Oui, le CO2 anthropique peut avoir déplacé un peu plus haut toutes les températures d'un attracteur, il peut avoir fait des petits réarrangements des attracteurs, mais il n'y a aucune preuve pour montrer qu'il va *probablement* créer soudainement un attracteur *nouveau* loin en dehors de la plage normale de variation déjà visible dans les données du climat. Est-ce impossible? Bien sûr que non. Mais ce n'est pas probable.

Je vais clore cela par une analogie. Alors que les physiciens s'apprêtaient à tester la première bombe nucléaire, il y eut une certaine inquiétude exprimée par les moins doués des physiciens présents. Ils disaient que ce faisant, on pourrait « mettre à feu l'atmosphère terrestre », en

quelque sorte transformer la Terre en Soleil (à noter que c'était avant toute compréhension de la fusion. Le cycle de l'énergie du soleil n'était pas encore compris). J'ai lu beaucoup plus récemment que certains étaient inquiets que les collisions au LHC pourraient avoir le même effet, créer un mini trou noir ou quelque chose comme cela qui avale la Terre.

Les deux étaient des peurs stupides bien que présentées par des vrais scientifiques, notez-le bien, parce qu'ils pouvaient voir que ces résultats étaient *possibles* au moins en principe et voici pourquoi. La température et la pression créées par la bombe nucléaire *n'étaient pas uniques* ! Bien que ce soit rare, des astéroïdes tombent sur la terre et créent alors des pressions et des températures *beaucoup plus élevées* que celles produites par des bombes nucléaires. Un astéroïde de taille très modeste peut libérer plus d'énergie en quelques millisecondes que *plusieurs dizaines de milliers de fois l'énergie explosive totale de tous les explosifs artificiels, y compris les bombes nucléaires sur la Terre* ! En un mot, si cela pouvait arriver (avec une probabilité raisonnable), ce serait déjà arrivé.

Idem les craintes associées au LHC ou à d'autres « super » collisionneurs. Bien sûr, il produit des collisions de l'ordre du téra électronvolt, mais *cette sorte d'énergie dans les collisions nucléaires n'est pas unique* ! La Terre est constamment bombardée par des particules de haute énergie émises par des événements *extrêmement* énergétiques comme les supernovae qui ont eu lieu il y a longtemps et loin. Les énergies de ces rayons cosmiques sont *bien plus grandes* que tout ce que nous serons *jamais* en mesure de produire en laboratoire tant que le laboratoire en question ne contiendra pas une supernova. Le rayon cosmique le plus énergétique jamais observé jusqu'à présent a été vraisemblablement un proton avec l'énergie cinétique d'une balle de baseball rapide, une balle de baseball se déplaçant à quelque 150 kilomètres par heure. Du moment que nous en avons vu un en quelques décennies d'observations, nous devons supposer qu'il s'en produit tout le temps, littéralement à chaque seconde un rayon cosmique avec cette sorte d'énergie frappe la Terre (une GROSSE cible) quelque part. Si une telle collision pouvait créer un trou noir qui détruirait des planètes avec une probabilité significative, nous serions grillés depuis très, très longtemps.

C'est pourquoi il était stupide d'avoir peur du LHC ou de la mise à feu nucléaire. Si l'un ou l'autre était probable, nous ne serions pas ici pour construire un LHC ou une bombe nucléaire.

Avoir peur du RCA n'est *pas tout à fait* aussi idiot. La vérité est que nous n'avons pas eu assez

de temps pour en savoir assez sur le système climatique et être en *mesure* de dire quelles sortes de rétroactions et de facteurs structurent les attracteurs multistables du climat. On peut donc créer un certain nombre de scénarios d'apocalypse, à un point critique le réchauffement libère des quantités massives de méthane qui réchauffent soudainement tout de telle sorte que l'océan dégaze tout son CO<sub>2</sub> et que les calottes glaciaires fondent et que les océans bouillent et soudain nous avons Vénus Terre avec une température moyenne de 200 °C. Si on peut l'imaginer et l'écrire, ce doit être possible, oui ? Les romans de science-fiction explorent abondamment tout ce genre de choses. Des films proposent le contraire, l'apparition d'attracteurs qui pour une raison ou une autre gèlent instantanément la totalité de la planète et apportent un nouvel âge glaciaire. Hé, ça peut arriver!

Mais est-ce *probable*?

C'est ici que l'argument ci-dessus nous reconforte. Il y a peu de choses dans les données climatiques pour faire croire à l'existence d'un autre grand état stable, un autre attracteur majeur, bien *au-dessus* de l'attracteur de phase chaude actuel. Bien au contraire, les données des dernières dizaines de millions d'années indiquent que nous sommes au milieu d'une *phase de refroidissement* prolongé de la planète de la même sorte qui est arrivée à plusieurs reprises dans les temps géologiques. Nous *sommes* ainsi dans la phase chaude d'un attracteur majeur et il n'y a littéralement rien au-dessus où aller. S'il y en avait un, nous y serions allés, au lieu de faire des variations locales et des oscillations autour des *nombreux attracteurs de phases chauds mineurs qui ont maintes fois connu des conditions susceptibles de faire qu'une transition se produise si au moins une était probable. À tout le moins, il y en aurait une trace dans le dossier thermique du dernier million d'années ou à peu près, et il n'y en a pas. Nous sommes dans un des plus longs et des plus chauds interglaciaires parmi les cinq derniers, mais pas au point le plus chaud de l'interglaciaire actuel l'Holocène. S'il y avait un attracteur encore plus chaud ailleurs, le point le plus chaud de l'Holocène aurait été susceptible de le trouver. Comme cela ne s'est pas produit cela indique que les rétroactions globales sont négatives en toute sécurité* et toutes les hypothèses de « catastrophe » sont *relativement* peu probables.

Ce qui devrait être inquiétant? Un refroidissement planétaire catastrophique. Nous *savons* qu'il y a un attracteur majeur de phase froide à 5-10 °C de moins que les températures actuelles. La civilisation humaine est née dans l'Holocène et nous n'avons pas encore assez duré pour savoir si on survit à une transition de phase vers le froid, revenant à des conditions glaciaires



sans que 5 milliards de personnes meurent et que la civilisation s'effondre quasiment. Nous *savons* que cette transition non seulement peut se produire, mais qu'elle *va se* produire. Nous ne savons pas quand, ni pourquoi, ni comment estimer sa probabilité générale. Nous *savons* que le PAG, il y a seulement 400 à 500 ans a été la période la plus froide de tout l'Holocène après l'excursion du Dryas récent. En général le refroidissement de l'Holocène semble commencer à partir de sa période la plus chaude et le XX<sup>e</sup> siècle *a été* un Grand Maximum Solaire, le soleil le plus actif en 11.000 ans, un maximum qui est maintenant clairement terminé.

À mon avis, il est beaucoup plus probable que nous sommes suspendus au-dessus d'une instabilité dans laquelle une transition complète vers la phase froide devient désagréablement probable plutôt que d'être proches d'une transition vers une phase superchaude dont il n'y a aucune preuve dans les données du climat. La probabilité est plus grande pour deux raisons. La première est qu'au contraire de la phase superchaude, nous savons que la phase froide *existe réellement et est beaucoup plus stable que la phase chaude*. La « taille » des oscillations du cycle quasistable de Poincaré autour de l'attracteur majeur de phase froide est beaucoup plus grande que celle autour de l'attracteur de phase chaude et de brèves périodes de réchauffement sont souvent anéanties avant de devenir un vrai interglaciaire, c'est ça leur stabilité.

L'autre est que nous passons 90% du temps en phase glaciaire et seulement 10% en interglaciaire. L'Holocène est *déjà* un des plus longs interglaciaires! Il y a une dynamique à échelle de temps longue à l'œuvre ici que nous ne comprenons pas. Nous n'avons même pas la moindre idée de ce qui cause la transition (essentiellement chaotique) de la phase chaude à la phase froide ou vice-versa. Nous avons des idées très grossières qui incluent des combinaisons de cycles Milankovich, le basculement de l'écliptique, la précession des pôles, des résonances orbitales et des trucs comme ça, mais il y a clairement une *forte rétroaction* dans le *cycle climatique* qui met en place le « basculement » en phase froide, probablement lié à l'albedo.

Ce pourrait être quelque chose d'aussi simple qu'un soleil tranquille. Le minimum de Maunder-PAG montre que nous devrions *activement craindre* un soleil tranquille, parce que *quelque chose* dans le système différentiel non linéaire semble favoriser les attracteurs froids (toujours dans l'attracteur majeur de la phase chaude) lors de minima de type Maunder. On peut

imaginer que le basculement vers la phase glaciaire est plus probable p. ex. au bas du PAG, qu'à tout autre moment, et qu'en ce moment l'Holocène vit *probablement* en sursis. Un intervalle quasi-PAG prolongé *pourrait* le renverser.

Pour être honnête, même un PAG serait une catastrophe bien plus grande que la plupart des catastrophes réchauffistes imaginées. La population du monde est immense par rapport à ce qu'elle était dans la dernière période glaciaire et une proportion énorme vit et fait pousser sa nourriture sur des zones tempérées. Un gel précoce et un printemps tardif pourraient à la fois réduire les [NdT : ajouter « surfaces des »] terres disponibles et diviser par deux le nombre de cultures qui poussent sur les terres qui survivraient, même avant une glaciation complète. Les phases froide/chaude sont souvent associées à des températures/sécheresses tropicales, au moins dans des parties du monde. À mon avis, l'apparition « rapide » d'un PAG pourrait tuer un milliard de personnes par disparition des cultures en Sibérie, en Chine et au Canada et au nord des États-Unis et déstabiliserait facilement la situation politique précaire du monde jusqu'à ce qu'une guerre mondiale devienne susceptible d'ajouter à nos malheurs.

Nous pourrions finalement découvrir que le RCA était notre salut. Le CO2 émis par notre civilisation actuelle peut améliorer ou retarder le prochain PAG. Il peut bloquer l'excursion en phase froide qui pourrait commencer la prochaine ère glaciaire RÉELLE dans des décennies ou peut-être un siècle. En attendant, peut-être pouvons-nous nous prendre en main et comprendre comment vivre ensemble dans un *monde civilisé* et non pas dans quelques pays civilisés où les gens sont à l'aise et le reste du monde où ils sont pauvres et plus ou moins asservis par une poignée de tyrans ou d'oligarques religieux.

Notez bien que c'est là de la « fiction spéculative ». Je ne comprends pas bien non plus les cycles climatiques (c'est un problème difficile). Mais au moins, là, je peux fournir des *preuves* qu'une catastrophe se cache dans le dossier du climat *actuel*, c'est donc beaucoup moins de la « fiction » que le RCA.

rgb

<http://wattsupwiththat.com/2012/01/09/strange-new-attractors-strong-evidence-against-both-positive-feedback-and-catastrophe/>

Traduction par le pseudonyme François Marot, révisions par les pseudonymes scaletrans et MichellN35.