



Les modèles climatiques. A quoi sert un modèle climatique?

Présentation des modèles climatiques

[Jérôme Servonnat] Le but va maintenant être de mieux comprendre ce que nous racontent ces modèles. Pour cela nous allons introduire les notions de variabilité interne et de variabilité forcée. Je vais vous illustrer ces concepts avec des exemples idéalisés.

Faisons ensemble une simulation climatique d'une centaine d'années : en haut, on voit l'évolution du forçage radiatif, c'est-à-dire la perturbation qu'on impose aux modèles et en bas, une variable climatique en moyenne annuelle, qui pourrait être la température en moyenne globale parce que c'est typiquement une grandeur climatique qui répond bien au forçage.

Si je ne fais varier aucun forçage, comme ici, on voit que le modèle simule quand même des variations, c'est ce qu'on appelle la « variabilité interne ». On peut aussi appeler « variabilité intrinsèque » du système climatique. Elle est le résultat de la circulation de l'atmosphère et de l'océan, de la dynamique de toutes les composantes du système climatique et de leurs interactions. Le seul moteur qu'il faut pour avoir de la variabilité interne, c'est le fait que la Terre reçoit plus d'énergie du soleil à l'Equateur qu'aux pôles.

La variabilité interne s'exprime à des échelles de temps qui vont du pas de temps du modèle, soit quelques minutes pour les phénomènes atmosphériques, à plusieurs centaines d'années pour la circulation océanique. Elle est de nature chaotique et est donc en grande partie imprévisible. Rajoutons maintenant un forçage idéalisé.

Imaginons que ce signal représente des variations de la concentration en gaz à effet de serre et en sont les simulations. On retrouve des oscillations aléatoires comme précédemment, mais cette fois, modulées par la réponse du modèle au forçage qu'on lui fait subir. Le climat simulé par le modèle est la combinaison d'une variabilité forcée due au forçage et d'une variabilité interne qui elle, est chaotique.

Regardons d'abord la variabilité interne : comme elle est chaotique, le détail des événements qui sont simulés est le fruit du hasard. Si je change seulement un peu le point de départ de ma simulation, de l'ordre de l'incertitude incompressible que j'ai sur cet état de départ, le modèle va simuler des événements différents, une histoire différente. C'est dû au célèbre effet papillon. Si je répète n fois l'opération à chaque fois j'obtiendrai une séquence d'événements différents. Et toutes ces histoires sont tout aussi probables les unes que les autres dans le monde du modèle. C'est pourquoi on ne peut pas attendre de ces simulations qu'elles nous disent ce qu'il va se passer exactement à une date donnée.

Étudier le climat, c'est étudier la description statistique du temps qu'il fait et c'est aussi valable avec une simulation climatique. On va donc analyser les différences entre des périodes de plusieurs décennies, séparées par des variations de forçage ou encore analyser les tendances. Regardons maintenant la variabilité forcée.

Par définition la variabilité forcée est la même d'une simulation à l'autre. On peut donc la caractériser et l'isoler en prenant typiquement la moyenne de toutes les simulations. Cela peut nous permettre d'estimer la part de la variabilité simulée qui est due à la variabilité forcée et celle qui est due à la variabilité interne. C'est en suivant cette démarche que l'on peut par exemple estimer la contribution des gaz à effet de serre anthropiques au changement climatique des 100 dernières années.

Tous les modèles n'ont pas la même variabilité interne ni systématiquement la même réponse à un même forçage. On est donc en présence de deux sources d'incertitude qu'il faut prendre en compte. Pour les températures, tous les modèles participant à l'exercice CMIP simulent un réchauffement avec l'augmentation des gaz à effet de serre, mais avec des amplitudes sensiblement différentes d'un modèle à l'autre. Pour les précipitations sur certaines régions, on peut avoir un modèle qui va simuler une augmentation et un autre une diminution.

Et jusqu'ici, tous ces modèles sont toujours des mondes probables.