

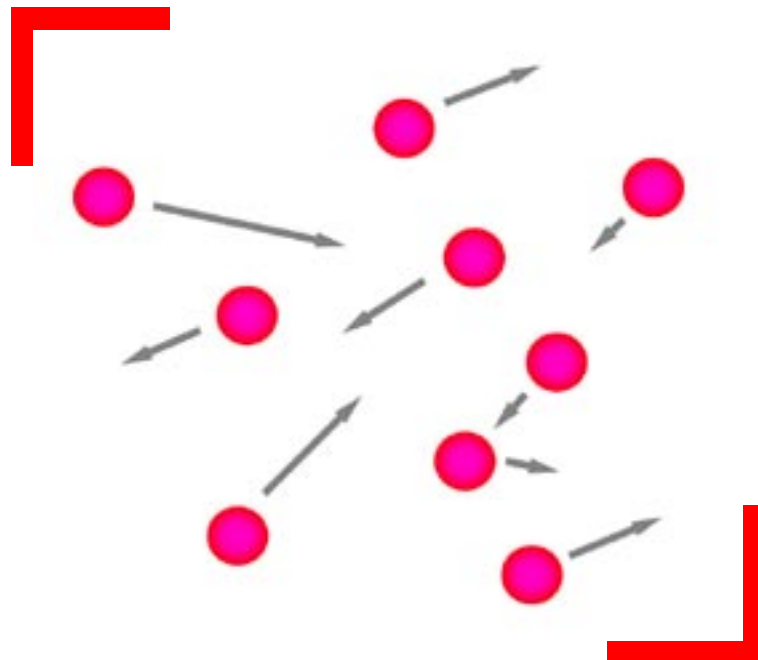


LA PHYSIQUE STATISTIQUE

Dans la nature, on trouve de nombreux systèmes constitués d'un grand nombre de petits éléments plus ou moins identiques. Par exemple, l'air est constitué de molécules, une foule de piétons, un réseau internet de liens. La **physique statistique** cherche à relier le comportement à l'échelle de ces éléments avec les phénomènes observés à grande échelle, c'est-à-dire les échelles microscopique et macroscopique. Elle vise également à déterminer les éléments pertinents à petite échelle pour expliquer le comportement à grande échelle du système, ce qui permet de traiter avec les mêmes outils des systèmes apparemment très différents.

Par exemple, dans le cas de l'air, nous pouvons modéliser les molécules comme des sphères dures qui s'entrechoquent. Peut-on alors comprendre les notions de température et de pression que nous observons à grande échelle ? Est-ce un moyen de comprendre la formation de tempêtes et de cyclones ? Peut-on ensuite appliquer certains de ces résultats à d'autres systèmes similaires, par exemple d'autres gaz, ou de l'eau, ou encore d'autres liquides ?

La physique statistique veut en particulier comprendre les changements globaux qui affectent des systèmes physiques, changements appelés transitions de phase : comment l'eau se transforme-t-elle en vapeur ou en glace ? pourquoi certains matériaux deviennent-ils aimantés quand on les refroidit ?



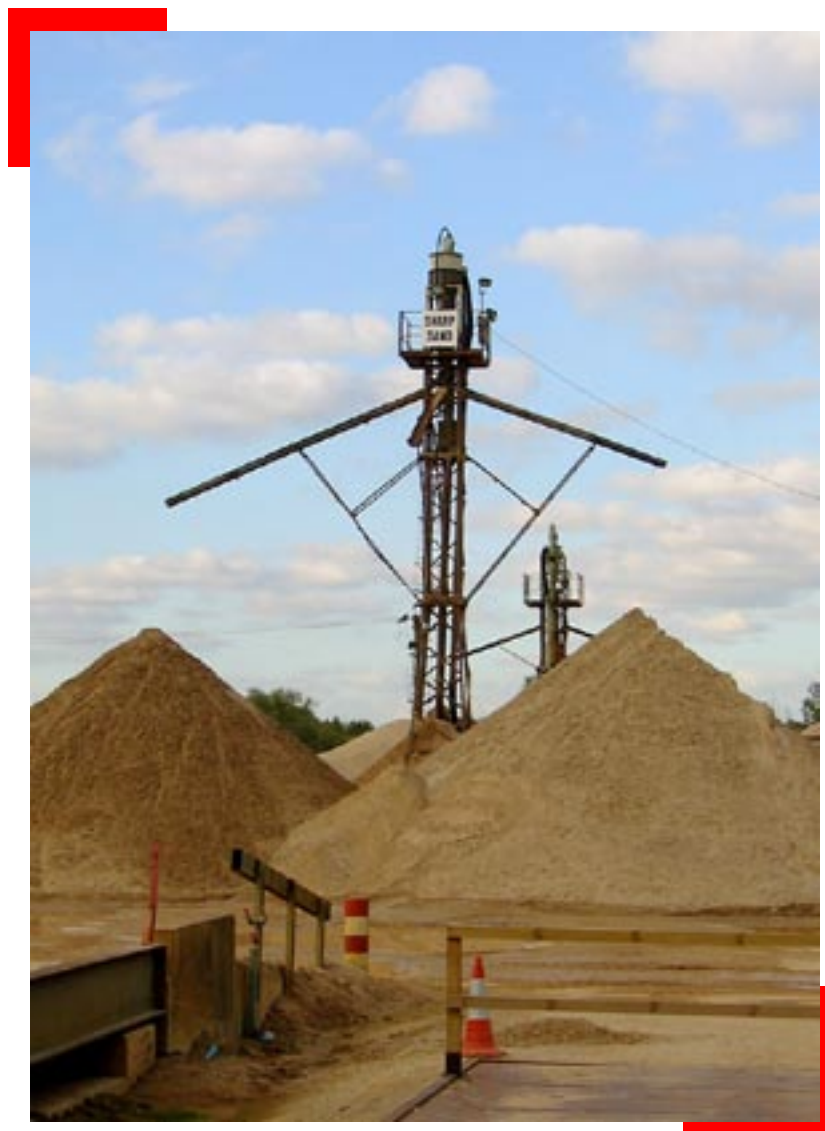
Une vision schématique de molécules de gaz qui s'entrechoquent. Les flèches représentent les vitesses.

AU LPT

Au Laboratoire de Physique Théorique d'Orsay, nous cherchons à comprendre et à décrire des systèmes **hors d'équilibre**. Des exemples ? Une barre dont les extrémités sont portées à des températures différentes. Ou encore deux réservoirs de particules soumis à des pressions différentes qui sont reliés par un tube si fin que les particules ne peuvent s'y croiser. Ces systèmes hors d'équilibre finissent par atteindre un état stationnaire où un flux de chaleur, ou de particules, ne cesse de se déplacer d'une extrémité à l'autre du système... une situation très différente de ce qu'on observe à l'équilibre !

Citons parmi les sujets étudiés :

- Les **systèmes granulaires**, comme les poudres, le sable, les ensembles de billes, sont des milieux où chaque collision entre deux « grains » mène à une dissipation d'énergie très rapide sous forme d'échauffement, de friction, de microfissures... Pour maintenir un état d'agitation stationnaire, on doit donc continuellement injecter de l'énergie par des vibrations ou des secousses. Ces systèmes posent des problèmes fondamentaux (propriétés mathématiques des équations) autant que des questions pratiques (mélange efficace de poudres dans l'industrie pharmaceutique).



Une trieuse de sable dans une cimenterie



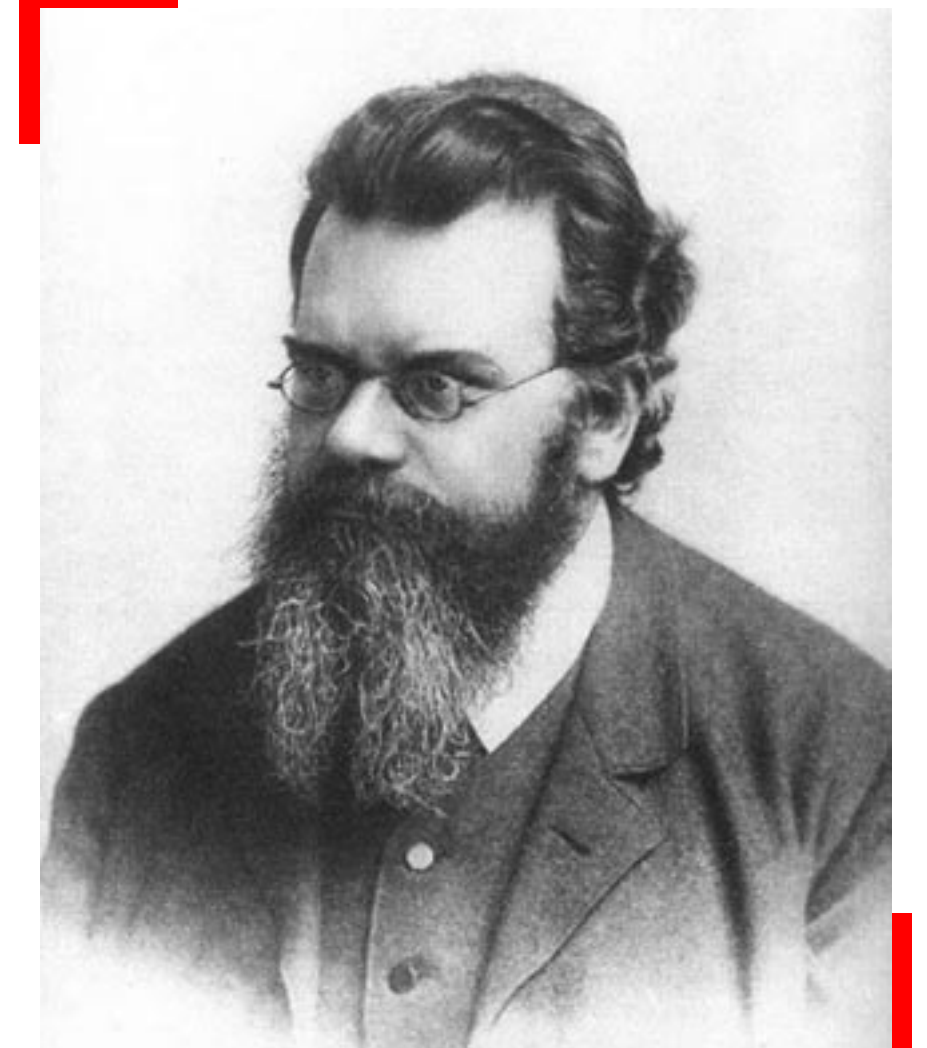
Bouteilles de verre sur une chaîne d'usine

- Le **trafic routier** peut être décrit tantôt comme un fluide continu, tantôt comme un ensemble de véhicules. Grâce à des modèles issus de la physique statistique, on peut comprendre plus finement certaines caractéristiques du trafic routier, comme l'alternance de phases fluides et d'embouteillages. Ce sont des outils utiles pour étudier la manière dont la circulation automobile est affectée par des changements des plans de circulation ou par des mesures de sécurité routière.

- Les **verres**, obtenus par refroidissement d'un liquide, ne présentent pas d'ordre microscopique comme un cristal. En fait, un verre est défini comme un liquide tellement visqueux qu'il ne bouge pas sur de très longs temps d'observation : il semble « bloqué » dans des configurations très stables mais désordonnées. On ne sait toujours pas si un verre peut finalement retrouver l'ordre cristallin au bout d'un temps très long, ou si cette transition de phase est impossible.

L'HISTOIRE

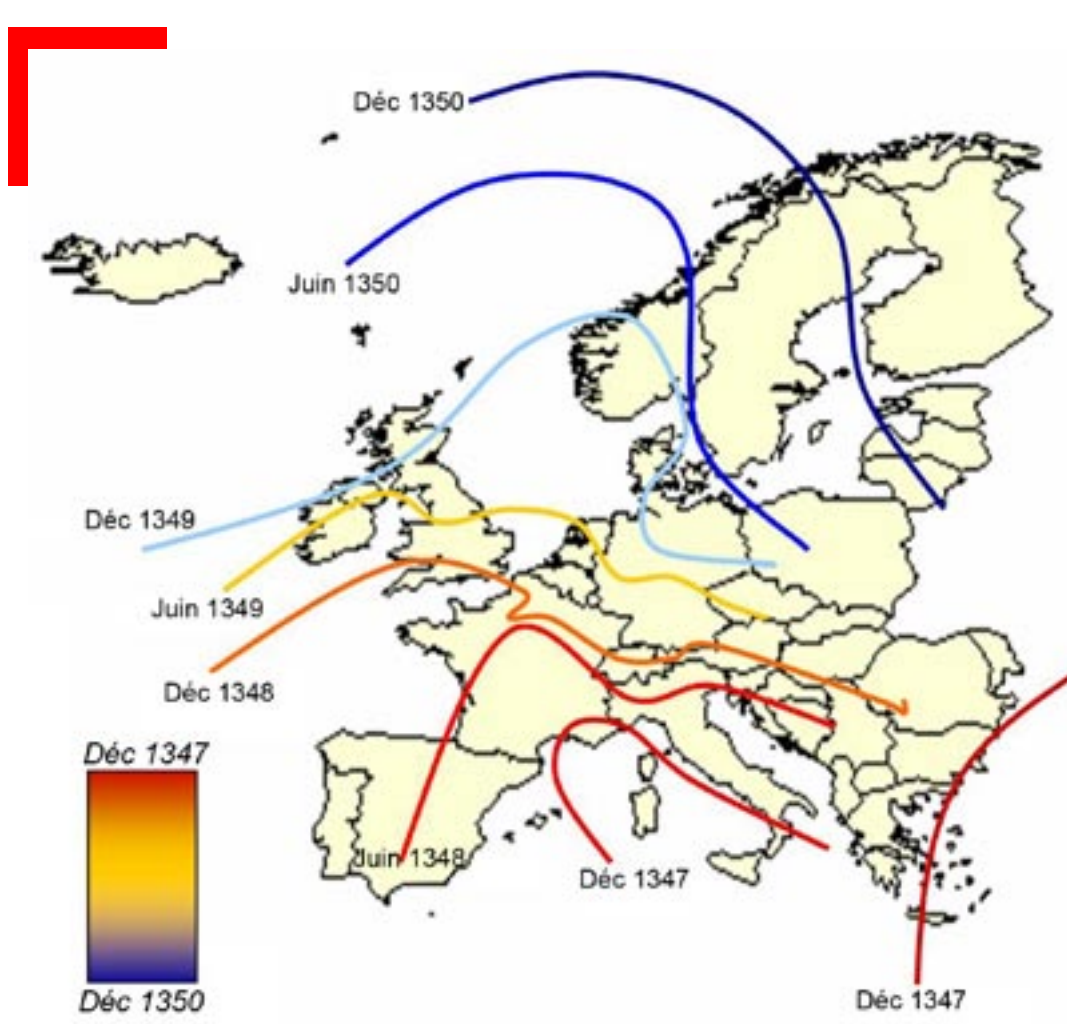
Physicien de la fin du XIX^e siècle, **Boltzmann** est le père de la physique statistique. Ses travaux sur la théorie cinétique des gaz ont posé les bases essentielles aux études qui suivirent. Tout au long du XX^e siècle, des méthodes de plus en plus raffinées furent mises au point pour relier les échelles micro- et macroscopique dans toutes sortes de systèmes physiques.



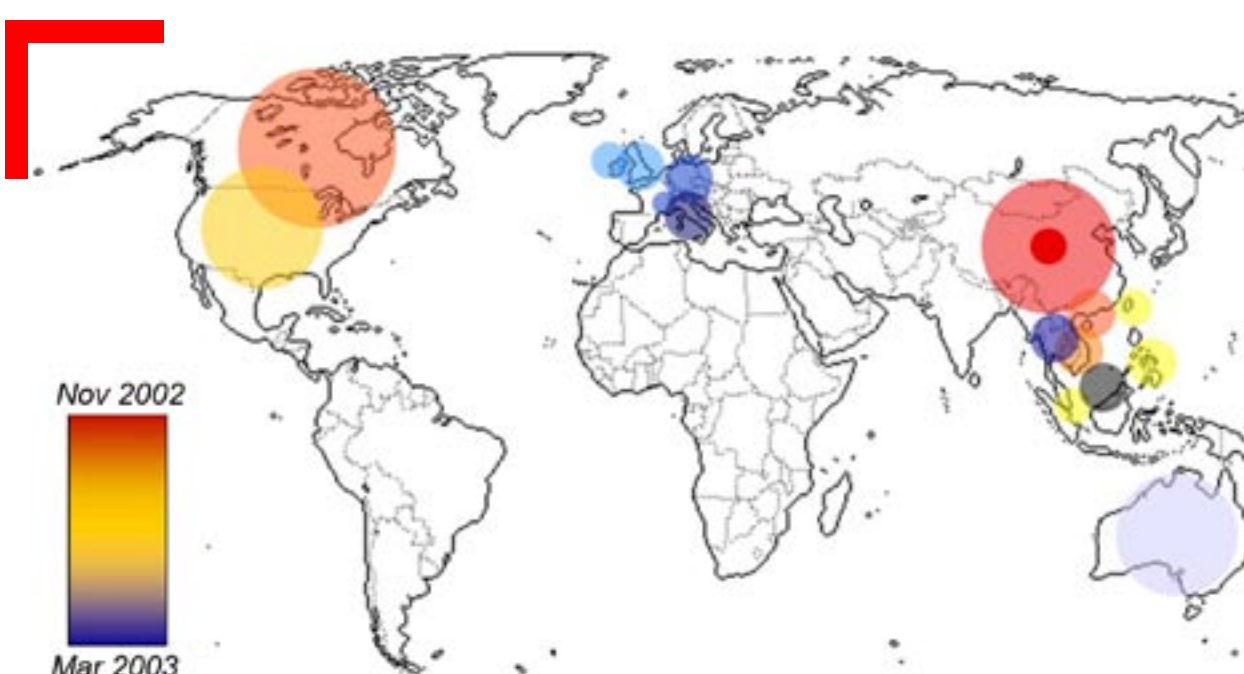
Mais pour des raisons de simplicité, les systèmes étudiés étaient souvent placés à l'équilibre ou à proximité, c'est-à-dire que leurs caractéristiques macroscopiques, comme la position, la température et la pression, n'évoluaient pas ou peu avec le temps. Aujourd'hui, on cherche à comprendre comment étendre ces résultats à des systèmes hors d'équilibre, qui subissent des modifications rapides de leurs caractéristiques de grande échelle. Ainsi, le cas d'une barre isolée dont les extrémités sont portées à des températures différentes n'est toujours pas bien compris dans le cadre de la physique statistique !

ZOOM SUR...

Les **réseaux** décrivent des relations communautaires sous la forme de points reliés par des liens, tel Internet où les points sont les ordinateurs reliés par des câbles, ou encore des réseaux sociaux où chaque point représente une personne reliée à ses amis. Ces réseaux sont souvent très hétérogènes, c'est-à-dire que la plupart des points a un faible nombre de liens tandis que certains sont au contraire liés à beaucoup d'autres points. Cette structure joue un rôle lorsqu'on étudie les processus qui affectent l'évolution de ces réseaux : trafic sur Internet, propagation des virus informatiques, évolution des épidémies au niveau mondial...



Ainsi, de nos jours, une épidémie comme le SRAS peut toucher très rapidement des points éloignés du globe, car le réseau de transport aérien constitue une voie majeure de propagation. Pour prévenir ces épidémies et mieux réagir face à une pandémie affectant le monde entier, il est utile de mieux comprendre ces réseaux, d'étudier le rôle de leurs différentes caractéristiques dans l'évolution d'une épidémie, et d'inclure leurs propriétés dans des modèles réalistes de propagation des épidémies.



Les modes de déplacement et les relations sociales ont beaucoup évolué depuis le Moyen-Âge jusqu'à aujourd'hui. Cela explique en partie les différences dans la propagation de l'épidémie de peste (ci-dessus), essentiellement par voie terrestre, et celle du SRAS (ci-contre), surtout par le biais de voyages en avion.