

tronc converge vers le point de vue d'où la majorité des visiteurs regarde le jardin, c'est-à-dire le balcon du temple (*voir la figure en bas de l'article*). De plus, le motif est autosimilaire : la longueur moyenne des branches décroît régulièrement du tronc vers les plus fins rameaux. Cette régularité indiquerait une intention lors de la conception du jardin et une organisation en accord avec le bâtiment du monastère.

Pour confirmer cette hypothèse, nous avons déterminé les axes médians du jardin, d'une part, quand un des blocs de rochers est enlevé ou ajouté et, d'autre part, lorsque les blocs sont disposés de façon aléatoire : dans tous les cas, les «squelettes» obtenus sont irréguliers et ne montrent aucune harmonie.

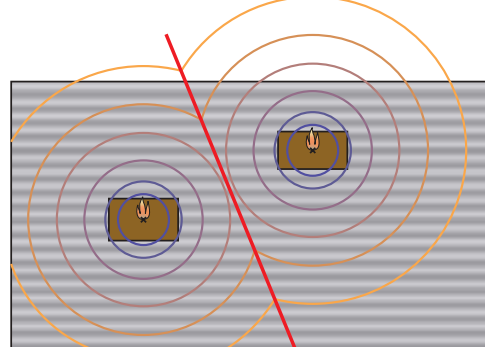
Que nous apprennent ces axes médians sur la perception du jardin? Notre modèle est similaire à celui de la perception visuelle étudié, en 1994, par Ilona Kovacs, aujourd'hui à l'Université Rutgers : elle a montré que pour une forme quelconque, telle une silhouette humaine (*voir la figure à côté du titre*), notre sensibilité inconsciente est maximale au niveau des axes médians. En 1998, ce modèle a été corroboré par des analyses électroencéphalographiques : les axes de symétrie locaux participent bien à la perception des formes. Ainsi, le modèle des neurobiologistes appliqué au jardin zen du temple Ryoanji montrerait que sa séduction n'est pas fortuite.

La détermination des axes de symétrie locale n'est pas réservée à l'étude

de la seule perception visuelle. Ces méthodes d'analyse d'images ont été inventées au début des années 1970 par Harry Blum, alors à l'Institut américain de la santé. Depuis, elles sont utilisées dans de nombreux domaines, par exemple, la compression d'une image en vue de son stockage et de son transfert. En effet, le squelette conserve la plupart des propriétés topologiques de la forme initiale et l'on peut la reconstituer à partir des données de son squelette. Par ailleurs, le nombre de points triples est un critère de différenciation des formes à partir de leur squelette.

En outre, la détermination des axes médians permet de dessiner, pour un ensemble de points nommés sites, un diagramme de Voronoï, c'est-à-dire un découpage du plan en régions dont les points sont plus proches de leur site que de n'importe quel autre. Ces diagrammes ont de multiples applications : en archéologie, ils révèlent les zones d'influence de tel ou tel clan ; en géologie, ils délimitent les filons de minéral à partir de quelques carottages ; en zoologie, ils mettent en évidence les territoires d'animaux ; en mathématiques, ils trouvent le plus proche voisin d'un point donné parmi un ensemble. Et aujourd'hui, ils percent les secrets de la philosophie zen !

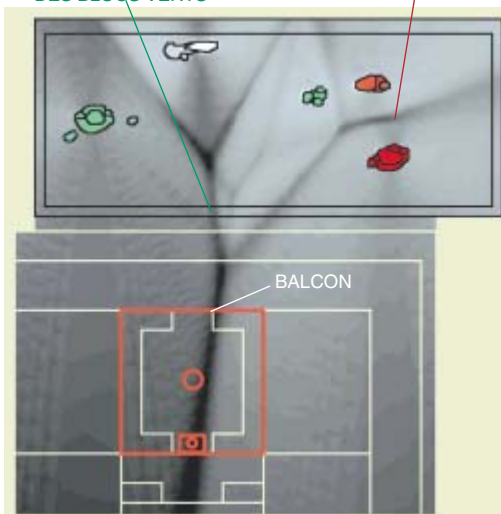
Michael LYONS travaille aux Laboratoires ATR des sciences de l'information, Gert van TONDER, à l'Université de Kyoto.



1. Les axes de symétrie locale d'un espace (en gris) correspondent aux lignes de rencontre de feux allumés en des points donnés et qui se propagent à la même vitesse.

AXE DE SYMÉTRIE
DES BLOCS VERTS

AXE DE SYMÉTRIE
DES BLOCS ROUGES



2. Les axes médians du jardin du monastère Ryoanji (les lignes noires) constituent un arbre dichotomique dont le tronc passe par le balcon, lieu privilégié d'observation. Le gris de chaque point indique le «degré de symétrie» par rapport à des rochers proches ou éloignés.





Les mélanges du froid

JEAN-MICHEL COURTY • ÉDOUARD KIERLIK

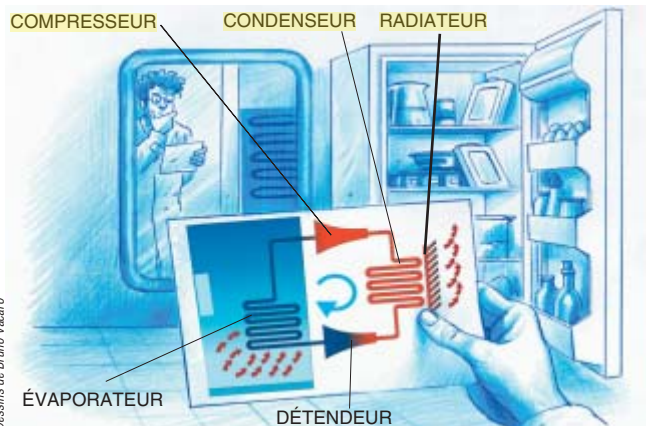
Nos réfrigérateurs fonctionnent bien grâce à des mélanges de bonne composition qui se liquéfient ou se solidifient comme des corps purs.

La transformation d'un solide en liquide (liquéfaction) et d'un liquide en vapeur (vaporisation) absorbe de la chaleur. Cette chaleur «latente» est prise à l'environnement, ce qui le refroidit. Quand on exploite cette propriété pour produire et conserver du froid, les produits changeant d'état doivent être faciles à obtenir, bon marché et inoffensifs ; en outre, les températures des changements d'états doivent être voisines de celles utilisées en réfrigération. Aucun corps pur ne vérifie tous ces critères et les frigoristes obtiennent un meilleur compromis avec des mélanges binaires particuliers : les azéotropes et les eutectiques.

Dans une chaîne frigorifique, un fluide réfrigérant extrait la chaleur d'une enceinte et l'évacue vers l'extérieur. D'abord liquide, le fluide est partiellement vaporisé dans le détendeur, puis parvient dans l'évaporateur, où il achève de changer d'état. Il absorbe ainsi la chaleur de l'enceinte. Comprimé, il est ensuite introduit à haute pression dans le condenseur, où il cède sa chaleur à un radiateur, avant de redevenir liquide. Puis le cycle reprend.

Un réfrigérateur met donc à profit la chaleur latente du fluide réfrigérant : la quantité de chaleur nécessaire pour le vaporiser. Ainsi l'ammoniac (NH_3) bout à -33°C sous une atmosphère. La chaleur latente de vaporisation d'un gramme d'ammoniac est de 1 300 joules, beaucoup plus grande que la «chaleur sensible» échangée lors de variation de température sans modification de l'état physique : il suffit ainsi de 130 joules pour abaisser de près de 60 degrés (de 25°C à -33°C) la température d'un gramme d'ammoniac gazeux.

Un bon fluide réfrigérant doit passer de liquide à vapeur à une pression supérieure à la pression atmosphérique et à une température inférieure à 0°C . Il doit aussi être stable chimiquement, non inflammable, non corrosif... et bon marché. Finalement, il ne doit pas être toxique.



Dans un réfrigérateur, la vaporisation d'un fluide absorbe la chaleur interne. Devenu gazeux, ce fluide est transporté à l'extérieur, où il cède sa chaleur avant de subir une compression et une condensation.

L'ammoniac est un corps pur doté des propriétés physiques appropriées ; toutefois son usage a été progressivement banni de nombreux systèmes, car il est toxique. Un autre corps pur, le dichlorodifluorométhane (CCl_2F_2) serait un liquide réfrigérant idéal, s'il ne faisait partie des «CFC» qui détruisent la couche d'ozone. Après l'interdiction des CFC en 1989, les frigoristes ont recherché une alternative. Comme aucun corps pur ne correspondait à leur «cahier des charges», ils se sont tournés vers les mélanges à deux composants.

DISTILLATEURS À LA RESCOURSSE

L'évaporation d'un mélange binaire est un phénomène plus complexe que celle d'un corps pur, car les deux composants ont des volatilités différentes. Les distillateurs exploitent cette différence pour distiller des «alcools forts». L'éthanol (l'alcool!) est plus volatil que l'eau. Sous la pression atmosphérique, il bout à $78,4^\circ\text{C}$, température nettement inférieure à 100°C . Pour cette raison, la vapeur qui surmonte un mélange alcoolique porté à ébullition, du vin par exemple, est enrichie en alcool.

Les distillateurs, après qu'ils ont récolté et malaxé leurs fruits, laissent fermenter plusieurs semaines le moût obtenu. Le jus qu'il en tire ensuite contient environ cinq pour cent d'éthanol, mais produit une vapeur «à 40 pour cent», c'est-à-dire huit fois plus riche en alcool que le liquide distillé. Cette proportion décroît ensuite à mesure que le jus s'appauvrit en alcool. Dans le même temps, sa température d'ébullition augmente en se rapprochant de celle de l'eau, 100°C . Quand la distillation commence, la température d'ébullition est de 90°C (5 pour cent d'alcool dans le jus). Le distillateur arrête l'ébullition quand la température d'ébullition vaut 95°C , car la proportion d'alcool dans la vapeur produite chute sous 20 pour cent (2,5 pour cent d'alcool dans le jus).



La distillation d'un jus alcoolique produit un nouveau mélange plus concentré en alcool. Le même phénomène se produit dans les circuits de réfrigération quand on y introduit un mélange mal proportionné.