



Grandeur et décadence des arbres

ROLAND LEHOUCQ

Le spectacle des forêts dévastées par la récente tempête interpelle le physicien : comment tant d'arbres ont-ils pu être cassés ou déracinés ?

Plusieurs dizaines de millions d'arbres ont été mis à mal par les vents de tempête qui balayèrent la France les 26 et 27 décembre 1999. Nous allons examiner les mécanismes physiques qui déséquilibrent les arbres, les cassent, voire les arrachent.

Même en l'absence de vent, un arbre ne peut croître indéfiniment, car le tronc doit résister à son propre poids : la pression qui s'exerce sur une section droite du tronc doit rester inférieure à la pression d'écrasement (quelques dizaines de millions de newtons par mètre carré). Ainsi, un arbre vertical dont la densité est de 0,8 (la plupart des bois flottent) pourrait atteindre une hauteur de six kilomètres avant de s'écraser sur son propre poids.

Apparemment aucun arbre de la nature ne reste strictement vertical...

Les arbres se courbent

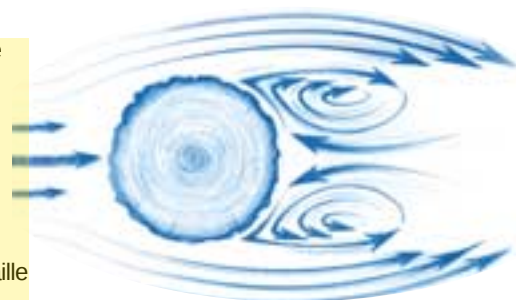
sous l'action du vent et la nécessité de résister aux forces de cisaillement limite la taille des arbres. La limite de rupture pour le cisaillement est identique à la pression d'écrasement, mais les contraintes de cisaillement sont bien supérieures aux forces d'écrasement de sorte que la limitation de taille est plus sévère.

LE VENT, SOURCE DE FORCE AÉRODYNAMIQUE

Tout corps plongé dans un fluide en mouvement subit une force dont une composante, perpendiculaire à la direction de la vitesse du fluide vue par l'obstacle, est la poussée, et l'autre, parallèle à la vitesse du fluide, est la traînée.

La force de poussée maintient les avions en l'air, tandis que la force de traînée, utile aux parachutes, est celle que l'on ressent face au vent. La pression de l'air résulte du choc des molécules d'air contre l'obstacle : chaque molécule qui frappe le tronc est déviée et transmet une partie de sa quantité de mouvement à l'arbre. Les chocs des molécules sur le tronc sont permanents et la somme de leur contribution engendre une pression dont la distribution autour du tronc crée la traînée.

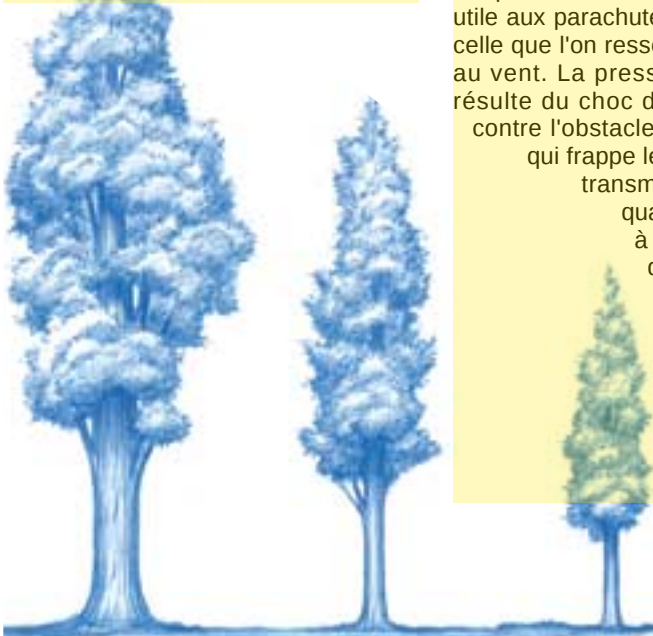
Sur la surface d'un tronc d'arbre face au vent, la vitesse du fluide est quasi nulle, car l'air ne peut pénétrer dans le tronc. Dans un fluide en mou-



Lorsque le vent rencontre un tronc d'arbre, les filets d'air sont déviés. La couche d'air qui est au contact du tronc se décolle et à l'arrière du tronc existe une zone où la pression est inférieure à celle de la partie avant. De cette différence de pression résulte la force de traînée, responsable de l'arrachage.

vement, la pression est d'autant plus faible que la vitesse est grande (une grande vitesse augmente le volume d'une même masse de fluide et donc diminue la pression). Ainsi, la pression régnant sur la surface frontale du tronc est maximale, puisque la vitesse y est minimale. Comme les filets d'air sont déviés par le tronc, il se crée une dépression derrière l'arbre.

De cette asymétrie entre l'amont et l'aval résulte la traînée. Au total, la force de traînée subie par le tronc est le produit d'un coefficient de traînée (nombre sans dimension qui dépend à la fois de la direction du vent et de la forme du tronc), de la densité de l'air, de la section frontale et du carré de la vitesse du vent. En raison de cette variation avec le carré de la vitesse, la force exercée sur des arbres balayés par des vents de près de 200 kilomètres par heure est 16 fois celle exercée par un vent fort, mais assez fréquent, de 50 kilomètres par heure. On comprend aussi pourquoi les arbres dont la prise au vent (surface du tronc et surtout du feuillage) est la plus forte, tels les chênes, subissent une force supérieure. Un grand arbre attire-t-il le vent, comme le prétend un proverbe chinois ?



Le diamètre d'un tronc augmente comme la puissance $3/2$ de la hauteur d'un arbre : les grands arbres ont proportionnellement un tronc plus gros que les petits.