

Ig Nobel, car, bien sûr, aucune entreprise ne va promouvoir les plus mauvais employés ou procéder au hasard !

N'y aurait-il pas une erreur ? A. Pluchino et ses collègues ont vérifié leurs calculs et exploré avec succès toutes sortes de jeux de paramètres de façon à s'assurer de la robustesse de leur modèle. Une étude complémentaire, parue en 2011 et faisant encore varier les paramètres et les structures de la pyramide hiérarchique des organisations simulées, a confirmé les résultats.

À y réfléchir, ces résultats étaient prévisibles, car ils suivent la régression vers la moyenne [qu'assez curieusement les chercheurs italiens ne mentionnent pas]. Si, selon ce qu'ils nomment l'hypothèse de Peter, la compétence après promotion est indépendante de la compétence avant promotion, il est évidemment bénéfique de promouvoir les plus mauvais, qui deviendront meilleurs puisqu'après promotion, ils se rapprocheront de la moyenne.

Le choix des plus mauvais donne à ceux-ci une seconde chance. C'est bon pour eux et c'est bon aussi pour l'efficacité générale. De même, sous l'hypothèse de Peter, promouvoir au hasard est meilleur que promouvoir les meilleurs qui, quand ils sont promus, régressent dans leur ensemble vers la moyenne, faisant reculer l'efficacité globale. Promouvoir les meilleurs dans le cas de l'hypothèse de Peter est la pire chose à faire, il n'y a aucun paradoxe à cela et le principe de Peter est bien vrai.

Le cliquet

Avec les dés que l'on relance jusqu'à ce que tous donnent 1, il n'y a pas de régression vers la moyenne, mais uniquement un effet de cliquet. Comme dans une horloge où le dispositif mécanique du cliquet force les roues à tourner dans un sens et pas dans le sens inverse, dans l'exemple des dés, ne pas relancer les dés tombés sur 1 augmente jusqu'à 1 la proportion des dés donnant 1.

Dans le principe de Peter énoncé sous la forme « tout employé finit pas arriver à son niveau d'incompétence », deux mécanismes jouent : d'une part, la baisse d'ef-

ficacité moyenne d'une personne promue en interne et au mérite qui s'explique par la régression vers la moyenne, d'autre part, l'accumulation des incompetents dans la structure hiérarchique au cours du temps, due au mécanisme de cliquet.

Les organisations qui déterminent les promotions uniquement au mérite, cas des très grandes administrations, sont victimes de la régression vers la moyenne qui tend à produire de l'incompétence. Les organisations mieux dirigées, tout en n'oubliant pas l'intérêt stimulant de la promotion au mérite, contrôlent qu'on ne demande pas au promu de faire ce qu'il ne sait pas faire.

La seconde leçon est qu'il faut contrer le mécanisme de cliquet, ce qui est facile, par exemple en changeant rapidement les fonctions des incompetents ou en s'en débarrassant...

Le hasard social

L'affirmation que le hasard peut être utile pour prendre des décisions collectives s'applique aussi à la vie politique et à la justice et a été pratiquée depuis l'Antiquité. Le *Kleroterion*, dispositif utilisé dans la période de démocratie de la Grèce antique pour choisir des juges et fixer certaines responsabilités politiques, procédait avec des lancers de billes.

Aujourd'hui, dans de nombreux pays, les jurés des grands procès sont choisis au hasard, et il n'est pas absurde de soutenir qu'il faut faire jouer au hasard un rôle plus grand dans le choix des responsables de l'exécutif politique. Cela éviterait que le pouvoir ne soit accaparé par une classe politicienne inamovible de gens représentant assez mal l'intérêt collectif et d'accord entre eux pour éviter les réformes opposées à leurs intérêts. Après la Grèce antique et la République de Venise, où une sorte de loto déterminait les membres du Sénat, un exemple contemporain de l'introduction délibérée de hasard dans les mécanismes de choix politique s'est produit en Ontario, au Canada, où, en 2007, l'Assemblée des citoyens a été constituée par tirage au sort et chargée de réfléchir à une réforme électorale...

BIBLIOGRAPHIE

Ph. Boulanger, **Il n'y a pas moyen de moyenniser**, *Dossier Pour la Science*, n° 59, 2008.

A. Pluchino *et al.*, **Efficient promotion strategies in hierarchical organizations**, 2011 : <http://arxiv.org/pdf/1102.2837>

A. Pluchino *et al.*, **The Peter Principle revisited: A computational study**, *Physica A*, vol. 389, pp. 467-472, 2010.

P. Sobkowicz, **Dilbert-Peter model of organization effectiveness: computer simulations**, *J. of Artificial Societies and Social Simulation*, vol. 13(4), 4, 2010.

M. Sabatier, **Promotion and productivity in French academia: A test of the Peter Principle**, Université de Savoie, Institut de recherche et gestion en économie, 2009 (www.irege.univ-savoie.fr/admin/files/publi_contenu/131122907_peter-principle.pdf).

D. Dickinson et M. Villeval, **The Peter principle: an experiment**, Groupe d'analyse et de théorie économique, UMR CNRS 5824, 2007 (<http://hal.inria.fr/docs/00/20/12/25/PDF/0728.pdf>).

E. Lazear, **The Peter principle: A theory of decline**, *Journal of Political Economy*, vol. 112(1), pp. 141-163, 2001.

L. Peter et R. Hull, **The Peter Principle: Why Things Always Go Wrong**, William Morrow & Company, 1969.

ART & SCIENCE

Pollock et la dynamique des fluides

Jackson Pollock faisait couler de la peinture à partir de bâtons qu'il trempait dans des pots. Il devenait donc tributaire des lois de la dynamique des fluides, notamment celles qui expliquent le comportement de liquides soumis à la gravité.

Loïc MANGIN

Les artistes sont parfois confrontés aux phénomènes naturels, régis par les lois de la physique. On distingue alors plusieurs types de relations. Prenons l'exemple des écoulements. Léonard de Vinci, à travers diverses études, a essayé de comprendre les turbulences. Beaucoup de peintres ont représenté des vagues, le ruissellement d'un torrent... mais rares sont ceux qui ont réussi à les rendre de façon réaliste. Ces événements relevant de la dynamique des fluides sont particulièrement rétifs au pinceau.

Les liens entre cette discipline de la physique et l'art ne se cantonnent pas à cette difficulté de représentation et prennent parfois des chemins inattendus. Ainsi, les outils de l'analyse des mouvements des fluides se révèlent pertinents pour explorer les œuvres de certains artistes. C'est à cet exercice que se sont livrés Andrzej Herczyński et Claude Cernushi, du *Boston College*, aux États-Unis, avec L. Mahadevan, de l'Université Harvard, à Cambridge. Ils se sont penchés sur les peintures de l'Américain Jackson Pollock (1912-1956).

Dans les années 1940, l'artiste investit une vieille, mais immense grange, à Long Island, où il sera à même de se lancer dans les très grands formats. Pour ce faire, les toiles, de plusieurs mètres carrés de surface, sont posées sur le sol. Pollock abandonne également les pinceaux et développe une nouvelle technique : il plonge un bâton

dans un pot de peinture et, après l'en avoir retiré rapidement, il laisse la peinture couler sur la toile en même temps qu'il déplace le bâton. Les toiles étaient donc recouvertes d'un entrelacs de coulures de peinture, des lignes continues, sinueuses et ondulées, *Convergence* en étant une illustration (voir la figure a).

Le peintre bouleversa ainsi les canons esthétiques de l'art d'une façon particulièrement intrigante pour les physiciens, puis-

Pollock bouleversa les règles de l'art, mais il ne pouvait s'affranchir des lois de la physique.

qu'il partageait la responsabilité de l'œuvre avec les phénomènes naturels de la dynamique des fluides, coauteurs involontaires... A. Herczyński et ses collègues ont voulu savoir quelle part revenait au peintre en analysant la technique de Pollock sur des œuvres effectuées entre 1940 et 1950.

Commençons par le procédé de collecte et de dispersion de la peinture. Quelle quantité de peinture retire-t-on avec le bâton ? Pour un bâton cylindrique de rayon r_0 , elle est proportionnelle à l'épaisseur h de peinture qui y adhère (voir la figure b). Ce

paramètre dépend de plusieurs facteurs, notamment de la densité ρ , de la viscosité μ et de la vitesse u_0 avec laquelle le bâton est tiré du pot. On calcule que h vaut approximativement $\sqrt{\nu u_0 / g}$, ν étant la viscosité dite cinématique de la peinture (μ/ρ) et g , l'accélération de la pesanteur. Dans le cas le plus simple, quand le bâton est retiré verticalement, le volume V de peinture extrait est de l'ordre de $r_0 L h$, L étant la longueur du bâton enduite.

Une fois le bâton hors du pot, un jet se forme sous l'effet de la gravité dont le débit Q s'exprime ainsi : $r_0 u_0^{3/2} \sqrt{\nu/g}$. On en déduit que plus on extirpe vite le bâton, plus le film de peinture est épais et plus le débit Q est rapide. En outre, la dépendance de Q vis-à-vis de la viscosité cinématique indique qu'une augmentation de la viscosité améliore le débit, car la quantité de liquide est alors supérieure. Pollock, en tâtonnant, a sans doute perçu ce lien. De fait, on sait qu'il ajustait la viscosité grâce à de l'eau et à des solvants et qu'il testait ses mélanges. Une fois le jet entamé, il pouvait le contrôler en agitant le bâton latéralement, ou de haut en bas, de quelques centimètres à un mètre au-dessus de la toile. Plusieurs photos et films le montrent ajustant le flux de peinture.

On observe dans plusieurs œuvres de Pollock des motifs oscillants (voir l'agrandissement, figure c). Ces traces résultent d'une instabilité du jet qui se traduit par un enroulement du filet de peinture (similaire à l'in-

stabilité du tuyau d'arrosage], ce mouvement étant superposé à un déplacement du bâton. Dans ces conditions, la forme de la trace dépend d'un paramètre (sans dimension) dit nombre de Strouhal (noté St), lié à la vitesse angulaire de l'enroulement.

Quand St est égal à 0, la trace est circulaire, il n'y a pas de mouvement latéral. Quand St augmente, la trace ressemble à une série de boucles qui se chevauchent jusqu'à ce que St soit égal à 1, la trace étant

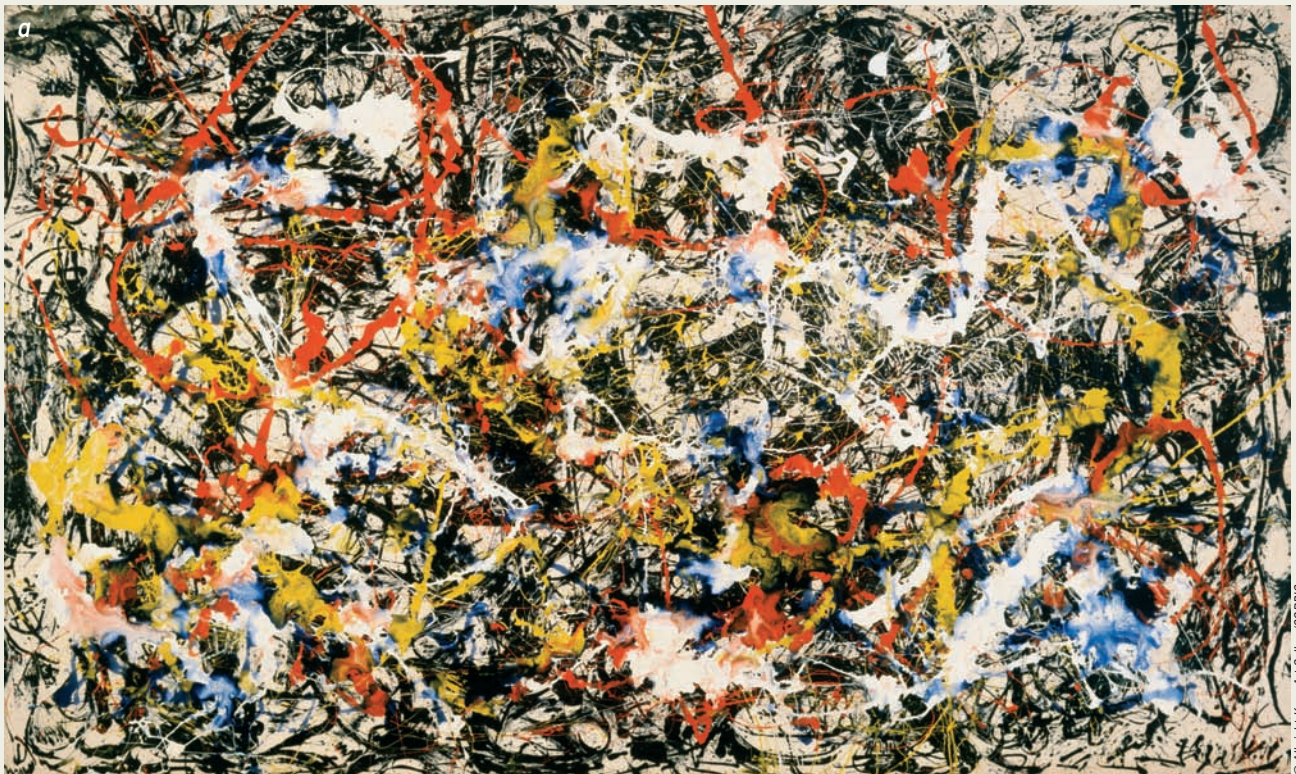
alors une courbe ponctuée de pointes. Cette courbe devient ensuite une sinusoïde, voire une droite quand la vitesse de déplacement du bâton est élevée. Ces divers types de motifs (boucles, pointes et sinusoïdes) sont visibles. En les observant, on peut en déduire les variations de vitesse du bras de Pollock. Notamment, il freinait quand il tournait, pour repartir dans l'autre sens.

En rompant avec les techniques classiques, Pollock bouleversa les règles de

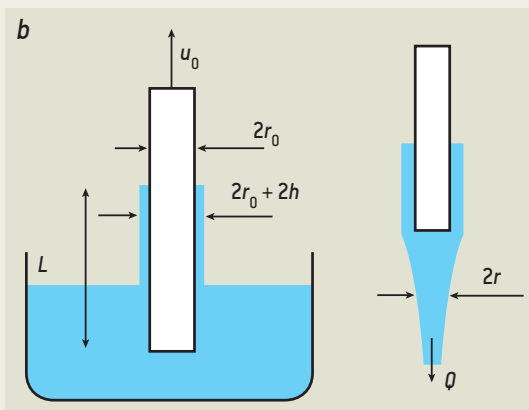
l'art, mais il ne pouvait s'affranchir des lois de la physique. Néanmoins, l'analyse de sa technique montre qu'il maîtrisait, de façon intuitive, celles qui gouvernent la chute des liquides sous l'effet de la gravité.

A. Herczyński, Cl. Cernuschi et L. Mahadevan, *Painting with drops, jets, and sheets*, *Physics Today*, pp. 31-36, 2011.

R. Taylor, *Attraction fractale*, *Pour la Science*, n° 305, pp. 104-105, mars 2003.



© Albright-Knox Art Gallery/CDRBS



IDÉES DE PHYSIQUE

Des cerfs-volants dans le vent

Pourquoi est-ce un jeu d'enfant de faire voler un cerf-volant ?

Parce que cet objet éolien se stabilise sans contrôle actif de la part du pilote.

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

Maintenir en vol un avion à moteur ou un planeur nécessite un long apprentissage, afin de maîtriser les commandes et d'assurer la stabilité de l'engin. En revanche, une fois en l'air, un cerf-volant peut y rester sans aucun contrôle ou presque. Cette simplicité du pilotage fait l'intérêt du cerf-volant qui, loin de se limiter aux jeux de plage, va jusqu'à des projets de récupération de l'énergie éolienne.

Il ne tient qu'à un fil...

Soulever un homme à des fins d'observation, notamment militaire, comme les Chinois l'ont fait pendant la période impériale, maintenir en l'air une antenne radio, remplacer les voiles d'une planche à voile et faire du kitesurf, etc. : le cerf-volant a servi à des applications variées. La clef de son succès ? Même le modèle le plus simple, tenu par une seule cordelette, la ligne, semble adapter sa position pour res-

ter en sustentation malgré les variations du vent. Comment expliquer ce comportement ?

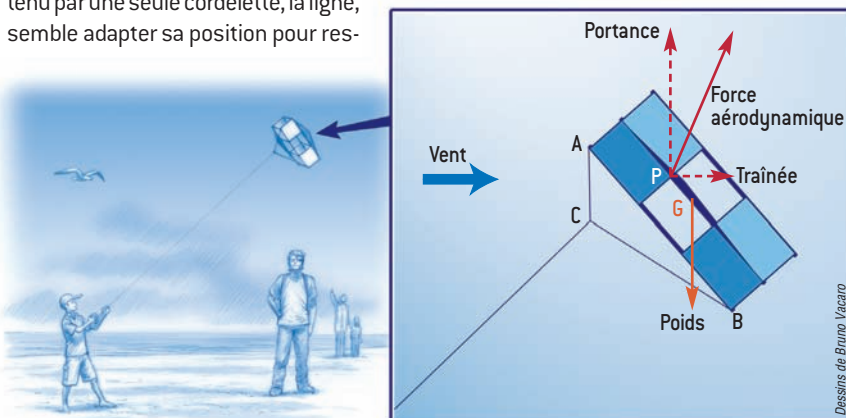
Commençons par faire le bilan des forces (voir la figure 1) : outre le poids, vertical, qui s'exerce au centre de masse, s'ajoutent la tension de la ligne et la force aérodynamique due au vent apparent. On peut décomposer la force aérodynamique en deux : la portance, perpendiculaire à la direction du vent, et la traînée, de même sens que le vent.

La difficulté de l'analyse tient à deux faits. D'une part, la force aérodynamique et son point d'application, le centre de poussée, dépendent crucialement de l'angle d'attaque – l'inclinaison du cerf-volant par rapport au vent. D'autre part, le cerf-volant est fixé à la ligne en un point d'attache C par une bride courant de son extrémité avant A à l'extrémité arrière B. Par conséquent, il est susceptible de pivoter autour du point C, donc de modifier son angle d'attaque si la bride est tendue.

Comment le cerf-volant trouve-t-il son équilibre ? Supposons pour simplifier qu'il soit face au vent, sans inclinaison latérale (son axe transversal est horizontal). Il faut d'abord s'assurer que le cerf-volant « prenne le vent » : laissé à lui-même sans être tenu, son angle d'attaque doit spontanément augmenter. Sinon, il piquera du nez et s'écrasera au sol. Cela implique que le centre de poussée du vent soit toujours à l'avant du centre de masse du cerf-volant sur l'axe AB ; ainsi, lorsque la portance dépasse le poids, condition nécessaire au décollage, l'objet s'incline bien vers le haut. C'est pour cette raison que, en sus du réglage de la position de l'attache C de la bride sur la ligne, on ajoute parfois une queue qui déplace le centre de masse du cerf-volant vers l'arrière.

Si le cerf-volant prend bien le vent, la bride est toujours tendue. Pour analyser l'angle d'attaque, plaçons-nous au point C : par rapport à ce point, les seuls couples qui s'exercent sont ceux du poids et de la force aérodynamique. Si le cerf-volant est à l'équilibre, ces couples sont égaux et, dans un fonctionnement normal, il y a stabilité : grossièrement (en toute rigueur, il faudrait aussi tenir compte des modifications des bras de levier et du déplacement du centre de poussée), lorsque l'angle d'attaque diminue, la portance diminue plus que la traînée et le couple résultant ramène le cerf-volant vers son inclinaison initiale.

Un cerf-volant peut tourner sur lui-même selon d'autres directions et la stabilité selon ces dernières doit aussi être assurée. Pour les mouvements de lacet (déviations dans le plan horizontal), il suffit que le point de poussée soit en arrière du point d'at-



1. LE VENT EXERCE SUR LE CERF-VOLANT une force aérodynamique qui prend appui en un point P situé à l'avant du centre de masse G. Ainsi, lorsque la portance est supérieure au poids, l'angle d'attaque du cerf-volant tend à augmenter : il peut décoller sans décrocher et piquer du nez.