



Poète, prends ton lut

HERVÉ THIS

Le lutage des cocottes ne prévient l'évaporation et la «perte des arômes» que si la température du liquide est proche de celle de l'ébullition.

Poulettes pattes noires en cocotte lutée... Les poulettes sont préparées, mises en cocotte avec une garniture aromatique ; puis, le couvercle posé sur la cocotte est «hermétiquement» soudé à celle-ci par un cordon de pâte, faite de farine et d'eau. Les cuisiniers imaginent que les «arômes» sont recyclés dans l'espace clos de la cocotte, de sorte qu'ils viennent imprégner les chairs. Puis, lors du service, quand le maître d'hôtel casse le cordon de pâte durci, les convives sont inondés d'un flot d'odeurs. Il y a du spectacle, dans l'usage du lut, mais les molécules odorantes sont-elles véritablement piégées ? Réservons la question de l'imprégnation des chairs pour une autre fois et déterminons, ce mois-ci, si le lutage retient effectivement les molécules odorantes.

«La sagesse, dit le philosophe Alain, remet en question des choses connues et reçues, et doute par principe en vue de s'assurer mieux.» Foin du rêve du cuisinier ou du gourmand, doutons de l'efficacité du lut, et expérimentons.

Le test le plus simple consiste à comparer deux cocottes identiques, lutées ou non. Au laboratoire, nous remplacerons les cocottes par des béchers en verre gradués, et les couvercles par des verres de montre ou par des soucoupes de tasse à café. Sur l'un des béchers, posons seulement le «couvercle» ; sur l'autre, lutons, c'est-à-dire soudons le couvercle au bécher par un lourd cordon de pâte, faite de farine travaillée avec de l'eau. Dans la même lancée, comparons ces deux béchers à un troisième bécher laissé ouvert. Dans les trois béchers, plaçons un même volume d'eau (voir la photographie ci-contre). Puis introduisons les trois béchers dans un four à la température de 180 °C, par exemple (une température habituelle pour la cuisson des poules et poulets).

Suivons alors les variations du niveau de l'eau dans les béchers au cours du temps. On voit que l'eau s'évapore plus vite dans le bécher non couvert... mais aucune différence n'apparaît entre les béchers avec couvercle posé, et avec couvercle luté. Le lut serait-il une beauté culinaire inutile ? Les cuisiniers confrontés aux résultats de cette expérience qui met leur savoir en question argumentent, critiquent l'expérience, reprochent aux béchers de ne pas être des cocottes... mais seuls les plus au fait des arcanes techniques font valoir que l'expérience réalisée ne vaut rien, parce que les conditions d'usage du lut n'ont pas été respectées : les livres de cuisine ne le disent pas, mais la transmission orale l'affirme, le lut n'est utile que pour les cuissons longues, à température modérée.

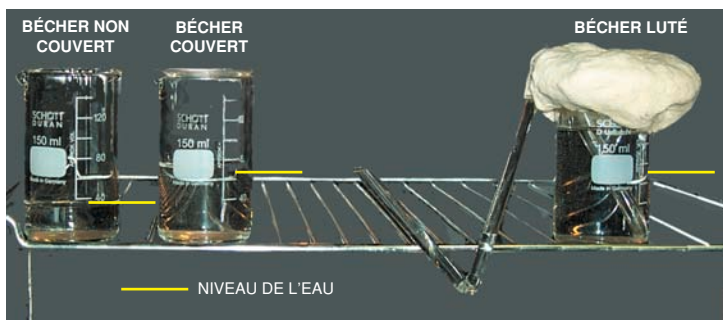
Modérée de combien ? Donnons à la cuisine le bénéfice du doute, et reprenons l'expérience en plaçant les trois mêmes béchers à la température de 110 °C. Cette fois, l'eau s'évapore différemment dans le bécher simplement couvert et dans le bécher

couvert et luté : ce dernier retient toute son eau, même après quatre heures de cuisson. La tradition culinaire est dans le vrai : si le lut retient la vapeur d'eau, il retient aussi les molécules odorantes que cette vapeur aurait entraînées.

Comment corroborer ces résultats ? Si l'eau est retenue dans le bécher luté, alors qu'elle s'évapore, l'intérieur du bécher couvert et luté doit être sous pression. Mesurons la pression en modifiant un peu le système : n'importe quel chimiste amateur peut utiliser une petite lampe à alcool pour couder un tube de verre en Z : couché, ce tube est plongé dans l'eau d'un bécher, et le tube en U qui dépasse du bécher est alors rempli d'un liquide (qui ne s'évapore pas : de l'huile, par exemple). Le couvercle est posé sur le bécher garni de son tube, puis luté. L'ensemble est placé dans un four réglé à la température de 110 °C. Le liquide dans le tube en U est alors poussé par la vapeur formée : ainsi mesure-t-on la pression dans le bécher luté et voit-on que la pression augmente progressivement, à mesure que la cuisson s'opère.

La science n'est pas accumulation de mesures, mais exploration des mécanismes. Comment le lut confine-t-il la vapeur d'eau ? Il existe plusieurs sortes de lut, mais les plus couramment prescrits sont les plus rudimentaires : ils sont faits de farine et d'eau. Le travail de la pâte provoque la formation

d'un réseau de protéines, le gluten, qui piège les grains d'amidon ; ainsi la pâte devient-elle «viscoélastique», c'est-à-dire un peu visqueuse (elle coule difficilement) et un peu élastique (en raison du réseau de gluten). Chauffée, cette pâte sèche en surface, tandis que l'amidon absorbe



l'eau et s'empêse ; les grains d'amidon se soudent.

Quand la pâte sèche rapidement, comme dans la cuisson à la température de 180 °C, elle se contracte en surface (elle sèche), tandis que son cœur est encore humide. Des fissures apparaissent dans la croûte par où la vapeur d'eau formée dans le bécher s'échappe. En revanche, quand on chauffe doucement, le séchage est plus homogène, et l'ensemble du cordon de pâte se contracte, sans se fissurer. La vapeur est retenue.

La conclusion culinaire ? Le lut est un bon moyen de retenir la vapeur et les molécules odorantes des mets, mais les livres de cuisine seraient avisés de n'en recommander l'usage qu'aux températures peu supérieures à celles de l'ébullition de l'eau, car la pression augmente vite avec la température interne T , comme la puissance quatrième du quotient $T/100$.

Rendez-vous de France Info et de Pour la Science, le 26 mars, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.



La forme des villes...

IVAR EKELAND

... résulte de l'économie. La transdisciplinarité, tant prônée, est efficace pour autant que les mathématiques s'appliquent à un bon modèle.

Chacun sait que dans les villes, il y a des quartiers d'affaires, des quartiers résidentiels, et des zones mixtes, où entreprises et habitations sont imbriquées. Dans les travaux d'économie urbaine, cette répartition était considérée comme une donnée, mais Robert Lucas, professeur à Chicago et prix Nobel d'économie, s'est demandé si cette structure était une conséquence logique du comportement des habitants.

Tout l'art du scientifique consiste à expliquer des structures compliquées par un petit nombre d'hypothèses simples et générales. R. Lucas, en grand scientifique, arrivera à son but avec un arsenal extrêmement réduit d'hypothèses élémentaires. Il propose un modèle comportant trois types d'acteurs : les habitants de la ville, les industriels et les propriétaires des terrains, chacun se comportant comme l'indique la théorie économique classique. Les propriétaires des terrains le louent au plus offrant, les industriels cherchent à maximiser leur profit, déduction faite des salaires et du loyer qu'ils doivent verser, les habitants consacrent leur revenu (c'est-à-dire leur salaire) à se loger et à consommer.

Il n'y a là rien qui incite au regroupement géographique. Au contraire, les habitants et les industriels ont intérêt à s'étaler le plus possible, de manière à réduire la densité d'occupation des sols et à bénéficier de loyers plus favorables. Les forces économiques sont centrifuges et on ne voit guère comment naîtrait une agglomération : l'habitat dispersé est la meilleure solution.

Pour expliquer la genèse des villes, il va donc falloir trouver des forces centripètes qui équilibrent les précédentes : elles résultent de deux hypothèses naturelles. La première est que, si deux travailleurs sont ensemble, chacun d'eux travaillera mieux que s'il était seul – le travail fourni sera plus que deux fois celui que chacun d'eux fournirait isolément : c'est ce qu'on appelle une externalité. La deuxième est que si un habitant vit à un endroit et travaille dans un autre, il subit des coûts de transport de nature diverse, le prix du trajet certes, mais aussi la fatigue ou le temps perdu, ces coûts étant d'autant plus importants que la distance est plus grande.

Ces forces économiques sont centripètes. Pour profiter au maximum de l'externalité, les industriels auraient intérêt à se regrouper dans un seul gratte-ciel, qui abriterait toutes les entreprises. Pour réduire les coûts de transport, les travailleurs auraient intérêt à loger près de leur lieu de travail, – dans ce même gratte-ciel – qui servira donc à la fois d'usine et de dortoir.

Nous voilà apparemment passés d'un extrême à l'autre : sans externalité de production ni de coûts de transport, il n'y pas de ville, avec eux, la ville s'écrase en un point. Tout doux, messieurs les urbanistes : le prix du terrain est là, qui empêche cet écrasement. Si tout le monde veut habiter et travailler au même endroit, la concurrence sera telle pour ce lopin de terre que son propriétaire le louera à un prix astronomique, les terrains immédiatement voisins ne vaudront rien. Mais dans ce cas, chacun individuellement, habitant ou industriel, a intérêt à quitter le gratte-ciel pour s'installer un peu plus loin. L'un devra marcher 50 mètres tous les jours pour aller à son travail, l'autre tirera de ses

ouvriers un rendement moindre, mais tous deux gagneront énormément sur le loyer, si bien que l'opération sera bénéficiaire.

Aussi la configuration d'équilibre, où personne n'a intérêt à déménager se situe entre l'étalement total et l'écrasement complet. Dans un article extrêmement intéressant, R. Lucas et son élève Esteban Rossi-Hansberg ont montré que, si l'on suppose que la ville est circulaire, ainsi que tous ses quartiers, si bien que la structure interne est une succession d'anneaux concentriques, alors une (ou plusieurs, on ne sait pas) configuration d'équilibre existe (ou existent). Selon les cas, on peut avoir un unique quartier d'affaires autour du centre, entouré par un quartier résidentiel, ou des configurations plus compliquées, faisant alterner quartiers d'affaires, résidentiels ou mixtes.

DANGEREUX TRANSPORTS... EN COMMUN!

Cependant, toutes les villes ne sont pas circulaires, à commencer par Chicago qui est construite au bord du lac Michigan. L'année dernière à Chicago, Guillaume Carlier et moi-même avons passé du temps avec R. Lucas et E. Rossi-Hansberg pour éliminer cette hypothèse. Sans succès. Depuis, nous avons continué à réfléchir, et il nous est apparu que la structure purement mathématique de leur modèle n'était pas satisfaisante : elle était propre au cas considéré, et ne se prêtait pas à des généralisations pourtant naturelles. En continuant à réfléchir, nous avons localisé une faiblesse du modèle de Lucas-Rossi-Hansberg : chaque individu fournit huit heures de travail par jour, mais l'horloge pointeuse se déclenche à partir du moment où il part de chez lui et s'il passe deux heures en transport, il n'effectue que six heures de travail pour son employeur (mais celui-ci le paye pour huit).

Nous avons donc changé cette hypothèse. Dans le nouveau modèle, les coûts de transport sont monétaires : le revenu disponible de chacun est égal au salaire que lui paye son employeur diminué des coûts de transport. En revanche, chacun doit fournir huit heures de travail effectif. Cette modification apparemment mineure change complètement la structure mathématique du problème. En effet, on peut alors se raccrocher à une théorie mathématique qui connaît un grand essor à l'heure actuelle (mais que ni Robert ni Esteban, économistes l'un et l'autre, n'avaient aucune raison de connaître), la théorie du transport optimal. On arrive alors à résoudre tous les problèmes en suspens, notamment à montrer l'existence de configurations d'équilibre pour des villes de forme quelconque, et à traiter des questions nouvelles, comme l'influence du réseau de transport sur la structure interne des villes.

Voilà donc un exemple où une plus grande sophistication mathématique a permis de faire progresser la compréhension économique. L'intuition économique fondamentale reste celle de R. Lucas, mais seule la théorie mathématique du transport optimal permet de lui conférer toute sa dimension. Nous pensons appliquer la méthode à d'autres problèmes de structure, provenant par exemple du commerce international.



Tranches de vie

JEAN-LOUIS HARTENBERGER

L'éprouvette ou la ruche?

Par une habile manipulation génétique, les chercheurs de l'INSERM ont réussi à créer des souris mutantes dont la durée de vie est en moyenne un tiers plus longue que la normale, près de 900 jours. On crierait au miracle si l'évolution n'avait fait mieux : c'est le plus naturellement du monde que les rats-taupes d'Afrique du Sud battent largement ce record de longévité : ces petits rongeurs vivent plus de 20 ans. Une équipe américaine étudie pourquoi.

Restons modestes : la longévité chez les mammifères est un problème de taille. Les plus petits ne survivent guère plus d'une ou deux années, l'éléphant, si Nemrod l'ignore, passera aisément le siècle, tout comme *Homo sapiens* dont la survie maximale est de l'ordre de 120 ans. D'où le souhait de trouver les causes de la sénescence, ce processus physiologique de dégradation de nos cellules, et bien sûr d'y remédier. Tel est l'objectif des deux équipes : elles envisagent qu'à terme, les expériences et observations qu'elles réalisent l'une sur les souris, l'autre sur les rats-taupes, pourraient servir à prolonger notre séjour sur terre.

Est-il avantageux pour notre espèce d'accroître la durée de vie d'individus largement au-delà de l'andropause ou de la ménopause? Mais écartons la discussion «sociétale», et imaginons que les deux projets viennent sur la table de la même instance en quête de financement. Quel choix adopter? Quelle stratégie privilégier? L'approche des généticiens qui fait appel à des techniques de laboratoire lourdes, ou celle des zoologistes qui semble plus naturaliste?

Les premiers se targueront de leurs avancées récentes : les cartes du génome humain et celui de la souris ont été dressées, et s'ils ont identifié les gènes du vieillissement de la souris, il leur sera facile de trouver ses homologues chez l'homme. Il n'empêche que cela signifie aussi qu'ils envisagent de transposer un jour ou l'autre des murins aux bipèdes pensant leurs expériences.

Dans l'autre cas de figure, les rats-taupes sont déjà des curiosités, mais pour d'autres raisons. La peau nue et ridée, ils ont l'aspect de saucisses à pattes d'où dépassent deux énormes incisives à la couleur jaunâtre. Au fond de leur terrier, dans les paysages désertiques qu'ils habitent, leurs colonies creusent des galeries kilométriques, avec pour seul but de mettre les dents

sur une racine juteuse et savoureuse. Une matrone règne sur la colonie, et en est l'unique génitrice. Sa vie durant, elle met au monde des centaines de petits, servie par quelques mâles, et alors qu'une ribambelle d'individus asexués s'activent pour creuser, nourrir, prendre soin des jeunes, prévenir de l'arrivée inopportune d'un serpent affamé. Aussi on peut se demander si leur longévité exceptionnelle n'est pas la rançon de cette hygiène de vie monacale et codifiée. On s'interrogera : voulons-nous vivre ainsi?

Pour vaincre les siècles, nous avons le choix : l'éprouvette ou la ruche. Mais avant cela de très longues études, dans le cadre de programmes séculaires.

L'ennui naît-il de l'université?

S'il est un processus où l'originalité est bannie, c'est bien la défense de la thèse de docteur. Alors, que dans son principe...

Avec un bel ensemble, vers le mois de décembre, des centaines de postulants déposent leurs mémoires, composent leurs jurys, préparent leurs prestations orales. Ce comportement collectif est-il copié de celui des gnous? Les spécialistes nous disent dans leur langage aride que pour minimiser la pression de prédation des hyènes, toutes les femelles d'un troupeau, jusqu'à plusieurs dizaines de milliers, doivent mettre bas de concert. Les thésards craindraient-ils d'être dévorés par des jurys qui n'ont guère en commun avec les carnivores précités que la faculté de ricanement s'ils viennent à tomber en panne de glose? Que nenni. Mais le calendrier universitaire a gelé le temps de la nouvelle thèse à trois ans, et cet encadrement implique qu'au-delà du délai, on risque la forclusion.

Des règles assez strictes ont été érigées afin que le scientifiquement correct préside aux cérémonies de remise du grade universitaire le plus élevé. Dans la plupart des universités, des pré-rapporteurs de thèses doivent être choisis chez des «extérieurs à l'école doctorale». Pari difficile à tenir : spécialisation aidant, les disciplines, en même temps qu'elles se sont multipliées, ont vu fondre leurs effectifs. Pour pallier cette balkanisation de la science et de son enseignement, les directives ministérielles ont imposé le regroupement à l'échelle des universités des différentes filières disciplinaires en écoles doctorales. Bien évidemment, il y a eu sélection des plus compétents pour for-

mer ces corps d'élite. Et maintenant ce seraient donc les «extérieurs à l'école» qui, par la force des choses et de la réglementation, auraient à décider si les mémoires de thèse méritent d'être soutenus! Il y a heureusement un réservoir inépuisable de compétences : les autres pays d'Europe ou plus lointains. Et nos collègues étrangers sont tout heureux de venir faire un petit tour en France pour siéger le temps d'une demi-journée dans un jury et devant un public acquis d'avance.

Lors de la prestation finale, dont l'issue est prévisible, l'assistance est plongée dans le noir et voit défiler tableaux de données, courbes afférentes et images de synthèse sur un rythme soutenu par le pointeau lumineux brandi par un orateur qui connaît bien son texte. Parfois aussi certaines réponses aux questions de certains membres du jury!

Venons-en aux mentions. Pas d'originalité non plus. Pourtant les textes officiels donnent le choix de trois mentions pour qualifier un travail de thèse : honorable, très honorable, très honorable et félicitations. Mais les lauriers de la troisième étaient devenus si communs qu'il a été décidé de les couper, et l'on ne félicite plus les candidats qu'oralement. Autrement dit, un excellent travail de thèse, cela se rencontre, n'est plus distingué d'un franchement médiocre que par un petit superlatif. C'est peu, d'autant que son omission est rarissime.

À regarder de près les titres des mémoires, passé et traduit les néologismes amphigouriques qu'ils recèlent, on s'aperçoit souvent que les sujets sont très conventionnels. Comment pourrait-il en être autrement dans un système qui gère la recherche par contrat et a multiplié les contrôles. Ainsi tout sujet de thèse doit successivement recevoir l'aval de l'unité de recherche et du labo où il sera réalisé, de la filière doctorale, de l'école doctorale, des commissions d'attribution des bourses nationales et locales. Le tout dans un climat où l'insuffisance du nombre de bourses favorise les querelles entre disciplines et sous-disciplines, entre universités et laboratoires non universitaires qui accueillent des doctorants. Ne faudrait-il pas décider de primer l'originalité? Je suis candidat pour siéger dans la commission idoine.

Jean-Louis HARTENBERGER, paléontologue, est directeur de recherche au CNRS.

