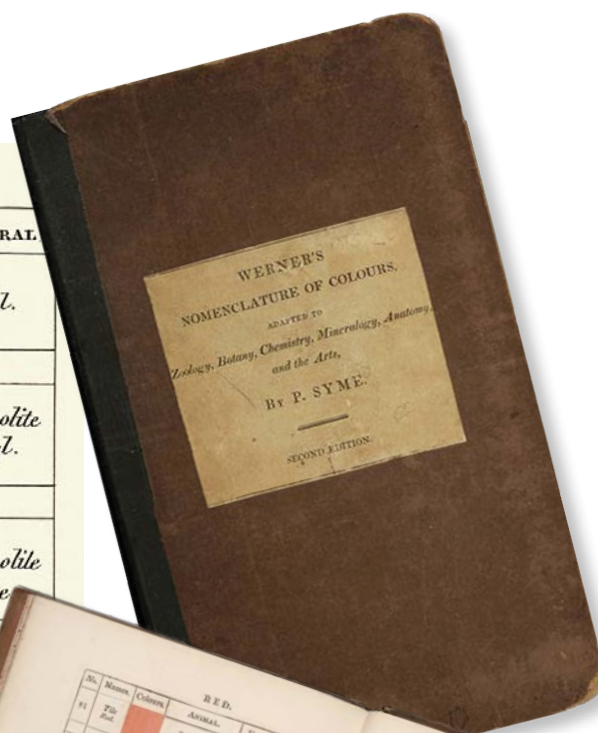


GREENS.

N°	Names	Colours	ANIMAL	VEGETABLE	MINERAL
46	<i>Celandine Green.</i>		<i>Phalena. Margaritaria.</i>	<i>Back of Tus-silage Leaves.</i>	<i>Beryl.</i>
47	<i>Mountain Green.</i>		<i>Phalena Viridaria.</i>	<i>Thick leaved Cudweed, Silver leaved Almond.</i>	<i>Actynolite Beryl.</i>
48	<i>Leek Green.</i>			<i>Sea Kale. Leaves of Leeks in Winter.</i>	<i>Actynolite Prase.</i>
49	<i>Blackish Green.</i>		<i>Elytra of Meloe Violaceus.</i>	<i>Dark Streaks on Leaves of Cayenne Pepper.</i>	<i>Serp.</i>
50	<i>Verdigris Green.</i>		<i>Tail of small Long-tailed Green Parrot.</i>		
51	<i>Bluish Green.</i>		<i>Egg of Thrush.</i>	<i>Under Disk Wild Rose L.</i>	
52	<i>Apple Green.</i>		<i>Under Side of Wings of Green Broom Moth.</i>		
53	<i>Emerald Green.</i>		<i>Beauty Spot on Wing of Teal Drake.</i>		<i>Emerald.</i>



Fasciné par l'ouvrage, Patrick Syme entreprit de le traduire et même de l'enrichir à partir de ses propres connaissances. Peintre et botaniste auprès de plusieurs sociétés savantes d'Édimbourg, il a élargi le système, cantonné aux minéraux dans sa version originale, aux organismes vivants, animaux et végétaux.

Il en résulte un ouvrage répertoriant plus d'une centaine de couleurs. Chacune y est d'abord nommée, puis montrée sur un petit carré peint et enfin documentée: les animaux, les végétaux et les minéraux arborant cette couleur sont listés. Par exemple, le bleu de Prusse (Pantone 5395) se retrouve sur le miroir des colverts (la zone bleu-violet des ailes), sur les étamines des anémones bleu-pourpre et dans l'azurite (un carbonate de cuivre).

En la personne du plus célèbre des naturalistes, *La Nomenclature des couleurs de Werner*, de Patrick Syme, a eu la meilleure publicité que l'on puisse imaginer. Mais elle n'était qu'un exemple parmi les nombreuses taxonomies des couleurs proposées en Europe au XIX^e siècle pour quiconque souhaitait décrire la nature.

D'ailleurs, la classification des couleurs proposée par la société Pantone plonge ses racines dans l'un de ces ouvrages qui fleurissaient à cette époque, en l'occurrence, la *Nomenclature of Colors for Naturalists and Compendium of Useful Information for Ornithologists*, une nomenclature des couleurs élaborée en 1886 par l'Américain Robert Ridgway pour les ornithologues.

Aujourd'hui, vous pouvez emboîter le pas de Darwin et utiliser *La Nomenclature des couleurs de Werner* lors de vos promenades dans la nature, car la Smithsonian Institution a eu la bonne idée d'en publier un fac-similé. Vous pourrez alors traquer le vert asperge, le rouge sang artériel, le gris français, le noir de velours, le blanc lait écrémé... ■

Le site du fac-similé:

<http://bit.ly/2oKBeHf>

L'ouvrage de Patrick Syme en pdf:

<http://bit.ly/2oV38zw>



Retrouvez la rubrique
Art & science sur
www.pourlascience.fr

LES AUTEURS



JEAN-MICHEL COURTY et ÉDOUARD KIERLIK
professeurs de physique à Sorbonne Université, à Paris

COMMENT CUIRE UN ŒUF D'AUTRUCHE ?

Un œuf d'autruche a une taille à peu près triple de celle d'un œuf de poule. Sa cuisson devrait-elle être trois fois plus longue ? On est loin du compte, et la façon dont diffuse la chaleur explique pourquoi.

Pour cuire à la coque un œuf de poule d'environ 4,5 centimètres de largeur, il faut le plonger 3 minutes dans l'eau bouillante. Quelle doit alors être la durée de cuisson pour un œuf d'autruche qui fait 13-15 centimètres de diamètre ? Faut-il choisir une durée proportionnelle à la taille, c'est-à-dire une durée environ 3 fois plus longue, soit 9 minutes, ou au poids, c'est-à-dire une durée environ $3^3=27$ fois plus longue, soit 81 minutes ?

Ni l'une ni l'autre : on conseille 35 à 40 minutes ! Ce choix résulte de la nature du phénomène physique en jeu dans cette cuisson, à savoir la diffusion de la chaleur, et de l'une de ses propriétés particulières : le temps pour qu'une variation de température se transmette d'un endroit à un autre augmente comme le carré de la distance à parcourir.

Que se passe-t-il lorsqu'on cuit un œuf ? Celui-ci est constitué d'un blanc et d'un jaune dont les protéines coagulent

à environ 60°C (respectivement 62°C et 68°C pour l'œuf de poule). La cuisson est donc pilotée par le profil de température au sein de l'œuf et son évolution au cours du temps. Pour réaliser l'œuf « parfait », cher au gastronome moléculaire Hervé This, il suffit de plonger l'œuf dans de l'eau maintenue à 65°C et d'attendre assez longtemps pour que tout l'intérieur ait atteint cette température. Celle-ci étant comprise entre les températures de coagulation du blanc et du jaune, le premier coagule, mais pas le second.

ATTEINDRE LA BONNE TEMPÉRATURE

Pour un œuf d'autruche « parfait », il faudrait le plonger plusieurs heures dans un bain-marie. On se contentera donc de le cuire à la coque dans de l'eau bouillante ; mais pendant combien de temps ?

L'œuf étant déjà un objet complexe pour un physicien (une coquille, un blanc, un jaune...), commençons par le cas plus simple... d'une pomme de terre épluchée !



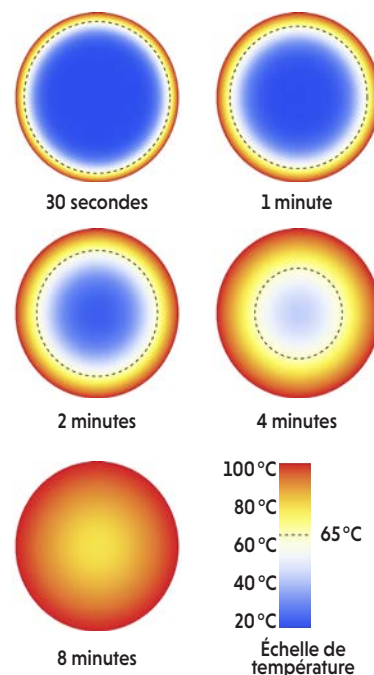
Le temps de cuisson des aliments dépend de leur taille. Il dépend aussi de leur forme, à poids ou volume égal.

Dans ce cas, la température qui pilote la cuisson est 65°C, valeur à laquelle les grains d'amidon de la patate se désagrègent et absorbent l'eau. Expérimentalement, on s'aperçoit qu'il faut 4 minutes à 100°C pour cuire un tout petit cube de pomme de terre, tandis qu'au-delà de 16 minutes, le morceau se désagrége complètement. Qu'en est-il avec une pomme de terre entière ?

Pour comprendre la physique mise en jeu, rappelons-nous que la température est une mesure du degré d'agitation des molécules. La température est proportionnelle à l'énergie cinétique moyenne de translation des atomes ou molécules ; on a alors

AU SEIN D'UNE PATATE CHAUDE

Connaissant la diffusivité thermique de la pomme de terre, on peut calculer, en fonction du temps, l'évolution de la température au sein d'une patate sphérique, initialement à 20 °C et plongée dans de l'eau bouillante (100 °C). Cette évolution est montrée ici pour une pomme de terre de 4 centimètres de diamètre. La ligne pointillée représente le front à 65 °C. Sa progression, lente au début, s'accélère à mesure que le front se rapproche du centre.



une correspondance entre «lent» et «froid», ou entre «rapide» et «chaud».

Aussi, lorsqu'on met en contact deux corps portés à des températures différentes, les molécules rapides du corps chaud entrent en collision avec les molécules plus lentes du corps froid et leur cèdent une partie de leur énergie. Le milieu s'échauffe de proche en proche, avec un flux d'énergie allant des régions chaudes aux régions froides. Ce flux est proportionnel à la différence de température par unité de longueur et à un coefficient, la «conductivité thermique» du matériau, qui est d'autant plus élevé que ce dernier conduit bien la chaleur.

Pour comprendre comment les températures évoluent, suivons pas à pas ce qui se passe quand on plonge un corps froid (la patate) dans une source chaude (de l'eau bouillante). Au tout début, la différence de température entre le corps et la source chaude est considérable et le flux d'énergie du chaud vers le froid est intense.

UN TRANSFERT D'ÉNERGIE DE MOINS EN MOINS EFFICACE

Mais contrairement à une onde mécanique, toute l'énergie n'est pas transmise, car une partie sert à échauffer la région en contact direct avec la source. Cette part, qui ralentit la hausse de température des

régions situées au-delà, sera d'autant plus importante que le matériau peut stocker de l'énergie thermique, c'est-à-dire que sa capacité calorifique est élevée.

L'écart brutal de température entre le corps froid et la source chaude laissera donc place à un profil de température moins abrupt au voisinage de la surface de contact (voir l'encadré ci-dessus). Du coup, le flux d'énergie va diminuer, car les >

Les auteurs ont récemment publié :
En avant la physique !, une sélection de leurs chroniques (Belin, 2017).



> différences d'énergie entre molécules seront moindres. Peu à peu, des couches de plus en plus profondes du matériau froid s'échaufferont, mais le profil de température sera de plus en plus doux et le flux d'énergie depuis la source chaude de plus en plus réduit: l'évolution en température sera ainsi de plus en plus lente.

On prédit ainsi qu'au voisinage d'une surface de contact plane, la profondeur atteinte par la variation de la température en surface croît comme la racine carrée du double du produit du temps écoulé par la «diffusivité thermique» (rapport entre la conductivité thermique du matériau et sa capacité calorifique par unité de volume).

Le scénario qui précède est certes simplifié, mais il traduit bien ce qui se passe dans les matériaux où les mouvements d'ensemble des molécules ou les écoulements sont très limités. C'est le cas des aliments, au moins en première approximation, malgré la forte présence d'eau.

Pour obtenir des estimations raisonnables, il faut pouvoir prédire l'évolution de la température au cœur de l'aliment et la mettre en relation avec la ou les températures de transformation.

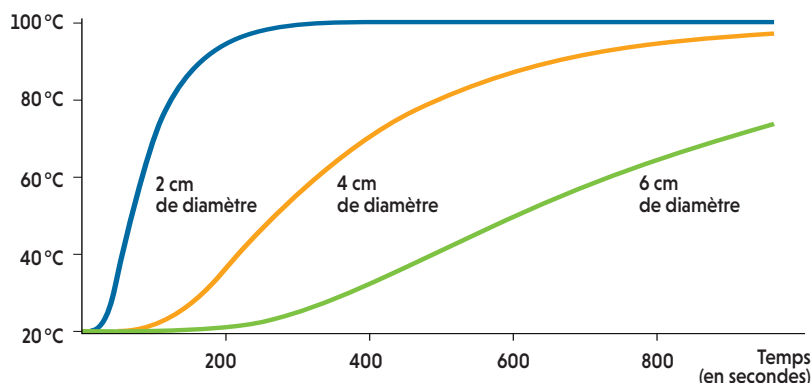
Pour une pomme de terre, la diffusivité mesurée est d'environ $1,7 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$. À partir de cette valeur, on peut calculer l'évolution de la température au cours du temps dans la patate en fonction de sa taille (voir les deux encadrés). On constate, comme attendu, que l'avancée du front de température au début de la cuisson est lente. Mais ce front progresse bien plus rapidement lorsqu'il atteint les couches plus profondes, car il y a de moins en moins de matière à chauffer à mesure que le front se rapproche du centre.

On comprend aussi aisément le problème posé par les grosses pommes de terre: à partir d'une certaine taille, la durée nécessaire pour que le centre atteigne la bonne température et se mette à cuire dépasse 16 minutes; or au bout de ces 16 minutes, la couche externe du tubercule commence à se désagréger, c'est-à-dire à être trop cuite! Les simulations permettent de déterminer la taille limite des morceaux: elle est de l'ordre de 3 centimètres. À vos couteaux, donc, si vous voulez réussir vos patates à l'eau!

Dans le même registre, on peut mentionner la cuisson des rôtis de viande, pour laquelle une prescription du genre «un quart d'heure par livre» est, au mieux, très approximative. L'expérience montre que, pour un même poids ou volume, la cuisson des rôtis longs et de faible diamètre est plus rapide que pour des pièces de viande plus

AU CENTRE DE LA POMME DE TERRE

Ces courbes représentent, en fonction du temps, la température au centre d'une pomme de terre sphérique, de température initiale 20 °C et plongée dans de l'eau bouillante, pour trois valeurs différentes du diamètre. On constate que pour une pomme de terre assez grosse, la hausse de la température au centre démarre tardivement. À cet endroit, pour une pomme de terre de 6 centimètres de diamètre, la température minimale de cuisson (65 °C) n'est ainsi atteinte qu'au bout d'environ 800 secondes, soit plus de 13 minutes. Quand le cœur de cette pomme de terre sera cuit, sa couche externe le sera trop...



compactes. En effet, plus le diamètre est petit, plus la durée requise pour que le cœur de l'aliment atteigne la bonne température est courte. En revanche, le temps de cuisson d'un rôti plus long, mais de même diamètre, ne change pas beaucoup.

Et pour les œufs d'autruche? *A priori*, pas besoin de longs calculs, puisqu'on connaît déjà la durée de cuisson pour un œuf de poule et que l'on peut utiliser ce que les physiciens nomment une loi d'échelle. La durée de cuisson d'un œuf à la coque est déterminée par le temps nécessaire pour que tout le blanc ait atteint la bonne température, jusqu'à la frontière avec le jaune. Les œufs ayant tous à peu près la même forme, ce temps reste proportionnel au carré de leur taille.

UN TEMPS PROPORTIONNEL AU CARRÉ DE LA TAILLE

On peut vérifier cette loi par exemple avec le temps de cuisson de l'œuf de caille (30 secondes pour un œuf large d'environ 2 centimètres). Si on l'applique à l'œuf d'autruche, 3 fois plus large que l'œuf de poule, on s'attend à une durée de cuisson multipliée par $3^2=9$, soit de l'ordre de 30 minutes, pas si loin de la valeur recommandée. Mais l'estimation est un peu basse. Pourquoi? Est-ce dû aux différences de composition des deux types d'œuf? Ou à l'effet d'un œuf d'autruche (1,5 kilogramme!) sur la température de l'eau de cuisson ou son homogénéisation dans le récipient? Nous laissons cette question à la sagacité de nos lecteurs! ■

BIBLIOGRAPHIE

P. Roura et al., **How long does it take to boil an egg? A simple approach to the energy transfer equation**, *European Journal of Physics*, vol. 21, pp. 95-100, 2000.

P. M. Derbyshire et I. Owen, **Transient heat transfer in a boiled potato: A study related to food process engineering**, *International Journal of Heat and Fluid Flow*, vol. 9(2), pp. 254-256, 1988.

DÉCOUVREZ LES ARCHIVES DE **POUR LA SCIENCE**



COMPLÉTEZ VOTRE
COLLECTION SUR
boutique.pourlascience.fr

