

Dilatation de l'eau lors de sa congélation

observations réalisées
par Huygens en 1667

La dilation de l'eau lors de sa congélation est un phénomène familier : bouteilles brisées, tuyauteries éclatées, ... et autres désagréments. C'est sur cette question que porte l'article de Huygens ci-contre. Même si le texte en est écrit en français ancien, il se lit aisément, comme une petite histoire : on change certains f en s, les avoit en avait et tout devient clair !

Ce phénomène de la dilatation de l'eau lors de sa congélation étonne puisque, pour les autres corps, c'est leur échauffement qui provoque leur dilatation. Sa description la plus ancienne connue est celle réalisée par Huygens, en 1667, dans le chapitre 7 du Tome Dix-neuvième de son *Traité sur la Mécanique Théorique et Physique*.

Huyghens fait couper un fût de canon en deux. Il remplit d'eau le plus petit, l'obture à l'aide d'une vis et de plomb fondu et le place, pour la nuit, sur sa fenêtre. Au petit matin, il entend une petite explosion, dont il décrit le son, et observe, mais seulement un peu plus tard, l'apparition de glace émergeant par l'ouverture. Il renouvelle l'essai, le lendemain soir, avec l'autre demi-fût, en tentant de réaliser une obturation plus "soigneuse". Le matin, le fût, n'a pas encore crevé mais de l'eau est parvenue à se faufler par de légères fissures en formant de petites spirales. C'est en fin de journée que ce second fût va, à son tour, exploser, comme le premier, en expulsant la vis de fermeture.

La lecture de ce récit, description d'une succession d'actions et d'évènements dont la chronologie est fidèlement notée, est intéressante à de nombreux titres :

– la volonté de commencer par appréhender le "comment", en attendant de pouvoir énoncer un "pourquoi", à une époque où tout était admis tel quel, en tant que volonté de Dieu,

ŒUVRES COMPLÈTES Ag 177
DE
CHRISTIAAN HUYGENS

PUBLIÉES PAR LA
SOCIÉTÉ HOLLANDAISE DES SCIENCES
TOME DIX-NEUVIÈME
MÉCANIQUE THÉORIQUE ET PHYSIQUE
DE 1666 À 1695.
HUYGENS À L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES.



LA HAYE
MARTINUS NIJHOFF
1937

VII.

EXPERIENCE SUR LA CONGELATION DE L'EAU. ÉVAPORATION ET DILATATION DE LA GLACE. FORMES ET PROPRIÉTÉS DES CRISTAUX.

La Pièce suivante est empruntée aux p. 128—129 du Manuscrit C. On la trouve également, à la date du 8 janvier 1667, aux p. 38—40 du T. I des Registres de l'Académie des Sciences. Nous indiquons les variantes là où elles ne sont pas absolument insignifiantes. Voyez sur la proposition d'Auzout la Pièce X qui suit.

8 Jan. 1667.

Ayant fait fonder par un bout chacune des moities du canon de mousquet¹⁾ qu'on avoit fait couper pour experimenter la force de la gelee²⁾, je pris premierement la moitie la moins grosse³⁾, que je remplis d'eau, et pour la bien fermer⁴⁾ j'enveloppay la vis d'une feuille de plomb devant que la faire entrer, et l'ayant apres tournée avec force, je jettay du plomb fondu par dessus. J'exposay ce canon ainsi bouché à l'air à 9 heures du soir, et quoyque 2 heures apres, y ayant regardé, je trouvasse quelque goutte d'eau gelée, qui sembloit fortie par l'endroit de la vis, je le laissay pourtant ne sachant pas comment le fermer plus juste. A une heure de la nuit il estoit encore entier. Le matin vers les 7 heures estant au lit, je l'entendis crever faisant un coup assez fort, mais non pas comparable à celui d'un pistolet quand on tire avec de la poudre. Je remarquay aussi que le chassis de ma fenestre contre le quel le canon estoit couché par dehors, fut fortement pouffé par ce coup, ce qui peut estre en augmenta le son.

M'estant levé pour veoir en quel estat estoit le canon j'y trouvoy une crevasse de 4 pouces vers le bout le plus menu⁵⁾, par la quelle quoyqu'elle ne fut guere ouverte, il estoit forti de la glace, pendant la demie heure qui s'estoit passée depuis que j'eus entendu le coup. Ayant osté le plomb a coup de marteau, et ouvert la vis, je tiray un cylindre de glace hors du canon, qui avoit beaucoup de petites bulles dans le milieu vers l'axe, et le reste fort clair et transparent.

Le soir ensuivant a minuit j'exposay à l'air l'autre moitie du canon qui estoit beau-

¹⁾ Registres: „du canon”.

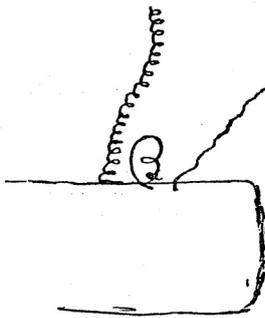
²⁾ Registres: „de l'eau gelée a s'estendre”.

³⁾ Registres: „forte”.

⁴⁾ Registres: „fermer par l'autre bout”.

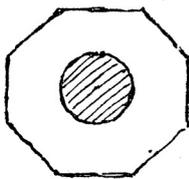
⁵⁾ Registres: „foible”.

[Fig. 106.]



coup plus forte, après l'avoir remplie et bouchée de la même façon que l'autre, mais plus soigneusement, de sorte que rien ne sortit cette fois par l'endroit de la vis. Le matin, je trouvy le canon entier sans aucune crevasse, mais du côté de la culasse, ou il avoit esté foudé, je vis dresséz sur le canon 2 ou 3 filets de glace fort deliez et entortillez qui avoient esté forcez de sortir par des petits trous imperceptibles, leur figures estoient telles a peu pres que cette figure [Fig. 106] les represente, et les ayant ostez j'en trouvy une heure apres d'autres semblables au mesme endroit, mais non pas encore si longs. Je laissay le canon tout le long du jour exposé a la gelée, et le vis entier encore a 3 heures apres midy; mais y estant revenu à 9 heures du soir je le trouvy crevé depuis le

[Fig. 107.]



bout fermé par la vis jusqu'au milieu d'une fente de 8 pouces de long, et ouverte d'environ une ligne, dans laquelle la glace s'estoit pouffée sans que pourtant il en fut fortifié. L'ayant laissé encore cette nuit ensuivante pour veoir s'il en sortiroit de la glace ou si la fente s'ouvroiroit d'avantage, je le trouvy en même estat le lendemain matin; et alors l'approchant du feu, et ouvrant la vis, j'en tiray le cylindre de glace tout entier, qui avoit plusieurs endroits blancs par la quantité de petites bulles amassées, et estant rompu l'on voioit un cercle avec des raions qui

tendoient tous au centre.

L'épaisseur du milieu du canon jusques où alloit la crevasse se voit par cet octogone [Fig. 107], dont la circonférence est la mesure que [lisez: de] celle du canon a cet endroit, et le cercle du milieu represente le trou du calibre⁹⁾.

Les Registres ajoutent: „On remarqua que le canon s'estoit enflé du droit de la fente et avoit augmenté sa circonférence environ de ce que la fente avoit de largeur”.

⁹⁾ Dans le T. II des Registres l'expérience de Huygens est mentionnée comme suit, sans date, après le 19 janvier 1667 (rapport d'Auzout, Piece X qui suit): „Monsieur Hugens ayant rempli d'eau deux canons de fer apres les avoir bien bouchés l'eau estant gelée les a fait creuer tous deux avec bruit”.

Des expériences du même genre avaient été prises par l'Accademia del Cimento de Florence, d'après les Saggi qui parurent dans cette même année 1667.

- les moyens rudimentaires utilisés à partir du matériel du quotidien (ici un fût de canon),
- le vocabulaire employé, également issu du discours courant, bien loin du jargon actuel spécifique à chaque domaine de compétence, mais, de ce fait, chargé d'imprécision (“*tourner avec force*”),
- la personnalisation des mouvements ou modifications, actions “effectuées” par la matière (“*la force de la gelée*” ou encore “*la deuxième moitié est la plus forte*”).

Grande humilité devant la nature, confiance expérimentale absolue, mise en cause du matériel ou du procédé mais, en aucune façon, de l'observation effectuée, sont les maîtres-mots de la méthode. Toutefois, la démarche décrite ne pourrait, de nos jours, tenir le statut d'expérience ; le “*toutes choses égales par ailleurs*”, traduction de l'expression latine *caeteris paribus*, dont les premières apparitions écrites ne datent que du XVI^e, est alors réservé à l'économie et à la philosophie. Ainsi, on trouve, dans ce texte de Huygens, une “*contre-expérience*” dans laquelle plusieurs paramètres ont été modifiés : les deux extrémités du fût du canon n'ont ni le même diamètre ni la même épaisseur et n'ont pas été refermées avec le même soin ; les durées d'exposition sont différentes et la quantité d'eau introduite n'est pas mesurée, ...

Et pourtant, Christiaan Huygens fut un grand mathématicien et physicien : invention de nouveaux procédés pour améliorer les lentilles des télescopes (d'où son nom don-

A la p. 251 du Manuscrit D on trouve encore quelques lignes biffées sur l'augmentation de volume de la glace:

1670 Jan.

Exper. si les bulles de la glace deviennent peu a peu plus grandes.

On trouve que la glace diminue notablement de poids dans la gelée [par l'évaporation sans doute?]. Mais elle croit en extension, étant dans un vaisseau cylindrique ouvert⁸⁾. Donc les bulles deviennent plus grandes.

Huygens y joint une Conjecture touchant la cause de l'étrange force de la glace a s'étendre: J'ay parlé de la matière fluide et tres subtile dans l'écrit de la pesanteur [en 1669 eut lieu à l'Académie la discussion sur la nature de la pesanteur; voyez les p. 628—645 qui suivent], de laquelle la vitesse est tres grande, et 17 fois plus que celle d'un point de l'équateur dans le mouvement journalier de la terre. Je m'imagine que cette matière entrant dans une bulle de celles qui font dans la glace ...

Mais cette conjecture est également biffée.

29 Jan. 1695. Hagæ.

Nix sexangula [Fig. 107 bis]. Tota superficies planissima ac refulgens.

[Fig. 107 bis]



Voyez aussi sur les cristaux de glace les p. 386—387 et 476—477 du T. XVII.

L'appendice qui suit (p. 348) donne la description d'un cristal de „talc de Paris”.

⁷⁾ À la p. 94 de son „Historia” du Hamel fait mention de plusieurs „experimenta circa vim frigorisi” de 1670. Il dit e. a.: „Eodem anno 1670. D. Perrault cum quatuor aque libras gelido aëri exposuisset, intra 18 dies pene unius librae pondere est imminuta. Ex quo sequitur aquam prae nimio frigore fere tantum exhalare, quantum aestivis arboribus”.

⁸⁾ La dilatation de la glace a été examinée récemment par M.^{me} C. J. G. van der Horst (Dissertation — proefschrift — de 1936 intitulée „Polymorphie van ijs bij 1 atmosfeer druk. Ys IV”, van Boekhoven, Utrecht). Il est évident que Huygens et ses contemporains n'avaient aucune idée de la cause de phénomènes de ce genre.

né à la sonde se dirigeant vers Titan), découverte de la première lune de Saturne, introduction de la notion statistique d’“*espérance mathématique*”, utilisation du mouvement du pendule pour fabriquer des horloges de plus grande précision que le sablier, premières études de la dynamique des corps, arguments en faveur de la théorie ondulatoire de la lumière (au moment où Newton défend l'idée que la lumière est de nature corpusculaire),...

L'histoire des sciences nous montre à la fois combien nous avons avancé et combien nous pouvons vraisemblablement encore avancer. 🌈

FRANÇOISE TARDIEU