

## La loi d'Arrhenius

Georges Desmeules

Numéro 141, avril 2014

Mathématiques

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/71490ac>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Moebius

ISSN

0225-1582 (imprimé)

1920-9363 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Desmeules, G. (2014). La loi d'Arrhenius. *Moebius*, (141), 35–42.

## GEORGES DESMEULES

### *La loi d'Arrhenius*

(Équation à deux inconnus en forme de polar suédois,  
avec solution ionisée)

« En cinétique chimique, la loi d'Arrhenius permet de décrire la variation de la vitesse d'une réaction en fonction de la température. Cette loi mathématique a été énoncée par Svante August Arrhenius en 1889 dans son article intitulé "On the reaction velocity of the inversion of cane sugar by acids". Cette équation a pris par la suite une grande importance théorique car elle est compatible avec la théorie des collisions et celle du complexe activé. »

Le capitaine Tomacz referme le tome 1 (AA-BE) de l'encyclopédie d'un geste qui trahit sa profonde lassitude. Voilà donc le fait d'armes de Svante August Arrhenius, celui que ses nouveaux patrons voudraient qu'il considère comme le principal suspect dans l'affaire de l'empoisonnement de Per Thodor Cleve. Du diable s'il sait pourquoi ces protestants pour qui il travaille désormais jubilent tant à l'idée de déboulonner la statue d'une idole.

La trop courte nuit de juin s'achève et sur son bureau s'empilent des dizaines de documents, des dossiers épars; toutes ces enquêtes en plan qu'on lui a refilées. Il lui vient l'envie de rassembler cette masse informe, ce chiendent de faits incohérents et de le fixer à une ligne, puis de la laisser dériver au hasard des rues de Stockholm et des dernières ombres que projettent les *Auerlicht*. Pour voir qui y mordrait.

### **1. Les terres rares**

Ytterby, 17 juin 1905. Un ciel gris et une bruine froide accueillent le capitaine Sven Tomacz, à la petite gare de la

ville, une trentaine de kilomètres au nord de Stockholm. Rien n'annonce l'été à venir. Les voyageurs, tous ces visages ruinés par la couperose et l'ennui, se déplacent avec la grâce un peu lourde de ceux qui savent où ils vont. Ytterby ne les trompe pas. S'il y a un lieu de pèlerinage ici, il ne faut pas compter sur eux pour jouer les dévots. Tomacz consulte sa montre, marmonne quelque chose, comme pour lui-même, et presse le pas. Il espère que les indications qu'on lui a fournies sont exactes.

Elles le sont.

Après avoir contourné un boisé, à l'orée du centre-ville, il trouve une carrière à peu près déserte. Tomacz songe que les curieux qui visitent avec un ferveur un peu ridicule les appartements, maisons, même les cellules où ont vécu les génies des sciences croient peut-être y ressentir la présence palpable d'une intelligence qui leur échappe, s'en imprégner, qui sait? Le promontoire d'où Galilée observa la course des astres, la chambre qui servit de retraite à Newton pendant la peste et où se révéla à lui le prisme de la lumière, le salon où Lagrange a pensé le principe de moindre action n'expliquent rien. Ce qu'on préserve en ces lieux a bien plus en commun avec le mysticisme qu'avec la raison. Au fond, toute religion, la foi elle-même, peut-être aussi notre expérience de la beauté, n'ont pas d'autres fondements... Pour le capitaine, la visite de la mine d'Ytterby offre une expérience d'un tout autre ordre. Son génie, elle le retient dans une pierre qui n'exige pas l'exception, mais la dévotion aveugle. Voilà pourquoi personne ne s'y intéresse. Tomacz sait, lui, qu'il foule le sol de la Mecque d'un tout nouveau système, qu'on appellera tableau périodique des éléments. Ytterby: c'est la quasi-totalité de la série des Lanthanides. Rien de moins.

Il entame la longue descente d'un sentier mal entretenu vers l'entrée de la mine. Une bouche édentée. Tomacz a lu qu'un minéraliste suffisamment compétent saurait en extraire plus d'une vingtaine d'éléments, outre ces terres rares dont on lui a rebattu les oreilles. Le capitaine teste sa mémoire, veut s'en rappeler quelques-uns: manganèse, molybdène, niobium, tantale, zircon... Sa liste s'arrête à peu près là. Pas mal, surtout pour un homme qui aurait préféré le zinc des bars de Varsovie. De toute manière, il ne

va pas plus loin : il se trouve à l'endroit exact où gisait il y a quelques jours le corps de Per Thodor Cleve, apparemment mort alors qu'il examinait un agrégat rocheux. Était-il encore en quête d'un autre atome dont Mendeleïev avait prévu l'existence, mais qui se refusait à quitter son étui tellurique ?

Pour Tomacz, il est permis d'en douter. Mais il songe que les chimistes n'ont en rien perdu un goût pour le clandestin qui remonte au temps des alambics et des sortilèges.

Or la rareté des terres rares s'apparente à un mythe. S'il l'avait su, le capitaine les devinerait certes à quelque éclat spectral du schiste argileux dans lequel il patauge. Depuis qu'on lui a confié l'enquête, Tomacz a toutefois appris que, presque toujours, il a fallu un travail opiniâtre, quasi stupide, pour les isoler. Le résultat valait-il ces années de travail acharné, souvent contre des exploitants qui se balancent bien de connaître la composition exacte du minerai qu'ils extraient au rythme du cours du fer ? Per Thodor Cleve le croyait, lui. Impossible d'en douter. Au drôle de poème dont les premiers vers se scandent yttrium, ytterbium, terbium, il a ajouté holmium et thulium. Éléments nommés en l'honneur de la Suède, dans les deux cas. Ce nationalisme porte la marque d'un fatalisme de condamné ; son travail, il l'a accompli avec la ténacité d'un Sisyphe croyant avoir enchaîné pour de bon Thanatos.

Et pourtant, mort, Cleve l'est sans l'ombre d'un doute. Assassiné ? Ça, peu de gens croient le savoir : quelques-uns de ses collègues de la Sakerhetspolisen, un médecin. Et le meurtrier. S'il existe. Qui l'aurait empoisonné en trafiquant le plus simple des outils de la chimie minérale : son vieux soufflet à bouche, un instrument dont Lavoisier aurait fort bien pu se servir. Tomacz se méfie de ces conclusions spectaculaires et espère valider par lui-même certaines données. Il en va ainsi des indices dans cette enquête, telles les terres rares : abondants, mais discrets.

Pendant un siècle et demi, la mine d'Ytterby a livré ses récompenses une à une, avec la parcimonie des pachydermes. Le capitaine Sven Tomacz doit, à son tour, séparer les indices de leur gangue de faits importuns. Dissoudre le minerai dans l'acide. Former une solution composée

d'un mélange de sels. Évaporer minutieusement celle-ci pour que chaque élément se cristallise. Séparer le précipité et répéter l'opération à partir du résidu. Des milliers de fois. Ainsi, on isole des éléments si semblables que presque rien ne les distingue les uns des autres. Oui, le travail d'un enquêteur ressemble à celui d'un chimiste. C'est pourquoi Tomacz tient à cet arrêt, avant de se rendre à l'Uppsala Universitet. Il est venu chercher une réponse.

Cette pente abrupte où il patauge maladroitement la lui donne : vraiment pas l'endroit pour réaliser une opération qui nécessite minutie et précision.

## 2. $k = A \exp(-Ea/RT)$

Uppsala, 19 juin 1905. Le capitaine Tomacz, assis devant un radiateur électrique, contemple l'appareil avec soulagement. Il apprécie ses formes précises et son flanc rebondi. Décidément, l'été tarde à s'installer. Tomacz fait un effort pour ne pas perdre le fil de la conversation. Dans le halo humide de leurs deux pardessus, enveloppés des restes de l'averse, que la bonne chaleur évapore, il détaille les traits calmes et purs du professeur Éric-Axel Karlfeldt. Le professeur lui offre un traitement réservé aux invités de marque, y compris l'accueil à la gare : son hôte n'a pas hésité à affronter la pluie en sa compagnie. La capitaine a depuis longtemps appris à se méfier de tels assauts de courtoisie. Il n'a jamais prétendu que son enquête soit de la routine.

Un mort est un mort est un mort.

Karlfeldt paraît calme, mais fume cigarette sur cigarette. Il insiste pour répéter que les plus redoutables ennemis des Suédois ont pour noms mélancolie, fatalisme, apathie. Ici, ironise-t-il, c'est bien connu, le spleen représente un adversaire plus coriace que la Norvège. Tomacz ne fait pas l'effort de sourire. Le directeur de l'Institut des sciences de l'Uppsala Universitet le regarde froidement. Il hésite un instant puis, un pli au centre de son front ajoutant une sorte de caution à ses paroles, il précise que, selon lui, Svante August souffre d'une lassitude insondable. Oui, ce colosse, cet homme immense...

Pour un enquêteur, il y a un plaisir pervers à laisser un inconnu s'enfermer. Toutefois ces confessions informes

épuisent le capitaine Tomacz. Ce matin, il n'est pas de la meilleure humeur : quelque chose ne colle pas. Il est venu poser des questions sur la mort de Per Thodor Cleve. Le professeur s'obstine, comme d'autres avant lui, à l'entretenir de Svante August Arrhenius. Et du spleen.

Pour la forme, il relance le directeur de l'Institut sur les relations entre les deux hommes. Sa question repose sur presque rien. Un rien suffisamment chargé d'implicite pour servir d'énergie d'activation. Karlfeldt s'éclaircit la gorge, à l'évidence embarrassé. Quelque chose le terrorise. Tomacz l'aurait parié. Mais parier lui fait horreur. Lentement, le professeur entreprend une sorte de confession. À la chimie minérale brute de Cleve, explique-t-il, Arrhenius a opposé une mathématisation brillante, implacable, qui préfigurait déjà, il y a vingt ans, la passation des pouvoirs qui se concrétisera sous peu. La science n'appartiendra bientôt plus aux chimistes, les physiciens s'apprêtent à prendre le relais.

Le professeur ajoute que Cleve avait bien dû le présenter, lors de la défense de la thèse d'Arrhenius, en 1882. Pour lui, on peut bien fouiner dans les secrets les plus profonds de la nature, ses méthodes excluront toujours de telles spéculations. L'efficacité des équations d'Arrhenius l'ont discrédité, lui, et tous les collègues qui l'ont secondé lors de la fameuse soutenance. L'intarissable Karlfeldt précise peu à peu le portrait d'Arrhenius : un prodige, qui apprend le calcul à l'âge de trois ans, en fouinant dans les livres de comptes de son père. À Uppsala, ce fantasque doctorant ne tarde pas à bouleverser des pratiques séculaires. Rien d'étonnant à la résistance du clan de Cleve. Qui croyait qu'on pousserait Arrhenius à faire ses valises.

Or ce génie hautain, sorte d'Œdipe laconique, élimine un à un ses pères spirituels non pas en les affrontant, mais en se laissant courtiser par de nouveaux maîtres. Des sommités comme le physicien allemand Clausius, le Russe Ostwald ou le Néerlandais van 't Hoff ont ainsi changé la donne. Toutes leurs invitations signifiaient une chose : désormais, non seulement Svante August n'avait plus à partir, mais il dicterait ses conditions pour rester. Il le savait. Per Thodor le savait. Aucun des membres de

l'Académie royale des sciences de Suède n'aurait pu en douter.

Et là, reprend Karlfeldt, Per n'a rien pu faire pour empêcher Svante de briguer une chaire au département de chimie d'Uppsala. Poste qu'on lui a bien entendu créé sur mesure. Svante n'en avait pas fini. Il a exigé d'occuper le bureau adjacent à celui de Per, a tenu à partager la même section du laboratoire. Chaque jour, chaque heure passée dans son officine, Per a subi une humiliation constante. On aurait presque dit que la loi d'Arrhenius, Svante la lui a fait subir pendant plus d'une quinzaine d'années.

Le capitaine a beau chercher à comprendre, du diable s'il saisit cette dernière allusion. Il se garde bien de le dire, mais quelque chose dans son regard confirme le contraire.

Tout a toujours semblé trop simple pour Svante August, explique Karlfeldt. Il démontre la validité de ses idées sans prendre la peine de développer ses équations : sa fameuse loi de la dissociation électrolytique, il se contente de l'exposer de manière empirique. Il laisse à des tâcherons comme Cleve le souci de la validation expérimentale. Au cours des dernières années de l'autre siècle, bien avant le Nobel de 1903, les discussions autour des implications de la loi d'Arrhenius servent à définir les principes de la cinétique chimique. Tomacz devine qu'il en va ainsi des échanges entre chimistes et physiciens, comme si leurs opinions respectaient la mécanique des collisions : dans certains cas, on assiste à des explosions violentes, très rapides, dans d'autres on atteint une sorte d'état métastable. Pour Cleve, cette pression dégénère en ulcère. Peu après la consécration de 1903, il comprend que sa maladie l'emportera bientôt. Selon Karlfeldt, incurable protestant, de vieilles rancunes ne s'éteignent jamais. Dans son bureau envahi par un nuage de fumée et de condensation de plus en plus opaque, il laisse entendre qu'aucune accusation ne saurait viser Svante August. Surtout pas, conclut-il avec un soupçon de condescendance, lorsqu'un étranger la formule...

Pas la peine d'insister. Tomacz comprend que l'éminent Svante August a la rancune tenace et possède sa manière de travailler dans l'ombre. En clair, la réaction

provoquée par la révolte du disciple contre le maître a déjà fait rouler suffisamment de têtes. Le capitaine devine que son interlocuteur ne souhaite pas voir son nom s'ajouter à la liste, mais il aimerait tant que... Tomacz en a suffisamment entendu. Inutile qu'on lui expose les subtilités du logarithme népérien pour qu'il comprenne qu'Arrhenius a si bien su imposer sa loi que ses collègues préfèrent laisser courir des rumeurs que risquer un affrontement qui tournerait à son avantage. Ces on-dit acides finiront bien par attaquer la cuirasse de leur trop influent collègue. Le capitaine enterrera cette enquête. Ça ou il faudrait oublier sa carrière. Une seconde fois. De toute manière, lui n'a jamais soupçonné « leur » Nobel.

### **3. Calcul d'erreur**

Stockholm, 11 juin 1906. La séance de l'Académie royale des sciences de Suède s'ouvre par un bref hommage à Per Thodor Cleve, mort il y a un an, presque jour pour jour. L'éloge laconique laisse sous-entendre quel héritage il laisse. Dans son cas, la réaction n'a aucune chance d'être réversible. La loi d'Arrhenius, elle, s'impose sans équivoque. La séance se poursuit par une discussion aussi méthodique qu'une pierre qu'on roule. Le capitaine écoute tant bien que mal. On débat de fonctions à variables multiples, d'une constante, de gaz parfaits. Il croit comprendre que l'équation comporte un degré d'incertitude qui exige de la transformer à partir du logarithme de chacun de ses membres. Le capitaine Tomacz étouffe à peine un soupir.

Et voilà. Arrhenius efface le patient travail de Per Thodor Cleve, qui ne tardera pas à devenir un sous-produit du génie de son ennemi. Le vieux minéraliste croyait tenir une dernière carte: il ne craignait pas de mourir. Ses années de travail acharné l'ont usé et il n'a pas hésité à hâter son destin. Il redoutait l'oubli, qu'il savait imminent. Il tenait sa vengeance. Cleve n'a pas été assassiné, à moins qu'un procureur de génie fasse passer un ulcère virulent pour l'arme du crime. Le capitaine l'a compris dès sa pénible promenade sur les pentes abruptes de la mine d'Ytterby, plus propices au dernier geste d'un désespéré qu'aux délicates manipulations d'un minéraliste. Il l'a soupçonné dès le moment où on lui a remis le



rapport à propos du soufflet à bouche trop bien maquillé et lu l'annexe du légiste faisant état des ulcères débilissants. Il lui suffit aussi de savoir que Cleve devait connaître la parenté des symptômes d'une inflammation gastrique et d'un empoisonnement à l'arsenic. Le capitaine Tomacz ne se donnera pas la peine de clore le dossier.

La séance publique se déroule au grand salon de l'Académie. Il monte à la balustrade et observe les fauteuils disposés en rangées et tous ces savants, ces chimistes, ces physiciens, ces mathématiciens, qui se font croire qu'ils taquinent l'immortalité. Comme on va à la pêche. Tomacz se rappelle le tableau de Mendeleïev. Il compte les fauteuils et identifie le trente-troisième, celui de l'arsenic. La place vide confirme qu'il en a assez entendu.

Il redescend au rez-de-chaussée et contemple la clarté d'un jour qui ne tombera pas pour encore de nombreuses heures. Il écoute le chant élémentaire des grillons qui se déploie en rideaux sonores. Le capitaine Tomacz croit avoir oublié quelque chose, peut-être négligé un indice.

Du diable s'il se rappelle de quoi il s'agit.