Et si OM voulait dire Ohmo Mathematicus ?

par F6FQX, Jean-Pierre Bourdier

Un OM fait un rêve. Il repasse aujourd'hui sa licence, comme il l'a fait il y a 30 ans, dans une salle d'examen, soumettant son matériel à l'examinateur. Celui-ci, voyant l'impédance-mètre dernier cri : « Cela remplace l'ondemètre à absorption fait-main de la dernière fois ? Voyons si vous savez aussi bien vous en servir. Je mets une charge, je lis Z=25Ω et $I_{efficace}$=1325µA. Que vaut $U_{efficace}$ et pourquoi ? » L'OM répond « la loi d'Ohm dit U=Z.I, donc U=33125µV ». L'examinateur : « OK, et maintenant je lis le même I et Z=15Ω+j.20Ω. Que vaut U ? » L'OM répond « cette impédance correspond à une résistance de 15Ω et une self de 20Ω en série ; le j traduit le déphasage de 90°, d'où $Z^2=15^2+20^2=25^2$, d'où Z=25, d'où encore U=33125µV. L'examinateur : « Parfait, mais vous rendez-vous compte qu'en quelques mots, vous venez de faire appel à des notions mathématiques qui ont mis des siècles, voire des millénaires a être élaborées : nombres, chiffres, zéro, algèbre. On connaissait Ohmo Erectus. Vous, OM, seriez-vous Ohmo Mathematicus ?[1] »

Cet article qui n'est ni un cours de maths, ni un recueil de formules, présente quelques éléments d'histoire des mathématiques de base de l'OM.

Un million d'années avant Samuel Morse (1791-1872), Homo Erectus parlait-il en CW ?

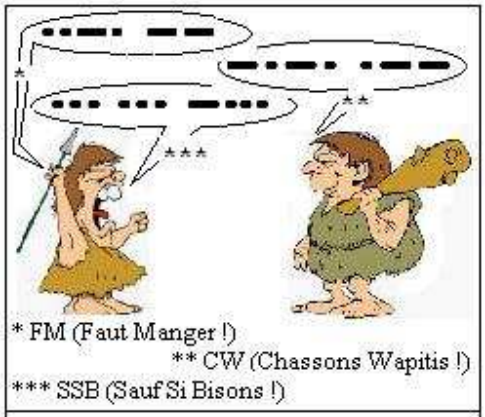

illustration 1 : les premiers mots du langage d'Homo Erectus, peut-être des signaux simples ?

"East Side Story" et "Out of Africa" sont deux thèses paléontologiques relatives aux origines de l'espèce humaine. Selon elles, l'humain s'est séparé des autres primates il y a 10 millions d'années[2]. Ensuite, des modifications climatiques dans l'Est africain en ont conduit, au cours des 9 millions d'années qui ont suivi, certains à « marcher sur la terre » faute d'arbres, et à se redresser pour mieux voir venir les prédateurs, puis à fabriquer des outils et à transmettre leur savoir (Homo Habilis), puis à construire leur habitat (Homo Rudolfensis), puis à force d'intelligence et de technologie à passer de l'état de charognard à celui de chasseur (Homo Ergaster), puis à partir définitivement debout (Homo Erectus) à la conquête du monde. Le langage articulé semble apparaître alors. Une première langue de l'humanité, mère des 6000 langues parlées aujourd'hui, est même une possibilité envisagée, mais non partagée au nom de la thèse de « l'ordinateur de bambou »[3]. L'idée du langage premier unique reste cependant envisagée, et par suite

---

[1] Les rêves étant révélateurs du subconscient, notre OM est soit dyslexique, soit obsédé par la loi d'Ohm, car c'est Homo Erectus l'expression correcte (quant à Ohmo Mathematicus, cela relève de l'Histoire avec un grand ***i***..)

[2] Tout en restant de très proches cousins puisque 99,9% de nos gènes sont identiques à ceux des Bonobos, l'une des deux familles de chimpanzés actuels.

[3] Nos lointains ancêtres étaient peu nombreux à la surface de la terre ; des groupes entiers ont pu disparaître avec leur langage pour des raisons climatiques par exemple, et être remplacés par d'autres ; c'est ainsi qu'Homo Sapiens, dont tous les humains actuels descendent, apparu il y a cent à deux cents ans au Moyen Orient, a migré à son tour sur tous

l'existence de tous premiers mots. Or, plusieurs spécialistes du langage considèrent que ces premiers mots auraient été ceux permettant de distinguer un objet unique de deux objets de même nature. L'homme aurait donc commencé par compter, par dire deux nombres !

Mais quand on parle à l'OM d'un langage fait de deux signes, le second étant « deux fois le premier », à quoi pense-t-il immédiatement ? A la CW bien sûr, et qui oserait lui dire qu'on ne peut rien exprimer avec un langage aussi primaire (cf. illustration 1) ! Ainsi, Homo Erectus pourrait avoir inventé, comme son arrière-arrière-... arrière-petit-fils Samuel Morse (1791-1872) le ferait plus tard, un moyen simple mais performant de communiquer, moyen qui allait constituer les bases du langage et des nombres.

Zéro en maths, ça c'est très fort !

Faisons un bond dans le temps pour nous retrouver en Inde au 3ème siècle. On y invente la numération décimale de position de Bakhsali avec son zéro, invention comparable à celles de l'agriculture, du feu, de la roue ou de la machine à vapeur, en termes de facultés nouvelles pour la civilisation. L'âge d'or des mathématiques s'y situe au milieu du premier millénaire avec les deux grands mathématiciens indiens que sont Aryabhata (476-550) et Brahmagupta (598-670). Le premier publie *l'Aryabhatyia* et le second le *Brahmasphutasidhânta*[4] en 628. Ces ouvrages traitent d'astronomie mathématique et d'analyse des équations ; ils révèlent une parfaite maîtrise de la notation décimale de position au moyen des 9 chiffres et du zéro.

Toutes les grandes civilisations anciennes disposant de l'écriture ont eu des systèmes de numération, parfois très élaborés. C'est ainsi que le système à base 60 des Babyloniens, et celui à base 24 des Egyptiens, bien que vieux de milliers d'années, ont duré jusqu'à nos jours pour la mesure du temps malgré leur complexité. Egyptiens, Grecs, Romains avaient des nombres mais, ce qui nous paraît incroyable aujourd'hui, personne, avant les Indiens, n'avait inventé cet objet fabuleux qu'est le zéro[5]. Certains sociologues pensent que la raison principale de cette incompétence généralisée est sordide : en conservant des systèmes de numération dont on dirait aujourd'hui qu'il fallait « être ingénieur pour les comprendre », ces sociétés maintenaient en place des castes de « grands prêtres du calcul » dont le pouvoir reposait précisément sur le non-partage du savoir... Voltaire lui-même, en 1764, écrivait dans le dictionnaire philosophique *« le pouvoir des nombres est d'autant plus grand que l'on n'y comprend rien »*.

Le zéro a donc été « créé », comme le système de chiffres qu'on appelle à tort « les chiffres arabes » en Inde à une époque où la « civilisation européenne » se préoccupait moins de sciences que de donner des Chrétiens à manger aux lions dans les cirques[6]. C'est la civilisation arabe qui les a ensuite apportés au reste de l'Europe (Grenade, capitale de l'Andalousie musulmane de 711 à 1492, était, avec Bagdad, une cité d'un rayonnement culturel extraordinaire), où ils ont progressé du 7ème au 13ème siècle, lentement car l'Eglise s'opposait à ces « chiffres des infidèles ». Ce n'est finalement qu'au 14ème siècle que l'Occident chrétien adoptera le zéro. A l'origine, le graphisme de ces chiffres n'était pas celui que nous lui connaissons aujourd'hui (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) et qui s'est normalisé au 15ème siècle lors du développement de l'imprimerie.

Mais qu'est-ce que ce zéro et ces autres chiffres avaient donc de si extraordinaire par rapport aux autres symboles, par exemple aux chiffres romains que nous lisons sur les horloges ? Pour vous en convaincre, livrez-vous simplement à l'exercice consistant à revivre le rêve de notre OM repassant sa licence, en

---

les continents en se substituant aux humains en place (comme Homo Neandertalensis par exemple) ; des langages, périssables comme l'auraient été des « ordinateurs en bambou », peuvent donc avoir disparu sans laisser de trace.

[4] mot qui signifie « Ouverture de l'Univers »

[5] Mayas, Chinois et Babyloniens sont les seuls qui aient disposé, avec les Indiens, de systèmes de numération comprenant « quelque chose ressemblant au zéro », ce qui explique en particulier leur haut niveau de précision dans les calculs astronomiques par rapport aux autres civilisations telles qu'Egyptiens, Hébreux et Grecs.

[6] Temps de décadence de l'empire romain qui va s'effondrer au siècle suivant. Le Moyen Age et son millénaire de « retard scientifique de l'Occident » arrive. Les amateurs d'uchronie (science du passé reconstruit) pourront lire le beau roman de Lyon Sprague De Camp *« De peur que les ténèbres »* (1939), dans lequel un homme du 20ème siècle va dans la Rome décadente pour éviter le Moyen Age à l'Occident… en apportant le zéro et les chiffres indiens aux Romains. Plus sérieusement, le thème des « zigzags de l'histoire des sciences » est particulièrement bien développé dans l'essai sur l'histoire des conceptions de l'univers *« Les somnambules »* d'Arthur Koestler (Calmann-Lévy, 1960).

supposant que seuls les chiffres romains existent *« ...si Z=XXV Ohms et $I_{efficace}$=MCCCXXV microA. Que vaut la tension efficace ? »*... Par quelle opération arriveriez-vous à trouver le résultat[7]. Et encore, il s'agit d'entiers petits, et vous avez été dispensés du calcul de racine carrée... Ce ne serait plus un rêve, mais un cauchemar. Et c'est précisément parce qu'ils évitaient le cauchemar des calculs « à la romaine » que les chiffres indiens, dont le zéro, ont conquis le monde.

Le système des chiffres indiens (numération de position comportant un zéro), tout OM en connaît le sens profond puisqu'il retrouve les 3 mêmes idées fondamentales dans le code des couleurs des résistances :
- les symboles de base (chiffres de 1 à 9, ou couleurs) sont des graphismes détachés de toute intuition sensible, n'évoquant pas visuellement le nombre des unités représentées (3 moutons, 3 arbres, 3 Volts sont représentés par le même symbole 3 sans qu'il soit besoin des dessiner des moutons, des arbres, etc[8].),
- les symboles de base ont une valeur qui dépend de la place qu'ils occupent dans la représentation numérique,
- un symbole particulier (zéro ou couleur noire) permet simultanément de remplacer le vide des unités manquantes et d'exprimer le nombre nul.
A partir de là, les seules modifications susceptibles d'intervenir dans les systèmes de numération étaient le choix du graphisme des symboles et celui de la base (base qui ne représente que la façon de grouper les choses qu'on compte).

L'algèbre, *al jebr* de Muhammad ibn-Musa Al-Kharzimi (780-850)

Le *dictionnaire Littré*, qui explique le sens des mots à l'aide d'expressions, au mot "algèbre", indique *"C'est de l'algèbre pour moi, se dit d'une chose à laquelle on ne comprend rien"*... Disons que pour l'OM, écrire U =R.I est, au contraire, de l'algèbre qui lui permet de comprendre et d'exprimer de façon très synthétique ce qui se passe entre ces 3 grandeurs fondamentales que sont intensité, tension et résistance : que deux de ces grandeurs se voient affecter une valeur, la troisième est automatiquement déterminée à son tour. C'est en quelque sorte une extension de la notion de calcul sur les nombres à l'aide de nouveaux symboles (lettres et signes).

Le mot "algèbre" lui-même vient de l'ouvrage *"al jabr w'al muqabala"* (calcul par restauration et réduction) de l'un des plus grands mathématiciens de tous les temps, Abu Jafar Muhammad ibn Musa Al-Khwarizmi, dont le nom "par translittération en latin" a donné "algorithme". Cet ouvrage était ce que l'OM appellerait aujourd'hui un *"handbook"* destiné à résoudre des problèmes très concrets de commerce et d'héritage ; "al jabr" ne veut d'ailleurs pas dire "calcul" mais plutôt "réduction" et "restauration"[9], et concerne les manipulations algébriques consistant, par exemple, à amener dans une équation les termes inconnus dans le premier membre et les termes connus dans le second. Le génie d'Al-Khwarizmi fut en quelque sorte d'avoir été le premier à oser "nommer la chose" (*al shay*, l'inconnue) et à lui imposer les mêmes règles qu'aux nombres. Beaucoup plus tard, vers 1600, René Descartes (1540-1603) et François Viète (1596-1650) donneront à l'écriture algébrique son formalisme actuel, en particulier en recourant aux lettres de l'alphabet latin pour désigner les inconnues. Pourrait-on décrire l'électromagnétisme et ses lois sans le recours à l'algèbre? Clairement, non. C'est, par exemple, parce que James Maxwell (1831-1879) a eu le génie de relier par des relations algébriques (particulièrement abstraites mais, précisément, de ce fait très puissantes[10]) les 4 grandeurs caractéristiques de l'état électromagnétique d'un milieu (champ et induction électromagnétiques, charge, courant) que les progrès les plus spectaculaires ont pu être accomplis ensuite, en particulier la découverte des ondes par Heinrich Hertz (1857, 1894).

---

[7] L'inexistence du zéro chez les Romains les avait conduit à une extrême difficulté d'exprimer les nombres au-delà de quelques milliers, sauf à faire des acrobaties calligraphiques impressionnantes ; on peut s'en faire une idée en visitant l'excellent site http://perso.ens-lyon.fr/jean-luc.beuchat/These/ch2.pdf . Les chiffres romains n'étaient pas faits pour calculer. Quand il fallait néanmoins partager un héritage ou faire du commerce, et donc calculer, on avait recours à un abaque (du grec « abax », qui signifie « table » ou « buffet »), instrument qui est l'ancêtre du boulier. Il aurait alors fallu des heures à notre OM rêveur pour répondre avec un abaque, et il n'aurait pas obtenu sa licence…

[8] et comment dessiner des Volts ? Cet exemple montre toute la puissance de conceptualisation d'un chiffre.

[9] un dictionnaire espagnol indique que le mot « algébra » voudrait dire « rebouteux » dans certaines provinces d'Espagne et aurait signifié en espagnol ancien « rapprochement d'os séparés » ; mais ne parle-t-on pas encore aujourd'hui de « réduction d'une fracture » ?

[10] cf. bibliographie, article de F6FQX « les 4 formules magiques du Professeur Maxwell »

Cette puissance du concept d'algèbre est telle qu'en mathématiques modernes, on l'a généralisé : le très sérieux *American Heritage Dictionnary* écrit *" une algèbre est la réunion d'un ensemble et d'opérations sur cet ensemble qui obéissent à certaines lois"*. On remarque au passage que même la référence aux nombres a disparu. Mais, au juste, sait-on bien ce que sont les nombres et d'où ils nous viennent ?

Les nombres, poupées russes, en deçà du réel et au-delà de l'imaginaire

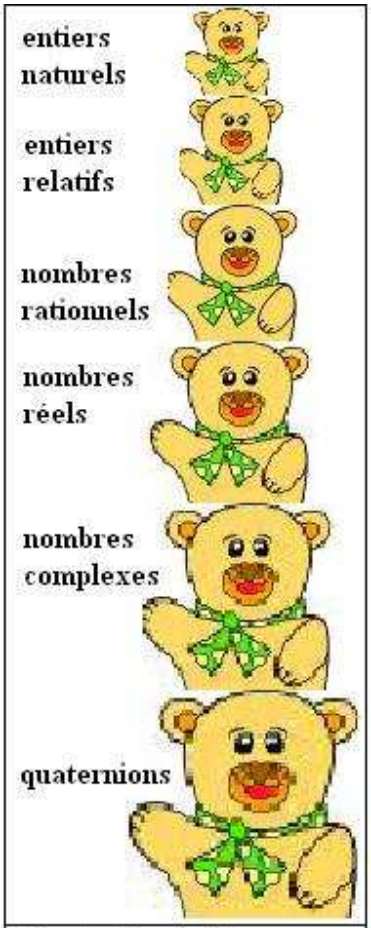

illustration 2 : les familles de nombres s'emboîtent comme des poupées russes

Le *dictionnaire Larousse*, très honnêtement, écrit qu'il n'est pas possible de définir un nombre *: «… notion fondamentale des mathématiques… qui ne peut faire l'objet d'une définition stricte »*. D'autres dictionnaires s'y risquent, mais ne font finalement que « se mordre la queue », renvoyant de « nombre » vers « chiffre », puis de « chiffre» vers «calcul»[11], puis de « calcul » vers « nombre » (ce que les mathématiciens appellent «un raisonnement circulaire», ce que Dupond et Dupont font dans « Tintin au pays de l'or noir » en suivant leurs propres traces de jeep dans le désert...). Un zoologue humoriste pourrait dire que le nombre est au bestiaire mathématique ce qu'est l'éléphant à la faune africaine : en donner une description précise est difficile, mais si on en rencontre un, on ne le confond pas avec une girafe... La raison de cette difficulté à dire ce qu'est un nombre a conduit certains mathématiciens à écrire des traités entiers sur ce concept[12]. Faisons leur confiance et disons simplement qu'il s'agit d'un concept fondamental [certains disent « **le** » concept fondamental] des mathématiques. Mais c'est un concept vivant et capable de

[11] dont l'origine latine signifie « caillou », ce qui indique la façon originelle de compter des Romains.
[12] Cf. les travaux considérables du collectif Nicolas Bourbaki au milieu du 20ème siècle à ce sujet.

s'adapter aux besoins de son inventeur (Homo Erectus, relayé par Homo Sapiens). Depuis une centaine d'années, on considère que la grande saga des nombres est achevée et qu'elle a abouti à 6 grandes familles dont chacune « englobe la précédente » à l'image des poupées russes[13] (cf. illustration 2). Plaçons nous du point de vue de l'OM et de l'usage qu'il fait de ces familles de nombres pour mieux comprendre leurs différences, comment et pourquoi elles sont apparues.

Les **nombres entiers naturels**, première famille, écrits avec les chiffres indiens en usage aujourd'hui, sont constitués de la suite infinie (1, 2, 3, 4, 5, etc.) ; comme on l'a vu, ils sont nés avec le langage articulé il y a plusieurs centaines de milliers d'années. Toutes les anciennes civilisations qui ont laissé des écrits, des Babyloniens aux Mayas, y ont eu recours, souvent de façon religieuse, voire superstitieuse (mais ne trouve-t-on pas encore, en plein 21ème siècle, des adeptes de la numérologie, croyance qui est à l'arithmétique ce que l'astrologie est à l'astronomie ?). Le qualificatif de « naturels », qui leur est aujourd'hui attribué, est d'ailleurs révélateur de la difficulté que nous avons à les spécifier (« nature » a la même origine que « naître » ; ils sont de facto considérés comme « innés », « s'imposant » à l'homme dès sa naissance plus que résultant de son expérience). Le zéro les a rejoints lors de l'invention des chiffres par la civilisation indienne.

Malgré leur ancienneté, les entiers naturels n'ont pas pris une ride : l'OM le sait bien car beaucoup des grandeurs qu'il utilise sont des entiers naturels (points S, année de sa licence, quantité d'éléments de sa Yagi, quantité de QSO lors du dernier concours, nombre de contraventions sur son pare-brise devant le radio-club, etc.). L'informatique, avec son langage fait de 1 et de 0, les a rendus encore plus jeunes, sans parler du plus célèbre des moteurs de recherche sur Internet, Google, dont le nom signifie 10 puissance 100 (un 1 suivi de 100 zéros).

Les **nombres entiers relatifs**, famille suivante, complètent les entiers naturels par adjonction des entiers négatifs (-1, -2, -3, -4, -5, etc.). L'OM connaît bien aussi les nombres négatifs : il les utilise par exemple quand il donne la température lors d'un QSO hivernal, quand il polarise la grille d'un tube à –120 Volts, ou quand il calcule le niveau de son budget radio après l'achat de l'émetteur de ses rêves. Mais ces « grands anciens » que sont les entiers naturels ont parfois eu des comportements bien peu accueillants pour les plus jeunes que furent les entiers relatifs : au Moyen Age encore, résoudre des équations consistait en fait à en trouver les seules racines positives puisque les nombres négatifs n'étaient pas encore considérés comme de vrais nombres. Et il faudra attendre Nicolas Chuquet (1445-1500) à la fin du 15ème siècle, pour que l'Occident chrétien les adopte, non sans mal puisqu'on raconte que même à la fin du 18ème siècle, le grand Lazare Carnot (1753-1823) protestait contre le fait *« …qu'enlever quelque chose de rien est impossible… »*. Et pourtant, ils avaient été utilisés par le savant indien Brahmagupta dès le 7ème siècle.

Les **nombres rationnels,** famille suivante, sont ce que nous appelions des fractions quand nous étions en CM2[14], ces choses qu'il nous fallait torturer (PPCM et PGCD sont des sigles à qui nous devons tous quelques mauvaises notes à la communale). Historiquement, ils sont apparus avant les relatifs puisque les Grecs les pratiquaient, notamment en relation avec la géométrie de Thalès et d'Euclide (respectivement 6ème et 3ème siècles avant notre ère) qui permettait, à l'aide de parallèles, de découper n'importe quel segment en autant de parties que l'on voulait (dénominateur) puis, par regroupement d'une certaine quantité d'entre elles (numérateur), de se représenter graphiquement toute fraction[15]. Le qualificatif de « rationnel » doit s'entendre non pas comme « doué de raisonnement » mais comme « représentant un rapport », du latin « ratio » qui signifiait « mesure » ou « rapport ». Un nombre décimal est bien sûr un type de rationnel particulier (par exemple 1,732 peut s'écrire 1732/1000). L'OM utilise les nombres rationnels surtout lorsqu'il parle de ses antennes (1/4 d'onde, 5/8 d'onde, etc.).

---

[13] Par « saga achevée », il faut entendre qu'au-delà de la dernière famille des quaternions, il n'y a plus d'autre poupée russe ayant « les mêmes traits que ceux des poupées précédentes » ; mais beaucoup d'autres « poupées », différentes, ont été inventées néanmoins (nombres p-adiques, octonions, bi-quaternions, etc.).

[14] en CM2, sauf erreur de ma part, on n'apprend pas encore les nombres négatifs ; or, en toute rigueur, les nombres rationnels comprennent toutes les fractions, positives ou négatives.

[15] Conceptuellement s'entend, car l'écriture actuelle de la fraction, avec une barre, un chiffre au-dessus et un en dessous, sera inventée par la civilisation arabe vers le 10ème siècle, et apparaît en Occident chrétien avec les travaux de l'évêque mathématicien Nicole d'Oresme (1325-1382) au 14ème siècle.

Les **nombres réels**, famille suivante, sont nés dans la douleur aussi, car ce furent des enfants non désirés, en particulier de l'école de Pythagore au 5ème siècle avant notre ère, pour qui les nombres relevaient de la perfection divine. A ce titre, tous les nombres se devaient d'être des rationnels. Or, cette école découvrit que la longueur de la diagonale d'un carré ne peut pas s'exprimer par une fraction en fonction de la longueur d'un côté. On raconte que Pythagore voulant tenir secrète cette découverte non conforme à ses principes, aurait fait mettre à mort Hippase de Métaponte, un de ses disciples trop bavard... Les nombres réels comprennent les rationnels, et les irrationnels (dont certains « encore plus irrationnels que les autres » sont appelés transcendants[16]) qui ne peuvent s'exprimer sous forme de fraction d'entiers relatifs, mais qu'on peut approcher d'aussi près qu'on veut « par en haut » et « par en bas » par des nombres rationnels. Par exemple, la diagonale d'un carré de 1m de côté vaut entre 1,41m et 1,42m ou entre 1,414m et 1,415m ou entre 1,4142m et 1,4143m et ainsi de suite. L'OM connaît bien deux nombres réels non rationnels par ailleurs très célèbres : d'une part celui que nous venons d'évoquer, « racine de 2 », qu'il utilise pour calculer une tension crête à partir d'une tension efficace, d'autre part π (pi) qu'il utilise pour évoquer le déphasage de deux tensions opposées[17]).

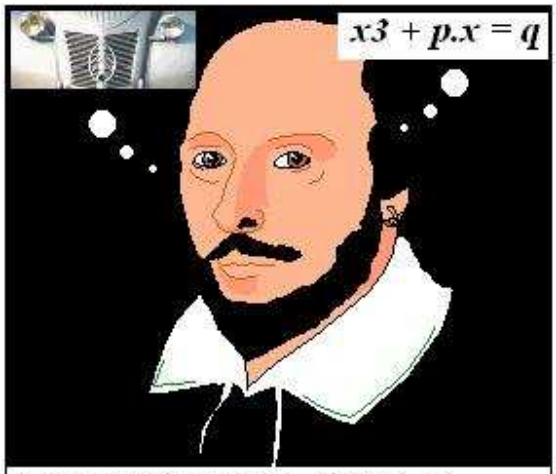

illustration 3 : Jérôme Cardan, un homme de la Renaissance, inventeur du très abstrait (les racines de l'équation du 3ème degré) et du très concret (le cardan de nos bonnes vieilles 2 CV).

Les **nombres complexes**, famille suivante, sont nés encore plus douloureusement que les précédents. A tel point qu'on les a d'abord appelés « nombres impossibles » puis « nombres imaginaires », cette dernière désignation ayant finalement été conservée pour certains d'entre eux. Un des premiers savants à les introduire fut Jérôme Cardan (1501-1576) au milieu du 16ème siècle[18], plus connu de nos jours pour avoir

[16] Le lecteur, à ce stade, peut trouver que cela fait beaucoup d'appellations pour ce qui n'est après tout qu'un nombre au sens commun (donc « réel »), par exemple la mesure d'une distance entre deux points d'une droite ; en fait, les nombres réels peuvent se ranger suivant deux méthodes différentes, (1) soit en rationnels et irrationnels, (2) soit en algébriques et transcendants. Sont rationnels les fractions avec un entier au numérateur et un autre au dénominateur comme « 5/8 » ; sont irrationnels tous les autres (comme « racine de 2 » ou « pi ». Sont algébriques les nombres solutions d'équations polynomiales à coefficients entiers comme « racine de 2 » ; sont transcendants tous les autres comme « pi ». On remarquera qu'irrationnels et transcendants n'étaient à l'origine définis que par ce qu'ils n'étaient pas… Les travaux fondamentaux de Richard Dedekind (1831-1916) et Georg Cantor (1845-1918) permirent de sortir de cette situation peu satisfaisante pour l'esprit.

[17] π est la première lettre des mots grecs περιμετροσ (périmètre) ou περιπηεριια (périphérie), et c'est Euler qui a définitivement imposé le symbole π pour ce nombre en 1748 ; son transcendance a été démontrée par Ferdinand von Lindemann en 1882, mettant fin à des siècles de spéculation sur la quadrature du cercle (encore que les académies des sciences reçoivent encore chaque année des démonstrations à ce sujet…)..

[18] certains attribuent la toute première évocation des « nombres impossibles » à Héron d'Alexandrie (3ème siècle de notre ère), mais ce n'est vraiment qu'au 16ème siècle qu'on en verra l'utilité grâce à Raffaele Bombelli (1526-1576) et à Gerolamo Cardano (Cardan, en français) .

inventé l'articulation mécanique qui porte son nom, et à laquelle les conducteurs de 2 CV des années 50 doivent des mouvements saccadés dans les virages serrés (cf. illustration 3). Cardan eut l'idée géniale de raisonner avec « du faux » [racine carrée de (-1), un « être mathématique impossible » car tout nombre connu alors, élevé au carré, donnait un nombre positif] pour résoudre de « façon vraie », et très élégante, les équations du 3ème degré. Cet « être impossible » allait être appelé à un très brillant avenir sous le nom de « i » que lui donna Leonhardt Euler (1707-1783), et que les électriciens rebaptiseront « j » pour éviter la confusion avec une intensité. C'est à ce même Euler qu'on doit la structuration conceptuelle actuelle des nombres complexes, notamment avec la synthèse entre calcul exponentiel (« l'inverse » du calcul logarithmique, que l'OM pratique en manipulant les dB) et nombres complexes. Après avoir ainsi baptisé le nombre « i », Euler a apporté un autre nombre au bestiaire mathématique, le nombre e (réel compris entre 2,71 et 2,72) et établi la célèbre formule qui relie entre eux « i », « e » et « π », à savoir $e^{i.\pi} = -1$ (traduction mathématique de « *on se retourne pour faire demi-tour* »...). Les réels correspondent aux points d'une droite orientée et munie d'une origine (un axe), les complexes aux points d'un plan repéré par deux axes : en passant des réels aux complexes on passe donc d'un espace à une dimension (droite) à un espace à deux dimensions (plan).
L'apport des nombres complexes à l'électromagnétisme est immense, car ils permettent d'exprimer très simplement les phénomènes de déphasage, de « séparer temps et espace », de « développer en série », etc. . L'OM les utilise de facto chaque fois qu'il retaille un dipôle pour l'amener à la résonance, qu'il réduit le ROS dans une ligne, qu'il fait fonctionner une boîte de couplage ; dans les 3 cas, il s'attaque au nombre complexe Z=R+j.X représentant l'impédance d'une charge pour rapprocher sa partie réelle R d'une valeur donnée (l'impédance caractéristique de la ligne) et pour annuler sa partie imaginaire X. On peut penser que la diffusion actuelle d'outils donnant les termes R et X des impédances (l'impédancemètre de l'OM rêveur, les logiciels d'antennes issus de NEC, etc.) familiarisera encore davantage l'OM avec les nombres complexes.

Les **quaternions**, dernière famille, ne sont évoqués ici que brièvement et pour être complet car l'OM ne les utilise pas. On les doit à William Hamilton (1805-1866) qui inventa ainsi une extension de la famille des nombres complexes ; on était passé de une à deux dimensions en allant des réels aux complexes, on passe de deux à quatre[19] dimensions en passant des complexes aux quaternions. Ces derniers ne sont pas inutiles : les équations de Maxwell furent formulées en y faisant appel, et la physique quantique s'en sert également.

En guise de conclusion : OM allergique aux mathématiques, réjouis toi, car depuis 2003 les maths appartiennent peut-être au passé !

illustration 4 : bien empiler les oranges ou les boulets de canon, question mathématique très difficile vieille de 400 ans..

[19] Hamilton chercha d'abord, en vain, à passer de deux à trois dimensions.

En janvier 2004, le mensuel US Discover a titré : *« les mathématiques appartiennent-elles au passé ? »*. Keith Devlin, directeur du centre d'études du langage et de l'information de l'université de Stanford, Californie, y écrit qu'en 2003, et pour la première fois dans l'histoire, le concept de preuve mathématique a été remis en cause. Après cinq ans d'étude par le jury du prestigieux *« Annals of Mathematics »*, la démonstration proposée en 1998 par Thomas Hales de la conjecture de Johannes Kepler (1571-1630)[20], a été déclarée peut-être vraie, peut-être fausse... Cela pose la question « qu'est-ce qu'une preuve mathématique ? » et il conclut *« la preuve est aux mathématiciens ce que l'expérimentation est aux scientifiques : le moyen de distinguer le vrai et le faux. Après les évènements de 2003… les mathématiciens, comme les juges, peuvent être désormais amenés à décider non qu'une preuve est absolue, mais qu'elle est vraie sous réserve d'un doute raisonnable. »* Un tel acte d'humilité, qui vient après des siècles de certitude, voire d'arrogance, des mathématiques[21], rappelle ce que disait Arthur Eddington (1882-1944)[22] à propos de la confusion entre les chiffres mesurant un phénomène et les qualités du phénomène lui-même *« Nous connaissons des relevés d'appareils, non les qualités. Les premiers ressemblent aux secondes comme un numéro de téléphone à un abonné »*.
L'OM, expérimentateur par essence, préfère, lui, les phénomènes aux chiffres, et tant pis (ou tant mieux) s'il n'est pas vraiment « Ohmo Mathematicus ».

Bibliographie :

- *Histoire universelle des chiffres, "L'intelligence des hommes racontée par les nombres et le calcul", Georges Ifrah, Robert Laffont, collection Bouquins, 1994*
- *L'Odyssée de l'Espèce, Nicolas Buchet, Philippe Dagneaux, Yves Coppens, EPA Hachette-Livre 2003*
- *L'histoire des mathématiques, Richard Mankiewicz, Denis Guedj, Seuil 2001.*
- *Denis Guedj, L'empire des nombres, Découvertes Gallimard, 1996*
- *Nombre complexe, <http://fr.wikipedia.org/wiki/Nombre_complexe>*
- *Introduction to the Quaternions, <http://www.lboro.ac.uk/departments/ma/gallery/quat/intro.html>*
- *Conway, J.H. and Guy, R.K. The Books of Numbers, New-York: Springler, 1996*
- *Discover, January 2004, Mathematicians Face Uncertainty, p. 36*
- *Discover en español, Octubre 2003, volumen 7, Evolucion Humana, Nuevos Descubrimientos, p.20-29*
- *L'aventure des langues : Hachette Jeunesse, http://bigbang-net.com/*
- *F6FQX, articles Radio-REF dont plusieurs évoquent mathématiques et physique, http://f6fqx.chez.tiscali.fr/*

[20] une conjecture est une affirmation mathématique non encore démontrée ; Johannes Képler s'était vu demander par le roi quelle était la façon de stocker le maximum de boulets de canon sur un navire. Le savant avait répondu qu'il fallait les empiler en pyramide comme font les vendeurs d'oranges à leur étalage (cf. illustration 4), mais n'était pas parvenu à démontrer pourquoi.

[21] Pensons à ce que dirent des grands savants comme Paracelse (1493-1541) qui plaçait les mathématiques au-dessus de la puissance divine *(« Dieu peut faire un âne à trois queues mais non pas un triangle à quatre côtés ! »)* ou Gauss (1777-1855) qui les magnifiait à l'excès (*« la mathématique est la reine des sciences ! »)* .

[22] ce savant découvrit en 1920 l'origine thermonucléaire de l'énergie solaire.