

R

ENDEZ-VOUS

P.78 Logique & calcul
 P.84 Art & science
 P.88 Idées de physique
 P.92 Chroniques de l'évolution
 P.96 Science & gastronomie
 P.98 À picorer

AVANTAGE POUR LA BASE SEIZE

**Le binaire est trop bavard, le décimal malcommode:
et si l'hexadécimal était la solution optimale?**

L'AUTEUR



JEAN-PAUL DELAHAYE
 professeur émérite
 à l'université de Lille
 et chercheur au
 laboratoire Cristal
 (Centre de recherche
 en informatique, signal
 et automatique de Lille)

Les machines électroniques utilisent le binaire. La raison en est que les mémoires électroniques sont basées sur des systèmes physiques qui possèdent deux états: troué ou non troué (pour les cartes perforées); chargé ou non chargé (condensateurs); brûlé ou non brûlé (CD et DVD); un courant passe ou ne passe pas (circuits électroniques), etc. On a bien sûr imaginé des dispositifs physiques possédant trois états: cela a permis de développer des ordinateurs ternaires (voir l'encadré 2). On peut même envisager quatre états ou plus! Cependant, les avantages de ces concurrents du binaire ne sont pas certains, et les machines qui tentaient de les utiliser ont été abandonnées, ce qui a conduit à un univers informatique aujourd'hui exclusivement binaire.

Reste que le binaire est illisible pour un humain, car trop bavard: pour écrire un nombre entier de l'ordre du milliard, par exemple, il faut dix chiffres décimaux contre trente chiffres binaires! De plus, le binaire, avec son 0 et son 1, n'exploite pas pleinement notre capacité à distinguer plus de deux symboles. Notre habitude de la numération décimale nous fait donc attendre des machines qu'elles l'utilisent pour communiquer avec nous. Ces dernières doivent ainsi convertir en binaire les données que nous lui fournissons en numération décimale, pour les enregistrer et travailler avec, et convertir à nouveau leurs résultats binaires en décimal, pour nous les retourner.

Une sorte de compromis un peu bancal est parfois utilisé: le «décimal codé binaire», DCB. Il consiste à écrire les dix chiffres du système décimal en utilisant quatre mémoires binaires (on parle de quatre «bits» d'information): 0=0000; 1=0001; 2=0010; 3=0011; 4=0100; 5=0101; 6=0110; 7=0111; 8=1000; 9=1001. Et tant pis pour les codages non utilisés 1010, 1011, 1100, 1101, 1110 et 1111. Le nombre 1463 sera donc représenté par quatre séries de quatre chiffres binaires: 0001010001100011.

Le DCB et ses nombreuses variantes ont été largement utilisés en électronique et en informatique, en particulier dans les ordinateurs de la marque IBM, qui dominaient largement le marché dans les années 1960-1970. Aujourd'hui on s'en sert encore parfois, soit directement pour du matériel soit pour l'écriture de logiciels où est pratiqué un codage intermédiaire.

Ces systèmes hybrides, s'ils sont une solution pour certaines applications, ne sont cependant qu'un pis-aller. C'est pourquoi d'autres pistes ont été explorées pour faciliter la communication numérique entre humains et machines. L'octal (numération en base huit) et l'hexadécimal (numération en base seize) sont les deux principales.

Ces bases possèdent l'avantage de permettre des conversions immédiates vers et depuis le binaire: il suffit de regrouper les chiffres binaires par trois pour les convertir en octal, et par quatre pour les convertir en hexadécimal. Considérons



Jean-Paul Delahaye
 a récemment publié:
Au-delà du Bitcoin
 (Dunod, 2022).

par exemple le nombre entier 1463 (en décimal). Il s'écrit 10110110111 en binaire. Pour l'écrire en octal, on sépare les chiffres binaires par tranches de longueur trois à partir de la droite: 10110110111. On ajoute si nécessaire quelques zéros en tête: 010110110111. Il suffit ensuite d'utiliser la substitution associée aux égalités: 0=000; 1=001; 2=010; 3=011; 4=100; 5=101; 6=110 et 7=111, ce qui ici donne l'entier 2667 en octal pour l'entier 1463 en décimal.

Pour l'hexadécimal, un procédé analogue existe, mais l'écriture des chiffres en base seize oblige à ajouter six symboles à nos dix chiffres arabes usuels. Les symboles ajoutés sont le plus souvent A, B, C, D, E et F, correspondant aux «chiffres hexadécimaux» 10, 11, 12, 13, 14 et 15. Reprenons l'exemple de 1463 (en décimal) qui s'écrit 10110110111 en binaire. On le sépare cette fois-ci en tranches de longueur quatre à partir de la droite: 10110110111. On ajoute, si c'est nécessaire, des zéros en tête: 010110110111. Puis on substitue à partir des égalités: 0=0000; 1=0001; 2=0010; 3=0011; 4=0100; 5=0101; 6=0110; 7=0111; 8=1000; 9=1001; A=1010; B=1011; C=1100; D=1101; E=1110; F=1111. On obtient donc que l'entier 1463 (en décimal) s'écrit 5B7 en hexadécimal.

HEXADÉCIMAL VS OCTAL

L'octal a été utilisé en électronique, et l'est parfois encore. Il est, par exemple, toujours à la base des transpondeurs en aéronautique. Cependant, l'hexadécimal joue aujourd'hui un rôle bien plus important que l'octal. Il existe par exemple des éditeurs de texte spécialisés

pour l'hexadécimal. Ils sont indispensables aux informaticiens qui doivent examiner de près les bits des ordinateurs et des divers dispositifs de stockage numériques, car lire et manipuler des fichiers informatiques binaires d'abord traduits en hexadécimal (ce qui est instantané) est bien plus adapté aux capacités visuelles et de mémorisation des êtres humains que s'ils restaient sous forme de suites de 0 et de 1.

Si l'hexadécimal l'a emporté sur l'octal, c'est encore pour une question de binaire. Pour compter, dans le domaine de l'informatique ou du numérique, on privilégiera toujours la base deux ou une base qui soit une puissance de deux. Ainsi, pour compter les mémoires binaires, il vaut mieux les regrouper par deux, par quatre, par huit, par seize, etc. Un regroupement par quatre, qui conduit à l'hexadécimal, est donc plus en adéquation avec le reste des usages informatiques qu'un regroupement par trois, qui donne l'octal. C'est l'explication de l'importance, aujourd'hui encore, de l'hexadécimal, qui s'est presque toujours imposé face à l'octal.

Regrouper les mémoires binaires par blocs est important pour en mesurer la quantité. Plutôt que les bits, cela a conduit à adopter comme unité de mesure de la mémoire les regroupements par huit (plus adaptés que des regroupements par deux ou quatre, qui n'offrent pas suffisamment de possibilités pour coder tous les caractères). Ce sont les «octets», ou *bytes* en anglais... à ne pas confondre avec «bits»! Un octet correspond à deux nombres en hexadécimal, et c'est donc souvent ainsi qu'ils sont représentés dans les éditeurs de texte spécialisés pour les travaux informatiques proches de la machine.

1

BINAIRE ET HEXADÉCIMAL

Les numérations binaire (en base deux) et hexadécimale (en base seize) sont centrales en informatique. Rappelons comment on convertit un nombre entier du système de numération décimale vers chacune de ces deux bases.

PASSAGE DU DÉCIMAL AU BINAIRE

Convertissons, par exemple, 25 (en numération décimale) en base deux.

On effectue la division euclidienne de 25 par 2 : $25 = 2 \times 12 + 1$.

Le reste est 1, donc le dernier chiffre de l'écriture binaire de 25 sera un 1.

On divise à présent le quotient de la division précédente, 12, par 2 : $12 = 2 \times 6$. Pas de reste, donc devant le 1 ce sera un 0 : l'écriture binaire de 25 se terminera par 01. On répète le procédé.

On divise le quotient par 2 : $6 = 2 \times 3$, pas de reste donc devant 01 ce sera un 0.

On divise le quotient par 2 : $3 = 2 \times 1 + 1$, reste 1 donc devant 001 ce sera un 1.

On divise le quotient par 2 : $1 = 2 \times 0 + 1$, reste 1 donc devant 1001 ce sera un 1.

Le quotient de la dernière division est 0 : on arrête ici le procédé.

Résultat : 25 (en base dix) s'écrit 11001 en base deux.

PASSAGE DU DÉCIMAL À L'HEXADÉCIMAL

On peut utiliser la même méthode en effectuant des divisions euclidiennes par 16 au lieu de 2, et en écrivant de droite à gauche les restes successivement obtenus (notés avec les chiffres de 0 à 9 quand ces restes sont strictement inférieurs à 10, et avec les lettres de A à F pour les restes allant de 10 à 15).

On peut aussi passer par la base deux, puis regrouper les chiffres binaires par paquets de quatre, comme expliqué dans le texte.

Plutôt que de coder sur huit bits avec des octets, on peut envisager une économie de mémoire en se contentant de sept bits pour chaque caractère. Ce fut le choix opéré par le fameux ASCII (*American standard code for information interchange*), créé dans les années 1960 et à la base de la plupart des systèmes de gestion de fichiers et de données. Le jeu de caractères ASCII prévoit des codes pour les caractères #, \$, %, &, @, mais pas pour €, é, è, ê, à, ï, œ, ç. Cette limitation est à l'origine des contraintes encore imposées aujourd'hui pour les caractères autorisés dans une adresse électronique, une adresse web ou les noms des fichiers informatiques. En raison de ces limitations et à cause du fait que sept n'est pas une puissance de deux, en pratique, ce sont presque toujours des variantes de l'ASCII utilisant huit bits qui sont adoptées quand on conçoit des systèmes de gestion de fichiers numériques.

Retenez de tout cela qu'aujourd'hui presque tous les systèmes électroniques codent les caractères avec huit bits d'information, c'est-à-dire un octet, ou encore deux nombres hexadécimaux. Les puissances de deux s'imposent partout, et quand on a voulu y échapper – avec l'octal et ses trois bits d'information, ou avec les codages ASCII et leurs sept bits d'information – on a fini par en revenir pour privilégier les quatre bits de l'hexadécimal pour les nombres, et les huit bits par caractère pour les fichiers numériques courants d'aujourd'hui.

Et puisque même pour désigner les octets le plus commode et le plus courant consiste à utiliser deux chiffres hexadécimaux (donc deux symboles parmi les seize de la liste: 0, 1,

2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F), on peut affirmer que l'hexadécimal est devenu l'outil gagnant des échanges numériques, à la fois proche de la machine et permettant aisément de communiquer avec elle, car ajusté aux capacités humaines. Mais qui l'a compris le premier? A-t-on envisagé d'abandonner le décimal pour l'hexadécimal, au-delà du cas particulier de la communication avec les machines? Quelle est l'histoire de cette base de numération qui domine aujourd'hui le monde numérique?

LE « SEDECIMAL » DE LEIBNIZ

Même si l'on trouve des prémices du système de numération binaire très tôt dans l'histoire humaine, les historiens s'accordent pour désigner Gottfried Leibniz comme l'inventeur de ce système, qu'il aurait conçu en 1689 en s'inspirant des hexagrammes chinois. Sa découverte apparaît dans son article «Explication de l'arithmétique binaire», publié en 1703, qui décrit en particulier comment opérer des additions, des soustractions, des multiplications et des divisions en binaire. Conscient que tout entier à partir de 2 donne naissance à un système de numération, il s'est aussi intéressé de près au système de numération hexadécimal, dont on peut considérer qu'il en est aussi l'inventeur. Dans des textes non publiés datés de 1679, Leibniz propose et étudie le système hexadécimal, qu'il nomme pour sa part *sedecimal*. Dans ses diverses notes sur le sujet, il emploie plusieurs notations différentes pour les chiffres. Il utilise d'abord les chiffres usuels de 0 à 9, qu'il fait suivre des lettres *m, n, p, q, r* et *s* pour les symboles supplémentaires nécessaires à la base seize. Mais, par moments, il

2

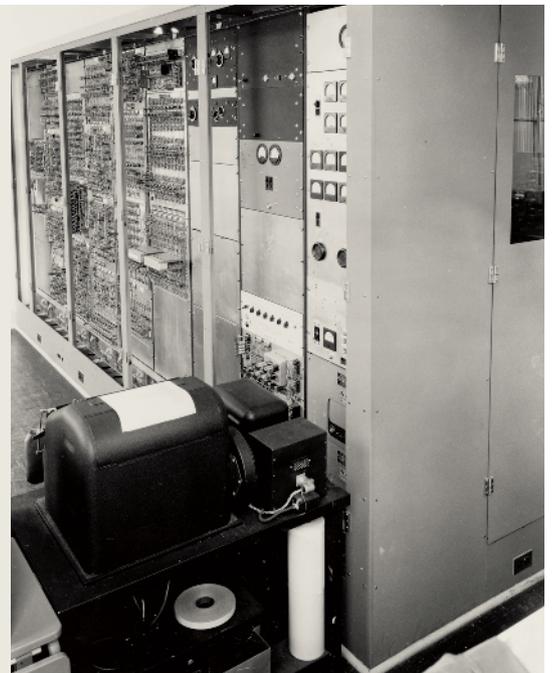
ORDINATEUR TERNAIRE ET USAGE DU TERME HEXADÉCIMAL

L'usage du binaire en informatique, même s'il s'est imposé, n'est pas une nécessité absolue. Plusieurs recherches ont été menées conduisant à des calculateurs ternaires (ou trinaires), c'est-à-dire utilisant pour mémoriser les informations des dispositifs physiques à trois états. L'inventeur britannique Thomas Fowler conçut en 1840 une machine à calculer en bois – oui, en bois ! – qui reposait sur un système ternaire. Nikolai Broussentsov de l'université de Moscou conçut et fit fabriquer en 1958 le premier ordinateur électronique utilisant la base 3, l'ordinateur Setun.

Les États-Unis tentèrent aussi leur chance avec le Ternac, développé en 1973 par l'université de l'État de New York à Buffalo. Il fut seulement simulé sur un ordinateur binaire,

et amena à la conclusion qu'aucun avantage sérieux ne résulterait de l'usage du ternaire.

L'hexadécimal est plus ou moins implicite dans les ordinateurs utilisant le binaire, c'est-à-dire presque tous. Cependant c'est seulement dans un article paru en 1950 présentant le « Standard Eastern Automatic Computer » (Seac) que le mot « hexadécimal » fut utilisé pour la première fois pour désigner la base 16. Le mot s'est ensuite imposé effaçant tous les autres mots utilisés pour désigner la base 16. Le Seac (*voir ci-contre*) était capable de mener une multiplication en 3 millisecondes, il pesait plus d'une tonne. Le document qui contient ce premier usage du terme hexadécimal est accessible en : <https://jovial.com/documents/SEAC.pdf>



utilise aussi les lettres *a, b, c, d, e* et *f* pour les chiffres hexadécimaux au-delà de 9. Une autre fois encore, il préfère utiliser les noms de notes *ut, re, mi, fa, sol* et *la*, et leurs abrégés *u, r, m, f, s* et *l*. En 1682, il propose aussi de noter les chiffres de l'hexadécimal avec seize symboles qu'il invente :

0 ∪ 4 ∪ 8 ∪ 12 ∪
 1 ∩ 5 ∪ 9 ∪ 13 ∪
 2 ∩ 6 ∩ 10 ∪ 14 ∩
 3 ∪ 7 ∩ 11 ∪ 15 ∩

Si Leibniz n'a pas suggéré d'abandonner le système décimal pour le système hexadécimal, d'autres l'ont fait. L'idée est sans doute que, puisque seize est une puissance de deux, il conduit à un système plus homogène que dix, qui est un produit de deux nombres premiers différents. Si on oublie l'informatique, qu'un système soit à préférer aux autres, dès lors qu'il est adapté aux facultés humaines, n'est pas très clair. Il est difficile d'en désigner un comme « meilleur » pour les humains parmi les systèmes à 8, 10, 12 ou 16 chiffres. La numération en base douze a parfois été proposée pour remplacer la base dix, avec l'argument que le nombre douze est le plus petit nombre avec quatre facteurs non triviaux : 2, 3, 4 et 6 – ce qui présente des avantages pour l'identification rapide des multiples de ces nombres en regardant uniquement le dernier chiffre de l'écriture en base douze. La Dozenal Society of America en fait la promotion.

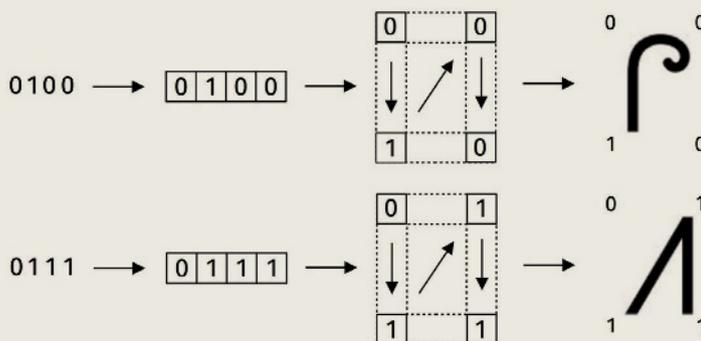
UN RÊVE IRRÉALISTE

Il semble, d'après les historiens britanniques Lloyd Strickland et Owain Daniel Jones, que la première suggestion d'abandon du système décimal au profit de l'hexadécimal date de 1845 et soit due au mathématicien Thomas Wright Hill, dans une communication lue lors d'une réunion de la British Association for the Advancement of Science, à Cambridge. Considérant l'utilisation du terme *stone* dans le comté du Yorkshire, en Angleterre, pour désigner un poids de seize livres, plutôt qu'un poids de quatorze livres, comme c'était l'usage ailleurs en Grande-Bretagne, Hill note que la pratique du Yorkshire permet des divisions par deux successives plus commodes, et qu'il serait donc avantageux d'adopter la base seize – qu'il nomme *sexdecimal* – en abandonnant la base dix. Mais son idée est, semble-t-il, aussitôt oubliée. Deux décennies plus tard, un second défenseur de la base seize réussit à faire un peu plus parler de lui : l'ingénieur américano-suédois John William Nystrom. Il publie en 1862 un ouvrage de défense de l'hexadécimal (qu'il appelle pour sa part « système tonal ») : *Project of a New System of Arithmetic, Weight, Measure and Coins, Proposed*

3

LE BREVET DE BOBY LAPOINTE

Dans son brevet déposé en 1968, Robert Lapointe propose une méthode systématique pour dessiner les seize chiffres de l'hexadécimal, qu'il dénomme le « bibi-binaire » car $16 = 2^2$. Nous l'expliquons en détail sur l'exemple des chiffres 4 et 7. Représentée sur quatre chiffres binaires, l'écriture de 4 est 0100, et celle de 7 est 0111. On place les quatre chiffres binaires dans un carré composé de quatre cases : le premier chiffre en haut à gauche, le second en bas à gauche, le troisième en haut à droite, le dernier en bas à droite. On imagine ensuite un parcours joignant les quatre chiffres binaires en dessinant un symbole qui respecte la convention suivante : quand on rencontre un 1, on place une extrémité de la courbe ou un angle bien net dans le dessin du symbole, et quand on rencontre un 0, on arrondit la courbe.



Les chiffres de Bobby Lapointe évitent les confusions créées par l'usage de symboles communs entre le décimal et l'hexadécimal pour les dix premiers chiffres. La prononciation des chiffres proposée par l'inventeur est aussi déduite d'un système simple à partir des quatre voyelles O, A, E, et I et des quatre consonnes H, B, C, et D.

en toutes lettres	symboles	Décimal	Binaire	Bibi-binaire	écriture rapide	
					manuscrite	phonétique
zéro	0	0000	0 0 0 0	O	HO	O o
un	1	0001	0 0 0 1	1	HA	1 a
deux	2	0010	0 1 0 0	J	HE	J e
trois	3	0011	0 1 0 1	C	HI	C i
quatre	4	0100	0 0 1 0	4	BO	4 bo
cinq	5	0101	0 0 1 1	5	BA	5 ba
six	6	0110	0 1 1 0	6	BE	6 be
sept	7	0111	0 1 1 1	7	BI	7 bi
huit	8	1000	1 0 0 0	8	KO	8 co
neuf	9	1001	1 0 0 1	9	KA	9 ca
dix	10	1010	1 1 0 0	U	KE	U ce
onze	11	1011	1 1 0 1	1	KI	1 ci
douze	12	1100	1 0 1 0	2	DO	2 do
treize	13	1101	1 0 1 1	L	DA	L da
quatorze	14	1110	1 1 1 0	V	DE	V de
quinze	15	1111	1 1 1 1	H	DI	H di

to Be Called the Tonal System, with Sixteen to the Base. Des articles font suite au livre, toujours avec l'idée que nous serions gagnants à échanger la base dix pour la base seize. Pour écrire les chiffres de son «système tonal», Nystrom propose une notation un peu troublante :

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16

Il défend aussi des systèmes d'unités reposant sur la base seize pour les poids, mesures et monnaies, ainsi qu'une horloge divisant le jour en seize heures et un calendrier divisant l'année en seize mois ayant chacun environ vingt-trois jours.

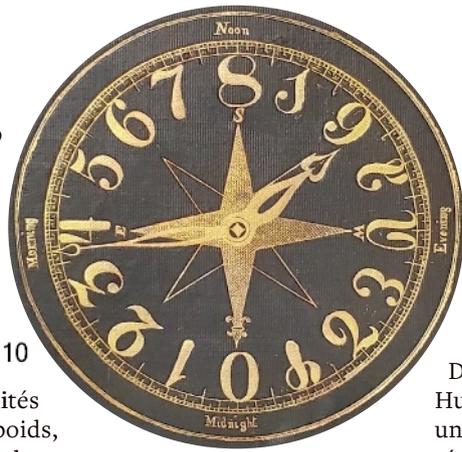
BOBY LAPOINTE ET LE « BIBI-BINAIRE »

Plus récemment, le chanteur-compositeur Bobby Lapointe (1922-1972), de son vrai nom Robert Lapointe, connu pour ses chansons humoristiques mais aussi mathématicien à ses heures, a conçu un système de notation et de désignation des chiffres hexadécimaux qu'il a appelé le «bibi-binaire» – semble-t-il car $16=2^2$.

Il déposa un brevet en 1968 pour son invention, précisant qu'elle serait susceptible d'applications dans l'imprimerie, dans la conception «de cartes perforables», «de machines mécano-graphiques» et «d'ordinateurs électroniques». Dans le texte de son brevet, il écrit que le but de cette invention est d'éviter les confusions ou erreurs liées à l'utilisation des chiffres usuels de 0 à 9 pour les premiers chiffres hexadécimaux, «en appliquant au système hexadécimal [sic] une codification qui, tout en se rapprochant au maximum du langage binaire, s'exprimera de façon plus abrégée».

Son brevet contient deux propositions. D'abord, il suggère que les noms des chiffres de l'hexadécimal soient phonétiquement différents de ceux du décimal. Pour cela il construit ces noms par assemblages de deux éléments à chaque fois, en utilisant le fait que $16=4 \times 4$. Son système s'appuie sur toutes les paires construites avec les quatre voyelles O, A, E et I, et les quatre consonnes H, B, K et D. Il y a seize paires, qui donnent seize sons pour les seize chiffres de l'hexadécimal: 0=HO; 1=HA; 2=HE; 3=HI; 4=BO; 5=BA; 6=BE; 7=BI; 8=KO; 9=KA; 10=KE; 11=KI; 12=DO; 13=DA; 14=DE et 15=DI.

Il propose ensuite, contrairement à l'usage courant, et comme Leibniz en 1682, que pour éviter toute confusion on ne reprenne aucune des notations des chiffres décimaux usuels pour ceux de l'hexadécimal. Les symboles qu'il propose de leur substituer constituent un ensemble assez subtil qui repose sur une astucieuse logique se déduisant d'un procédé graphique qui exploite à nouveau le fait que $16=2^4$ (voir l'encadré 3).



EN CHIFFRES

Au XIX^e siècle, l'ingénieur d'origine suédoise John Nystrom (ci-dessus, son horloge hexadécimale) proposa de remplacer le système de mesure des poids, des longueurs et même du temps par un système hexadécimal. Cette dernière idée fut reprise en 1997 par l'américain Marc Rogers, qui suggéra lui aussi une mesure du temps hexadécimale.

1 jour-hexadécimal
= 1 jour classique

1 heure-hexadécimale
= 1/16 de jour-hexadécimal
= 1 heure 30 minutes

1 maxime
= 1/16 d'heure-hexadécimale
= 5 minutes 37,5 secondes

1 minute-hexadécimale
= 1/16 de maxime
= 21,09375 secondes

1 seconde-hexadécimale
= 1/16 de minute-hexadécimale
= 1,318359375 seconde

BIBLIOGRAPHIE

L. Strickland et O. D. Jones, F things you (probably) didn't know about hexadecimal, *The Mathematical Intelligencer*, 2022.

L. Strickland, Leibniz on number systems, *Handbook of the History and Philosophy of Mathematical Practice*, 2023.

H. Long-Lapointe, *Bobby Lapointe*, L'Harmattan, 2018.

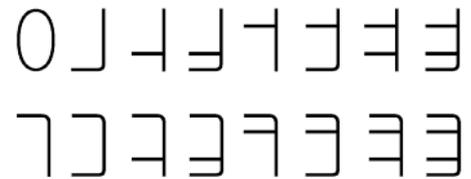
M. Cumings et V. Vitolinš, New symbols for base-16 and base-256 numerals, *arXiv preprint*, 2017.

B. Martin, On binary notation, *Communications of the ACM*, 1968.

Si ces conventions ne se sont pas réellement imposées dans le monde informatique, où elles sont plutôt considérées comme un amusement, elles sont toutefois exploitées à des fins pédagogiques par des enseignants de mathématiques, et le «bibi-binaire» a fait l'objet de nombreux articles amusés dans la presse généraliste.

Dans la biographie de Bobby Lapointe par Huguette Long-Lapointe, sa sœur, on trouve un chapitre entier consacré à ce système, rédigé par l'inventeur lui-même!

Comme un écho à cette astucieuse invention, en 1968, Bruce Alan Martin, voyant l'usage des symboles A, B, C, D, E, F s'imposer et jugeant lui aussi cela maladroit et source de confusion, propose encore une autre manière de noter les chiffres de l'hexadécimal:



LES NOMS DE L'HEXADÉCIMAL

Qu'on parle du *sedecimal* avec Gottfried Leibniz, du *sexdecimal* avec Thomas Wright Hill, du *tonal* avec John William Nystrom ou du «bibi-binaire» avec Bobby Lapointe, on remarque que le système de numération en base seize a porté bien des noms différents. En examinant de plus près les tentatives pour nommer cette base seize, Lloyd Strickland et Owain Daniel Jones ont trouvé encore d'autres désignations, dont *sexidental*, *sexadecimal*, *sedenary* et *senidenary*. Quant au terme «hexadécimal», aujourd'hui plébiscité, on trouve parfois écrit qu'il serait dû à IBM. C'est faux, et jusqu'à preuve du contraire le premier usage identifié du mot fut fait en 1950, pour désigner la notation des nombres et instructions de l'ordinateur Seac (*Standard Eastern Automatic Computer*), conçu et construit par le National Bureau of Standards, une agence du gouvernement américain basée dans le Maryland.

Quels qu'aient été les rêves de changement au cours des derniers siècles, la numération en base seize ne semble en tout cas pas près de remplacer le système décimal, le plus répandu, utilisé dans la vie de tous les jours, dans le commerce, l'économie et les sciences. Il fait également peu de doute que, pour observer de près le contenu des mémoires des dispositifs numériques, qui restent composés de chiffres binaires, les techniciens et ingénieurs continueront de s'appuyer sur les chiffres hexadécimaux et leur notation 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E et F – ou la variante utilisant des lettres minuscules. ■