

**LABORATOIRE D'INFORMATIQUE THÉORIQUE
& APPLICATIONS DE MARSEILLE**

L.I.T.A.M

Département de Mathématiques-Informatique

Luminy

UNIVERSITÉ AIX-MARSEILLE II

ISSN 0291 - 5413

**INFORMATIQUE
FONDAMENTALE
ET
APPLICATIONS**

Comité de
rédaction

E. Bianco
R. Cusin
P. Isoardi
J.P. Lehmann
R. Stutzmann

Dépositaire

G. Ambard

SOMMAIRE

P 1... ... ÉDITORIAL

P 7... ... INFORMATIQUE

P 25... ... VOZZAVÉDIBISAR.

JUIN 1988

Adresse postale : FACULTÉ DES SCIENCES DE LUMINY
Mathématiques-Informatique

LITAM BRT TPE 2 9e etage

Case 901 70 route Léon LACHAMP 13 288 MARSEILLE Cedex 9

91 26 90 81

Editorial

E. Bianco

Alunir. Suffit-il de se peindre en vert pour paraître moins décrépi ? un risque est à courir car le vert un peu défraîchi est aussi la couleur de la moisissure. Pourquoi ont-ils refusé au verbe alunir le Droit d'être Français ? et de quel droit.

D'abord c'est joli à prononcer, alunir, et c'est plein d'une charge poétique d'autant plus forte que nous n'avons guère de chance, ni vous ni moi d'alunir un jour vraiment.

Voudraient-ils ces chevaliers de la vertu linguistique nous enlever ce dernier petit espace de liberté, le langage, où l'on peut encore un peu dériver et jouer d'imagination. Le doux murmure des langues déliées pourrait s'enfler jusqu'à perturber le sommeil des Vieillards alourdis d'une digestion difficile de bouillie prémâchée.

Pauvre Charles Trénet, petite fleur bleue de la poésie vivante à la boutonnière, comment a-t-il pu croire qu'ils comprendraient jamais l'immense honneur qu'il leur faisait en postulant.

Alunir a une sorte de contraire: tomber de la lune, avec une variante plus faible, tomber de la dernière pluie. Depuis les soucoupes volantes, qui tombaient on ne sait d'où, une manière de légende s'est constituée à

propos des petits hommes verts . Ce sont des martiens dit-on. Bien entendu aucun verbe n'indique comment prendre pied sur Mars. Trênet sous la coupole, nous eussions alors pu leur demander qu'ils nous en forgeassent un bien joli.

La langue est un être vigoureux qui ne demande qu'à s'évader et courir les vastes espaces de l'imagination. Aussi sera-ce suffisant de rassembler leurs maigres forces déclinantes pour tenter de la maintenir enchaînée.

Aaa, bavote-t-on, comment faire respecter la Langue de Molière et de Racine? Pourquoi pas celle de Cicéron, tant qu'à faire dans le passé noble.

Drogue. Avec la langue, les idées. Vous les avez vu ces ministres intègres, ces conseillers vertueux, venir hagards prononcer d'insipides banalités insignifiantes, l'oreille tendue vers ce qu'ils croient être la vox populi. Tordus par l'angoisse de dire des choses qui puissent déplaire. Dont la seule préoccupation consiste à enquêter sur ce qui peut endormir l'électeur, agités fonforons, éructants et tonnants tant que ça peut rassurer les consciences inquiètes, mais prêts à reculer affolés si la meute se met à gronder un peu fort.

Sélectionnés à la souplesse dorsale par le vrai pouvoir, celui qui paie pour les affiches, nos faiseurs de discours parlent en notions larges. L'abstraction est la règle. On ne s'épuise pas à fouiller le détail excédant.

Quel rapport avec drogue.

Comment oublier ce temps pas si lointain dont l'espoir était de se dorer un jour à ce soleil des hommes, élégamment évoqué par le président Truman à propos d'Hiroshima: "les forces dont le soleil tire sa puissance ont été déchaînées". C'était en 1945.

De nos jours l'apocalypse semble avoir reculé. Mais pas les faiseurs d'apocalypse dont le pouvoir occulte ne cesse d'augmenter, qui continuent à

s'acharner sur les débris du paradis terrestre en dépit des rodomontades gouvernementales. Que feraient nos ouvriers métallurgistes ultraqualifiés si l'on détruisait les usines d'armement.

On ouvre les frontières certes mais à l'argent, pas aux hommes qui n'ont droit de passage que dûment porteurs de félicités économiques. De toute manière, après avoir payé son billet, le voyageur pris en charge par le transporteur s'aperçoit soudain qu'il est débarqué comme une marchandise sans grande valeur, fouillé, perqué, irradié, manœuvré, déchargé, il peut encore rêver des beaux dépliants glacés qui lui promettaient de l'emmener comme un Prince visiter les Iles.

Drogue. Nous percevions fortement la menace d'être à tout instant vitrifié sur simple décision de personnages qui présentaient toutes garanties d'aliénation. Par contre, le développement de l'après guerre nous assurait du travail. Il fallait tout reconstruire.

Aujourd'hui alors que la vitrification semble s'estomper un peu, et que l'accumulation évidente des richesses pourrait faire espérer, ambition déclarée de la civilisation technique, une large simplification de la vie, les choses se compliquent d'une manière inextricable. Le pays industrialisé s'enrichit constamment il suffit de voir à quelle vitesse des ports de plaisance naissent et croissent, pleins de bateaux pour la plupart inutilisés, voir à quelle vitesse nos campagnes se remplissent de magnifiques résidences secondaires style banlieue parisienne, qui ne servent que quelques jours par an, pour s'en convaincre.

Plus on accumule de richesses et plus il faut travailler dur pour accroître son patrimoine. On a oublié de vivre.

Un jeune qui débarque dans ce monde à sauvagerie déguisée, plein

d'espoir et d'envie, lui, de vivre, abreuvé d'images jusqu'à la saoulerie par une télévision impudique, a le bonheur d'admirer de beaux vieillards, symboles de la réussite, qui viennent lui susurrer combien il va falloir être docile pour profiter de tout ça ! combien il va falloir en franchir de fourches caudines en se cassant bien bas avant de pouvoir goûter à tout ça, et de toute manière, inutile de se tracasser tellement la chance d'y parvenir est faible, réservée à l'élite.

Comment le spectacle de ces vieux faciès ramollis de servilité, qui, visiblement se vengent sur une jeunesse encore impuissante, d'une vie de platitude, de prêts à toutes les compromissions pour accéder au pouvoir. Comment le spectacle de ces vieux muscles faciaux laminés à l'obséquiosité envers le pouvoir et durcis jusqu'à l'ossification quand il s'agit de s'adresser à l'être de classe inférieure, ne peut-il de dégoût mener à la drogue.

Les beaux mouvements de menton pour stigmatiser l'automobiliste imbibé d'alcool, donc dangereux ! Mais sans alcool comment remonter un niveau d'humour qui permette de résister au stress. Spectacle de ces faces de carême. De ces sybarites mouillés dans toutes les compromissions, tous plus ou moins accompagnés d'une aura de scandale, qu'on évoque très légèrement dans le parti adverse avant les élections, mais qu'on oublie rapidement quand on a gagné. Insister pourrait être dangereux tant la compromission est égalitairement répartie.

Comment alors résister à l'envie de l'action directe ? là encore le pouvoir a une parade, il protège des terroristes de métier qui, eux n'abattent pas des marchands d'armes ni des chevaliers d'industrie pourvoyeurs de chômage, mais font péter des bombes dans les gares populaires ce qui est évidemment moins grave. Après, un peu d'amalgame

et tout passe.

Drogue, alcool, sont-ce vraiment des fléaux ?

L'été quatrevingthuit paraît beau et prometteur des joies que peut procurer ce qui reste de nature, pourquoi des propos aussi sinistres ? n'existe-t-il donc plus dans le monde un petit coin pour respirer un peu, pour profiter un peu de la vie ?

Quand une espèce biologique traite ses jeunes comme de nos jours l'espèce humaine, on peut tout craindre. A l'âge où l'on a besoin de toutes les sollicitudes, où il est bien connu qu'on a besoin de tous les réconforts, et où toutes les attentions sont encore plus nécessaires pour aborder une société hypercompliquée à plaisir comme la nôtre, le jeune est considéré par principe comme un délinquant. Ce qui ne le met pas pour autant à l'abri de devenir la cible de tous les marchands de mort subite.

Télévision qui ne lui montrera jamais deux être s'aimant d'amour tendre: carré blanc, mais qui, par contre lui étale à profusion l'art d'étripailler, d'estourbir, de torturer, de patauger dans le sang avec tous les moyens qu'offre la technique.

Marchands d'engins mécaniques, qui lui proposent ces objets de rêve, fleurs du mal de l'évasion, dont l'emploi ne pourra jamais, on se garde bien de lui dire avant, être à la hauteur de l'espoir. Comment le jeune peut-il se douter qu'à partir de l'instant où il enfourche son centaure, la Société aiguise ses couteaux pour le rançonner.

Et s'il s'en doute alors il va apprendre à ruser, s'organiser en bande comme dans les Mad Max. Le réveil ne peut en être que plus dur.

Et le pire: les promesses sur l'avenir brillant, l'accession à l'Elite. A-t-on jamais décidé d'un programme où serait prévue la part de développement harmonieux de l'être par une réflexion ouverte à tous les

contacts et tous les domaines. Au lieu de cela on "forme" par des spécialités dans un domaine étroit où l'on entre comme dans un lit de Procuste. Pour sortir en forme de pièce de la grande Machine. Et en fond de certitude, la conviction d'atteindre au mieux au chômage, finir en paria.

Le système sélectionne quelques chanceux, au fond qu'importent les critères, pour eux il va falloir tenir, menacés à tout instant par tous ceux qui attendent. La chute des prétentions risque d'être rude quand on perçoit enfin le degré d'interchangeabilité atteint.

On est loin du droit à la vie et à la dignité proclamé par les naïfs penseurs.

Hypocrites s'abstenir, comment alors s'étonner que la jeunesse 'sélectionnée' ne soit pas forcément la plus dynamique. Tandis qu'une autre grande partie cherche à s'évader par tous les moyens, et que beaucoup cherchent à retourner contre la société les méthodes d'arnaque qu'elle n'hésite pas à employer contre eux. Société hypocrite et suicidaire qui privilégie ses docteurs Folamour au détriment de sa jeunesse. Comment alors faire semblant de s'étonner qu'avec leur sensibilité de gamins certains préfèrent à l'odeur incertaine et peu ragoûtante de leurs anciens les odeurs plus enivrantes de la colle ou autres produit volatils.

Métro boulot dodo et un mois de vacances dans un camping trois étoiles de la côte d'azur, si l'on est bien sage, peut être certains préfèrent-ils des félicités plus directes et finalement, si l'on y réfléchit bien, pas tellement plus destructrices. De toute manière, pas d'inquiétude, un service commercial bien organisé est à leur disposition.

On pourrait se demander ce que nous autres pédagogues faisons au milieu de tout ça. Nous leur apprenons à plier l'échine au nom de la Connaissance.

INFORMATIQUE

E. Bianco

Ce mot, à la fois adjectif et substantif est devenu d'un usage courant. Au point qu'à la moindre occasion pour peu qu'il s'agisse d'un vague calcul, on l'emploie. Il a même remplacé les menaces habituelles qu'on utilise à l'égard des enfants qui ne sont pas sages: si tu ne fais pas ce que je te dis, gare à l'informatique. Pourquoi s'insurger contre ce constat ? pourquoi vouloir se conduire comme un académicien ?

Le mot est bien utile, d'abord il fait sérieux dans la conversation et puis il comble un certain vide, et sa réussite sociale est tout-à-fait récente. Il y a peu encore, l'informaticien était cette sorte de praticien peu ragoûtant, considéré par les purs théoriciens comme un vil tâcheron. Et puis le fric aidant et les services rendus à l'administration ...

Il n'est pas de mathématicien désormais qui ne tapote en catimini sur son petit clavier, il n'est plus de production abstraite qui ne fasse allusion au nouveau dieu de la pensée pure, j'ai cité l'informatique. Il vaut mieux prendre le train déjà bien lancé que de le rater.

Peut-être serait-il possible de faire un peu le point de la situation pour voir comment, au moins du côté des spécialistes se concrétise un peu l'informatique, celle qu'on rencontre forcément quand on veut calculer, en mettant un peu de côté l'informatique de salon, gymnastique des beaux esprits.

L'informatique apparaît comme bâtie sur deux pôles, au moins considérés comme tels: le câblé et le logiciel. De tous temps, c'est-à-dire depuis le début de l'ère Turing- Von Neumann, câblé et logiciel se sont développés quasi indépendamment. Au sein d'équipes qui s'ignoraient superbement. Peut-on toutefois estimer qu'il y a véritable disjonction entre ces deux domaines, cela ne me paraît pas un véritable problème et de toute manière les techniques les plus modernes permettent de montrer facilement comment ils peuvent s'interpénétrer. Et depuis peu il est devenu très à la mode de se préoccuper des deux à la fois.

Je vais essayer de faire une approche des problèmes centraux de l'informatique. D'abord avec la pratique on s'aperçoit que quelle que soit la difficulté rencontrée il va falloir l'aborder sous deux angles différents. Une première approche du calcul se déroule en fini-borné et une deuxième déborde le plus souvent dans le fini-illimité. Ceci est tout simplement dû à une raison pratique, toute matérielle.

Côté configurations on ne sait pas construire des mémoires automatiquement extensibles, par contre on sait comment mettre des rallonges à volonté. Côté algorithmes, un processus qui serait indéfini dans le temps serait inutilisable, alors on le découpe en éléments parfaitement définis, dont la répétition peut, elle, devenir aussi longue que nécessaire.

Cette simple contrainte a des conséquences pratiques difficiles à éviter. Ainsi une mémoire d'ordinateur est construite en deux parties, la mémoire centrale et la mémoire de masse, externe. On profite de ce fait pour différencier au maximum les qualités requises pour l'un et l'autre organe. La mémoire centrale où s'effectuent tous les calculs sera d'accès le plus rapide possible et pour atteindre facilement chaque case on invente

l'index dont le contenu est considéré comme un nom de case. Et dont l'emploi est précisément justifié par la dimension bornée de la mémoire. La mémoire externe doit être volumineuse au maximum, même au détriment de la vitesse et de la facilité d'accès. C'est ainsi que sur un même dérouleur on peut faire défiler successivement autant de rubans magnétiques, de disques ou disquettes qu'on le désire. Et j'oublie volontiers cartes et rubans perforés.

Parallèlement à cela se posent quelques questions sur le domaine du calcul lui-même. En construisant des machines dotées de proportions différentes ne risque-t-on pas de créer artificiellement des domaines de calcul qui ne se recouvrent pas exactement ? un calcul qui pourrait se faire sur une machine mais qui ne le pourrait pas sur telle autre ?

D'où l'intérêt fondamental de vérifier que tout ce qui peut se faire sur une machine peut également se faire sur l'autre. Quand on a ainsi fait le tour de toutes les machines connues, au moins peut-on être un peu rassuré.

Ces propriétés sont mises en évidence par une classe de théorèmes situés véritablement à la base de l'informatique et qui définissent la puissance réelle de l'outil. Les techniques de démonstration employées, qui mènent toujours à des propriétés d'existence, voire de non existence, ont en général des aspects très constructifs. On simule une machine sur une autre, cela permet de mesurer la commodité des concepts utilisés.

On fait essentiellement ce travail sur deux machines voisines, l'une des deux possédant un mécanisme de plus dont on peut sonder l'efficacité. Dans une certaine mesure, si ce mécanisme se révèle à la fois utile et compliqué à simuler, on peut en déduire l'économie qu'il permet de réaliser.

C'est ainsi qu'on s'aperçoit qu'un demi ruban est suffisant pour réaliser

tous les calculs, par contre, un ruban illimité dans les deux sens facilite bien les choses. De la même manière un seul ruban est aussi efficace qu'un nombre quelconque de rubans. Mais un bon nombre de rubans peut servir à simplifier telle catégorie d'algorithmes.

C'est alors que le fait d'isoler un morceau de ruban limité à droite et à gauche ce qui permet l'accès direct à chacune des cases, bouleverse complètement l'art du calcul, au moins pour ce qui est du fini-borné. Néanmoins la propriété globale se conserve pour le fini-illimité, quand il s'agit de ranger sur mémoire de masse.

Une machine quelconque s'appréhende selon deux aspects qui dépendent fortement l'un de l'autre. La machine est un mécanisme, mais on la fait fonctionner avec un langage. Le langage tient compte de la structure du mécanisme, et le mécanisme est précisément conçu pour à la fois décoder le texte du langage codé, et agir sur l'information à traiter, également codée.

Ce mécanisme peut être décrit à son tour comme un simple programme, et là deux solutions se présentent. On peut utiliser soit un langage de programmation qu'on qualifiera de symbolique, soit un langage qui décrit directement un câblage. C'est par là que se rejoignent précisément logiciel et câblage. Pour passer de la description purement symbolique à la description, je dirai pour l'instant électronique, on utilise tout un spectre de langages dont le dernier est l'image même du câblage. Voilà un chapitre qui montre que ces deux domaines sont loin d'être indépendants.

Le premier contact utilisateur de l'informatique se fait par le langage. C'est la raison essentielle pour laquelle, encore, informatique et programmation demeurent plus ou moins synonyme pour le public. Vouloir se servir d'une machine c'est avant tout apprendre à écrire au moyen d'un

langage très synthétique. Au commencement il n'existait que des langages machine mais la difficulté de leur emploi en réduisait largement la diffusion, aussi pour pallier à cet inconvénient on s'est mis à développer rapidement les langages qui se sont enrichis et se sont trouvés classés en deux catégories, l'une qui comporte les langages machines, destinés à travailler directement sur la machine et d'usage difficile, l'autre qui comporte les langages symboliques, plus proches des habitudes culturelles de l'utilisateur et d'usage plus agréable.

Ces langages symboliques se sont alors développés à profusion avec un succès d'autant plus débordant qu'ils permettaient l'accès de l'ordinateur au plus grand nombre.

Formellement tous ces langages ont des structures relativement simples et systématiques dont l'étude faisait l'objet de la combinatoire et de la théorie des langages. Pour certains et pendant longtemps c'était cela l'informatique. On ne savait encore que peu de choses sur la sémantique dans la mesure où tous les travaux importants de ce domaine n'avaient pu être encore rassemblés pour constituer un tout. Et puis surtout c'était un domaine nouveau de la réflexion dont on pouvait extraire nombre de petites vérités rigoureuses, tradition oblige. L'intérêt des langages pour cette informatique qui naissait est indéniable, il s'imposait d'attribuer à la jeune informatique ses lettres de noblesse. Et puis cela créait un débouché sur des carrières par ailleurs bien bouchées. Les choses ont largement évolué et l'étude de la sémantique me paraît avoir normalement accaparé le cœur de l'informatique aussi je suis tenté de penser que la théorie formelle des langages, domaine de la connaissance relativement fermé se place plutôt en épipiinformatique, dans la mesure où ce domaine bien qu'indispensable à la formalisation de la donnée informatique, ne saurait

apporter grand chose à la résolution des problèmes de sémantique qui constituent le développement actuel de l'informatique.

Très généralement dans les langages et quels que soient ces langages, se présentent des propriétés que j'aurais tendance à qualifier de fondamentales car elles dépendent non de la spécificité de forme du langage mais de lois sémantiques nées des usages.

Ainsi c'est par la pratique qu'on s'est aperçu qu'il était bon de construire les programmes par petits morceaux en essayant de condenser dans chacun, des éléments de calcul les plus universels possible pour économiser le travail au maximum. Il fallait alors organiser ces programmes pour les rendre utilisables facilement quel que soit l'environnement. Notion de procédure. A partir de là on définit une opération d'insertion de procédure et de retour systématique dont la sémantique est parfaitement indépendante du calcul envisagé.

Le principe de Von Neumann permet de concevoir une machine qui ne serait pas spécialisée dans un calcul déterminé et immuable, mais capable de lire un code dans sa mémoire, qu'elle interprète comme un programme en modifiant par ailleurs une configuration à calculer. L'algorithme de cette machine capable d'interpréter un code, et dont on montre l'existence, est une machine universelle. La notion de machine universelle est encore indépendante du calcul que l'on veut réaliser.

Cette notion est, en plus, très constructive car elle permet de mettre assez facilement en œuvre des instructions qui n'existent pas dans le langage de la machine support. C'est par ce moyen qu'on peut introduire aisément l'insertion de procédure, par exemple.

Le programme apparaît alors sous sa forme définitive, une sorte de code qu'il devient possible d'introduire en mémoire comme une simple

donnée. Mais qu'il vaut mieux éviter de confondre avec une simple donnée, problème d'organisation du calcul. La condensation de la sémantique dans les codes ayant signification de programme est un problème important de l'informatique.

Les langages symboliques de programmation ne prennent vraiment tout leur intérêt que dans la mesure où on peut les traduire en langage machine afin de les rendre utilisables. Ceci se réalise au moyen de la notion de compilateur. La caractéristique essentielle de ces langages par rapport aux langages machines tient dans la représentation des objets de la programmation par des symboles, dont la commodité réside précisément en ce qu'ils sont indépendants de toute géométrie de mémoire. Car la variable à forme symbolique est bien plus proche de nos coutumes culturelles de pensée.

On en profite également pour représenter sous forme simple diverses fonctions plus ou moins complexes. A charge pour le compilateur d'établir une correspondance entre toute phrase possible du langage et un programme déroulable sur la machine support. Bien entendu l'équivalence sémantique stricte doit être respectée entre les deux constructions. Dans la réalité cela n'est pas toujours rigoureusement vrai. Car trop souvent la représentation des objets symboliques laisse à désirer.

La compilation est encore une notion, née de la nécessité à la fois d'utiliser des langages de programmation évolués pour rendre l'ordinateur accessible au non spécialiste, et de rendre effectivement calculables les programmes ainsi obtenus. Donc notion parfaitement indépendante du problème que se pose l'utilisateur, mais en permanence sous-jacente car sans cela l'ordinateur demeure quasi inabordable.

Quand on poursuit cette quête qui consiste à faire de cet organe un

instrument de plus en plus agréable d'accès, de plus en plus "convivial", force est de constater que le compilateur est en lui-même un instrument incomplet. En effet.

Le programme traité présente deux aspects qui vont encore nous obliger à réfléchir. Le compilateur transforme la phrase en une suite de codes interprétables qui sont construits pour contenir la sémantique à la fois nécessaire et suffisante. Le code sera repris ultérieurement par un compilateur dérouleur, forme matérialisée de la machine universelle, afin d'obtenir le calcul désiré. Quelquefois on alterne l'action du traducteur et celle du dérouleur afin d'obtenir un calcul en "interprété".

De toute manière, après traduction il existe en mémoire un nouveau corps qui se trouve être l'image du programme symbolique. Et il faut compter avec lui. S'il doit servir plusieurs fois, ce qui est le cas général, on va devoir le manipuler en bloc ne serait-ce que dans un but de sauvegarde en mémoire de masse pour ne pas encombrer la mémoire centrale quand ce n'est pas nécessaire. Puis il faudra le rappeler en temps opportun. Voilà donc un traitement qui ne peut faire raisonnablement partie de ce qu'il est possible d'attendre d'un compilateur, tout comme la constitution des configurations de travail qu'il faut bien soumettre au déroulement du programme. Plus généralement, ainsi que toute organisation des moyens disponibles à partager entre plusieurs compilateurs.

Il apparaît ainsi une autre catégorie de traitement dont le domaine d'application se situe à l'articulation entre le fini-borné, matérialisé par la mémoire centrale, et le fini-illimité matérialisé, lui par la mémoire de masse. La notion de système informatique surgit au moment où l'on veut rendre utilisable les produits de la compilation. Les choses se compliquent

rapidement car on constate qu'un programme quelconque est a priori du domaine du fini-illimité. Le compilateur ne peut apprécier le volume exigé par la phrase qu'il traduit qu'à l'instant où elle s'achève.

Entre temps il aura fallu gérer la place. Il n'est pas raisonnable de confier cette tâche au compilateur, qui, par définition dépend des propriétés du langage symbolique.

De semblables remarques se font également à propos des structures de l'algorithme. On peut observer par exemple quand on part de la notion de procédure, qu'un programme est constitué d'un jeu de procédures qui s'insèrent les unes dans les autres. Le programme lui-même est une procédure. La question se pose alors de savoir où lui s'insère. Je peux dire qu'il s'insère dans le système, mais s'il n'existe qu'une seule structure possible, la procédure, on est tenté de se poser la question dangereuse qui risque de déboucher sur un certain mysticisme: où s'insère le système. Il vaut mieux définir le système comme une procédure à la fois spéciale et spécifique.

On constate ainsi que les notions de compilation et de système, quoique conceptuellement bien distinctes vont devoir impitoyablement se mélanger.

Là encore la notion de système est totalement indépendante de la tâche à dérouler.

Si l'on n'y prend pas garde ou si l'on réalise des études locales, on court le risque d'aboutir à des constructions effroyablement compliquées et peu fiables. Une autre étape d'évaluation sémantique s'ouvre ainsi à la conception de systèmes et de jeux de compilateurs cohérents.

Par principe le système assure la gestion du fini illimité, c'est pour cette raison que le côté conversationnel entre naturellement dans son

objectif, car il s'agit là d'un échange imprévisible et sans fin. Le système va se trouver chargé de la communication "conviviale" et du traitement ergonomique qui lui est lié.

Là se trouve une véritable mines de recherche sur la structuration sémantique des compilateurs et des systèmes. En gros deux thèses s'affrontent basées, l'une sur un procédé technique l'autre sur un principe d'auto-organisation. Jusqu'à présent a prévalu une organisation à base d'interruptions dues à un mécanisme spécifique. Les compilateurs sont pratiquement quelconques, et c'est le système qui a la charge du découpage dans le temps, donc la charge également d'une sauvegarde et d'une gestion de l'information mise en péril par une interruption aveugle.

Un autre principe, plus moderne, se fonde sur l'autojectivité ou autostructuration des compilateurs. Le découpage dans le temps devient une propriété de structure du compilateur lui-même. Cela implique que d'autres méthodes soient mises en œuvre pour la construction des compilateurs, du genre des compilateurs compacts.

Cette deuxième méthode permet essentiellement de décrire entièrement les propriétés de la gestion complète de l'ordinateur, donc de mettre en évidence les points de condensation des notions importantes. Par exemple l'insertion fractionnée qui joue le rôle de transmetteur d'information entre système et compilateurs.

La pratique montre qu'il existe des sortes différents de systèmes suivant les proportions entre les diverses tâches qui lui sont dévolues. Ainsi la classe des systèmes chargés de répartir le travail entre divers utilisateurs qualifiés de scientifiques est assez différente de la classe des systèmes chargés d'organiser du contrôle de processus. Là encore est ouvert le domaines de l'étude de la structuration sémantique de ces gros

ensembles.

Parallèlement à ce genre de recherches, sont menées des études sur la construction de langages très spécialisés destinés précisément à décrire et matérialiser les théories que l'on peut échaffauder sur les problèmes fondamentaux. C'est ainsi qu'on s'est rendu compte que certains langages symboliques permettaient de construire très facilement toute la partie fonctionnelle des compilateurs, mais très difficilement tout ce qui permet au compilateur d'être rattaché à son environnement. Alors on en est revenu à des expériences du type langage C qu'on a maintenu proche des langages machines. De la sorte on perdait un peu sur le premier tableau mais on regagnait sur le second. Ce langage répondait à la fois à un besoin et en même temps n'était adapté à aucun objectif précis. La nécessité obligeait rapidement à le bricoler, le faisant ainsi considérablement vieillir.

Mais la mode aidant, il était lancé, il était lancé.

Ce rapide survol de la situation au temps présent me paraît suffisant pour raisonnablement cerner ce qui constitue le noyau de l'informatique fondamentale. C'est en fait la théorie de l'outil de travail, indépendamment des tâches qui lui sont assignées, mais en tenant compte de l'obligation de plus en plus sévère d'offrir un service présentable au plus grand nombre.

De telle sorte que le sens de l'informatique c'est organiser la complexification de l'outil afin d'améliorer et simplifier au maximum le service rendu, tout en conservant une fiabilité acceptable.

Quelle peut être alors l'ouverture que l'on peut imaginer pour cette discipline ? On se heurte en ce point à une contradiction tout à fait fondamentale. L'outil qu'on utilise couramment, qui s'est largement diffusé, est puissant et rapide mais il est réhébatoirement stupide.

Or, l'ordinateur était à peine construit qu'on s'est demandé si le mythe

de Frankenstein n'était pas désormais à la portée de la main. Nombre d'expériences de qualité furent tentées, et dans une certaine mesure réussies. On prouvait qu'il était possible de mettre au point des programmes très complexes capables de simuler certains processus bien délimités de la pensée. Mais hélas toute étincelle d'intelligence en était encore exclue, ces programmes demeuraient incompetents pour l'extérieur des domaines rigoureusement bornés pour lesquels ils avaient été construits.

Doit-on en conclure pour autant qu'il faut déduire de ces expériences que jamais il n'existera parmi nous de docteur Frankenstein, l'état de nos connaissances ne permet pas d'en décider. Déjà, si les machines ne se sont, quelle que soit la programmation qu'on ait pu leur offrir, pas révélées plus intelligentes, les hommes, eux ont dû faire de gros efforts, et peut-être le résultat de ces efforts a-t-il accru quelque peu le potentiel d'intelligence de l'Humanité. A coup sûr de l'intelligence technique, mais il faut rajouter beaucoup d'optimisme pour prétendre de l'intelligence tout court.

L'enjeu n'est rien moins que de donner à un automate ou un ensemble d'automates un certain degré d'autonomie, donc d'individualité, donc lui fournir une motivation qui le pousse à comprendre pour pouvoir agir. Quand je constate dans quel milieu, notre époque, pourraient naître de tels monstres je suis amené à me poser la question fondamentale.

Dans un univers du profit à tout prix et de son instrument aveugle la compétition, alors que pèsent si peu les populations par exemple dans la ruée à l'uranium, bref dans une civilisation qui sue le pouvoir pour le pouvoir par tous ses pores, peut-être faudrait-il attendre encore un peu. On peut espérer que toutes les micro-féodalités démocratiquement diffusées auront un jour usé leur pouvoir au coin de la vanité et qu'alors un

apport d'un peu d'intelligence mécanique pourrait être utile à autre chose qu'à accroître le pouvoir des ganaches.

Bien entendu rien n'est jamais si simple qu'on puisse l'enfermer en quelques mots, et la réflexion sur les systèmes complexes permettra-t-elle peut-être de faire progresser la sociabilité de l'être "civilisé". Il faut le souhaiter s'il est difficile de faire plus.

La rêverie utopique est parfaitement indispensable à la progression de la pensée mais il faut revenir de temps en temps à la simple technique prosaïque. J'ai l'intime conviction que la machine de Turing telle que nous la connaissons est insuffisante pour dépasser le stade du simple automate réflexe.

Peut-être peut-on faire l'hypothèse hardie que la construction d'un logiciel suffisamment complexe pourrait dépasser le point à partir duquel un organisme déjà suffisamment complexe peut parvenir de lui-même à s'autocompléxifier. Mais ceci est largement insuffisant pour bien cerner la question. Il est assez facile de construire un automate capable d'accroître sa propre complexité, mais pour qu'on puisse parler d'intelligence, cet accroissement est loin d'être quelconque. Il faudrait qu'il soit capable en outre de trier parmi ses productions celles qui peuvent lui être utiles en tenant compte d'une foule de paramètres qui lui sont étrangers qu'il doit par là même pouvoir percevoir et assimiler.

En quelque sorte l'autocompléxification doit être telle qu'elle mène à une complexité dont la cohérence avec la complexité du monde extérieur ait tendance à s'améliorer.

Il paraît évident que l'un des inconvénients majeurs que présentent nos ordinateurs, je dirai en bref la machine de Turing, c'est essentiellement de disposer de langages dont la forme est totalement indépendante de la

signification. J'entends par là que si je sou mets une phrase d'un langage quelconque à un calcul de même nature que celui que permet le langage dont la phrase est issue, j'obtiens une nouvelle phrase, qui, si elle déroulée ne peut absolument rien donner de cohérent avec la phrase d'origine. De telle sorte qu'il n'est pas possible de définir une sorte de continuité ou de régularité dans le calcul de phrase.

La recherche actuelle est très polarisée sur les problèmes que soulève l'apprentissage automatique, ainsi d'ailleurs que sur les réseaux de simulation neuronique. On étudie également les algorithmes compliqués destinés à prendre en compte certains problèmes de la linguistique des langues naturelles. Mais ce faisant on n'arrête pas de se heurter aux bornes que présente la machine.

J'ai donc tout lieu de penser que le prochain champ d'application de l'informatique fondamentale se construira autour de la conception de machines dont la puissance débordera, si peu que ce soit, du champ de l'effectivement calculable. De nouvelles conceptions de machines sans doute moins fiables que la machine de Turing, mais incomparablement plus puissantes dans la mesure où, plus souples, elles disposeront de ce qui leur permettra de percevoir, d'assimiler à l'aide d'une sorte de réflexion, de créer des images comparables aux images dues à leur perception, et par ces comparaisons de bâtir des hypothèses vérifiées ou infirmées par de nouvelles perceptions.

En quelque sorte des machines ayant un fonctionnement interne permanent sur elles-mêmes, comme une sorte de réflexion, et qui consultent de temps à autre l'univers dans lequel elles baignent, pour enrichir leur pouvoir de perception et d'intervention sur cet univers.

C'est dans cette direction que la notion de système devrait pouvoir

s'enrichir.

On peut ainsi résumer la situation en disant que le champ actuel de l'informatique fondamentale recouvre le domaine des propriétés communes au logiciel et au câblé qui sont induites par la notion de service. L'utilisateur aborde l'ordinateur avec son problème, qui lui est spécifique. La difficulté qui l'attend se partage entre la description de son algorithme, je dirai la difficulté inhérente, et l'adaptation de son algorithme à l'environnement que représente le système de l'ordinateur, la difficulté d'adaptation.

Autant il est naturel que l'utilisateur prenne en charge la difficulté inhérente, l'informatique doit offrir à sa préoccupation le moyen d'expression le plus approprié, premier apport, autant il est nécessaire que la difficulté d'adaptation lui soit réduite au maximum, et dans la mesure du possible présentée de façon qu'elle ne heurte pas sa culture, deuxième apport. Voilà pour les intentions.

La puissance apparente de l'ordinateur est devenue telle, surtout dans certaines utilisations collectives à but plus ou moins politique, et dans certaines utilisations fascinantes de type jeu, qu'il est indispensable de démythifier et même de démystifier en permanence son rôle. Il est devenu l'instrument le plus puissant de pouvoir centralisateur. On le présente à la fois comme une sorte d'arbitre impartial et comme une pythie dont on aimerait bien que les prévisions deviennent réalité. Acte de persuasion dont on peut rêver qu'il est efficace. Arcanes et foi.

A la charge de l'informatique fondamentale vont se trouver toutes les propriétés de l'outil étudié du point de vue câblé et du point de vue logiciel. Essentiellement les règles qui relient le domaine du câblé au domaine du logiciel. Comment reflue la sémantique de l'un à l'autre quand

on apporte des modifications à l'un. De là découlent l'explication des choix de structures de l'ordinateur, et les conséquences à en tirer pour son utilisation.

A partir d'un choix de structure, se trouve disponible le langage de base, support du logiciel. C'est un univers fluide, difficile à appréhender, dans lequel l'expérience, la pratique, vont permettre de poser des jalons et monter des sortes de casiers qui vont faciliter l'occupation du terrain. Si l'on y réfléchit bien, la notion de procédure dépasse largement le domaine de la pensée informatique.

La mise en œuvre de la notion de computation, de calcul effectivement réalisé, oblige à repenser le rapport déjà établi entre câblé et logiciel. La notion de machine simple est la matérialisation d'un algorithme, sa réalisation pratique est une opération délicate et coûteuse. D'où la création de la notion de machine universelle qui est une machine simple mais qui bouleverse la notion de matérialisation de l'algorithme en en faisant une donnée traitée.

La dualité d'aspect du calcul, constituée normalement d'un point de vue culturel qui nous est propre par le doublet: donnée à traiter, algorithme de traitement, nous permet alors de transcender définitivement la notion de programme*. On trouve dès lors côte à côte dans la mémoire: les données et un code qui représente l'algorithme.

La rusticité des langages machines liée bien évidemment à la difficulté de câblage de machines universelles trop complexes a poussé fortement à l'introduction de la compilation. Mais d'autres arguments peuvent être

*** Je n'ai pu résister au plaisir d'employer un peu de langue de bois, mais il aurait été plus simple de dire:**

"On a l'habitude de concevoir un calcul comme un jeu de règles qu'on applique sur un jeu de données, l'algorithme y apparaît alors sous une forme nouvelle."

également avancés. Par exemple si l'on considère que les langages symboliques sont d'utilisation spécifique, c'est là une part importante de leur propriété, ils sont optimisés pour une classe de problèmes, imposer un tel langage à un ordinateur revient à en limiter le domaine d'applications. Les langages machines, s'ils sont rustiques et pénibles à utiliser, possèdent par contre, la plus grande souplesse d'emploi.

Enfin tout en haut de l'édifice, se place le système destiné à gérer convenablement l'ensemble et à assurer la présentation la plus ergonomique possible.

Cette fonction système exécutée entièrement à la main dans les premiers âges de l'ordinateur est de nos jours en grande partie automatisée.

Voilà donc un bref tour d'horizon qu'il me paraissait indispensable de faire. l'expression d'une autre notion est d'usage courant c'est celle d'informatique théorique. Elle ne me semble avoir de sens que par opposition à une informatique pratique dont hélas personne n'ose se réclamer. Ajoutons à cela qu'il n'est rien moins qu'évident de tracer une démarcation nette entre ce qui est pratique et ce qui est théorique en informatique.

Toutefois, je pense que cela n'enlève rien à l'intérêt de ce concept d'informatique théorique dont l'utilité m'apparaît plutôt d'ordre administratif. C'est alors un fourre-tout dans lequel même les domaines épiinformatiques lointains peuvent prendre place, simple question de survie. Mais acte méritoire tout de même quand on songe à la reconversion.

Ce propos n'est pas destiné à définir une fois pour toute dans un esprit partisan la notion d'informatique fondamentale, notion de référence pour celle plus large d'informatique tout court, mais bien plutôt de faire un peu

le point de la situation alors qu'on commence à maîtriser mieux la sémantique. Mais j'aimerais par contre qu'il soit en quelque sorte l'ouverture d'un débat, au moins parmi les gens dont on n'entend pas parler mais pour qui l'informatique n'est pas exclusivement le moyen, jupe fendue et talons hauts, d'aller briller sur les trottoirs du pouvoir parisien.

DOUZZAUEDIBISAR

A la manière de ...

Guiselme avait bien travaillé. Il était tard. Guiselme ne travaillait jamais si bien qu'au calme quand il restait tout seul le soir, tard. Tout content il se prit avant de partir à faire un petit tour dans tous les recoins de son laboratoire. Sa manière à lui de se sentir à l'aise dans ce vieux local.

Et tout à coup au fond d'un placard ses yeux tombèrent sur un vieil ordinateur poussiéreux qu'il avait sans doute abandonné là depuis des années.

_ Mon pauvre vieux, dit-il à voix haute, en songeant à cet appareil démodé, qu'est-ce qui a bien pu te réduire à cet état ? ...

_ C'est le progrès ! lui répondit l'instrument sur le même ton.

_ Quoi ! dit Guiselme j'ai des hallucinations ou bien cette ferraille parle ?

_ Que prétends-tu qui t'aurait ainsi relégué ? prononça-t-il à voix haute pour en avoir le coeur net. Et la réponse lui parvint nette et forte :

_ C'est le progrès ! Le doute n'était plus permis, ce vieil ordinateur parlait. Guiselme tout secoué, la tête lui tournant de surprise, courut dans le couloir, criant Président ! Président ! ...

Il dut monter deux étages en courant pour atteindre le bureau du Président. Il frappa, mais il ne sut pas trop si on lui avait répondu quand il entra, il ne vit pas le mouvement que fit la secrétaire toute rose en s'écartant du Président.

_ Eh bien ! quelle mouche vous pique Guiselme ? fit celui-ci.

_ Président ! un ordinateur qui parle !

_ Vous avez réussi à faire parler un ordinateur ?

_ Pas du tout c'est un vieux truc, dans un placard, il m'a parlé, venez voir !

_ Hé là, Guiselme ! ne me dérangez pas pour rien. Après tout il y a des ordinateurs qui peuvent imiter la voix humaine.

_ Non, non, celui-ci est trop vieux, et il n'est même pas branché ! venez, je vous assure ...

_ Ecoutez, Guiselme ne me dérangez pas pour rien, je vais voir mais gare à vous si ... quand à vous, mon petit attendez moi quelques instants.

Le Président descendit, s'adressa avec la réticence qu'on imagine au vieil ordinateur qui ne lui répondait rien. Le Président furieux sortit.

Le lendemain le pauvre Guiselle trouva sur son bureau un ordre de débranchement avec ce commentaire:

"Doit être débranché car vit dans un univers de contes de fées largement périmé."

Un employé vint bientôt couper le câble qui le reliait au secteur et jeta Guiselle au fond du placard. Le placard se referma, il était à côté du vieil ordinateur qui lui dit:

_ Mon pauvre vieux qu'est-ce qui a bien pu te réduire à cet état ?

_ C'est le progrès répondit Guiselle.

E

