

Informatique & Education

Marcel DUMONT - Rouen

Une machine n'étant pas douée d'affectivité, pourquoi ne pas réserver aux ordinateurs les tâches d'apprentissage et ne pas profiter du rapport enseignant-enseigné pour se consacrer à l'essentiel : apprendre à vivre ensemble ?

La naissance du phénomène "informatique" au cours des trente dernières années placera sans doute notre époque à l'un des tournants de l'histoire des civilisations, à l'égal de ce que fut la naissance de l'imprimerie ou celle du machinisme. Il est vrai que chaque génération, par une tendance naturelle à l'égoïsme, considère son époque comme toujours la plus importante. Pourtant, il s'agit cette fois d'une véritable révolution lente et inexorable dans les esprits, fulgurante dans sa technologie et la diversification de ses possibilités. On commence à peine à entrevoir son impact sur la vie des hommes, sur l'environnement, mais on ne soupçonne guère les retombées à long terme sur les cultures, les systèmes d'éducation, bref tout ce qui fait le comportement de l'humanité.

De quoi s'agit-il ? Le mot "informatique" est né en France en 1962 pour caractériser "le traitement automatique des informations". L'Académie française a accepté le terme en 1966 avec la définition suivante : "Science du traitement rationnel, notamment par machines automatiques, de l'information considérée comme le support des connaissances humaines et des communications dans les domaines techniques, économiques et sociaux". Mais la science des calculateurs ou "ordinateurs" avec toutes ses recherches et sa technologie est née depuis un peu plus de trente ans et s'est développée essentiellement aux Etats-Unis, ce qui explique la position dominante du matériel et du vocabulaire anglo-saxon dans ce domaine (1). La science du traitement "automatique" des informations serait absolument sans objet si elle ne disposait pas à cet effet du matériel ad hoc, c'est à dire des calculateurs.

Ces matériels furent conçus à l'origine pour traiter des données numériques, c'est à dire calculer. Mais l'évolution rapide de la technologie, due essentiellement aux progrès spectaculaires de l'électronique, apparition des semi-conducteurs, transistors, circuits intégrés entre autres, différents types de mémoire etc, en réduisant la taille des engins tout en augmentant les possibilités a élargi considérablement le champ d'utilisation. En effet, à partir du moment où pouvaient être traitées des données non numériques (rechercher, comparer, trier, classer, choisir, etc) les calculateurs furent affectés à de multi-

ples tâches : en priorité celles qui nécessitent des prises de décision rapides (contrôle d'un engin sur sa trajectoire, ou d'une machine-outil au cours d'un travail), celles qui nécessitent le traitement d'un volume important de données (gestion d'entreprises, fichiers) ou encore celles qui nécessitent des successions de choix à faire dans des réseaux relationnels complexes (stratégies dans les jeux, traductions automatiques, etc). Et nous n'en sommes qu'aux tous premiers pas ! Songeons par exemple aux retombées concernant les langages et moyens de communication entre aveugles et sourds-muets ou encore la surveillance médicale !

Dans ces nouvelles branches de l'économie on assiste, comme partout, à l'opposition entre deux tendances :

- d'abord une tendance à la capitalisation à outrance, justifiée au début, à cause de la taille des engins et de leur prix prohibitif, réseaux d'ordinateurs connectés entre eux à l'échelle nationale puis internationale...
- puis, depuis quelques années, une tendance à l'individualisation avec l'apparition sur le marché de mini puis de micro calculateurs à des prix réduits, parfois livrés en Kits à monter soi-même. Actuellement, c'est sans doute l'un des rares domaines où les prix s'effondreraient s'ils n'étaient compensés par de nouveaux perfectionnements.

C'est aussi l'un des nombreux domaines où l'école a laissé s'accroître le fossé entre les connaissances qu'elle dispense goutte à goutte et les connaissances que l'homme de la rue acquiert dans les magasins, les catalogues, les revues et journaux, etc (Il est vrai qu'en France ces derniers ne fourmillent guère d'informations techniques et scientifiques !).

Il ne semble pas que l'apparition des ordinateurs ait, à quelques exceptions près (par exemple S. Papert au MIT à Boston) changé la conception habituelle de l'éducation et de l'enseignement. Il est plus facile de transformer les méthodes et les moyens que d'imaginer un changement radical des objectifs surtout lorsque ceux-ci ne paraissent pas être liés à la réforme.

L'ENSEIGNEMENT ASSISTÉ PAR ORDINATEUR

La plupart des travaux et publications ayant trait à l'enseignement mettent l'accent sur "l'assistance par ordinateur". En effet, les problèmes de l'enseignement actuel peuvent être schématisés et réduits entre autres aux aspects suivants :

- 1) La diversité des élèves : il n'y a pas deux individus rigoureusement semblables, tant sur le plan des expériences antérieures liées à l'environnement, expériences accumulées en mémoire grâce aux perceptions, images et sons, sur le plan des motivations qui sont d'ordre affectif, liées à la sensibilité et à l'état psychologique de l'individu, que sur le plan de la rapidité des initiatives, des prises de conscience ou des démarches motrices ou mentales, rapidité qui est liée à l'état physiologique.
- 2) Les difficultés de communications, liées d'une part aux effectifs (peu de maîtres, beaucoup d'élèves), d'autre part à la conception traditionnelle de la classe : toutes les communications passent par l'intermédiaire de l'enseignant qui les centralise et qui détient, choisit, diffuse l'essentiel des informations.
- 3) L'accumulation prodigieuse des connaissances au cours des dernières décennies qui, faute de remaniement périodique des "connaissances de base", impose des recyclages cloisonnés, des orientations et spécialisations de plus en plus précoces.

ENSEIGNEMENT PROGRAMME

On devine l'intérêt de ces machines grâce auxquelles :

- chaque individu "peut revoir et réentendre aussi souvent qu'il le désire les points du cours enregistré (2) qui lui paraissent les plus ardues et cela à l'heure de son choix sans que s'ensuive aucune perturbation du travail de ses condisciples" (Encyclopédie Universalis).
- les demandes, réponses ou hésitations de l'individu peuvent être collectées, triées, classées pour que le maître puisse contrôler l'évolution de l'apprentissage et les auteurs du cours puissent réviser, adapter, perfectionner le programme d'enseignement.

Observons à ce sujet les deux tendances signalées plus haut :

- d'abord la centralisation : citons, parmi

d'autres, en Amérique du Nord, les expériences PLATO I, II, III, IV, ...etc, qui connectant plusieurs Universités depuis 1964, permettent à plusieurs milliers d'étudiants de travailler individuellement sur deux ou trois cents programmes différents, et cela simultanément.

- puis accession de chaque établissement à son autonomie au fur et à mesure que la technologie évolue et permet de fabriquer des calculateurs plus petits en taille, et surtout moins chers. Citons le projet ministériel français qui permet en quelques années d'équiper une cinquantaine de lycées en mini-ordinateurs type Mitra 15 ou TE 1600. Dans diverses disciplines, les enseignants de chaque établissement élaborent leurs propres programmes d'enseignement. Les élèves travaillent alors individuellement sur une dizaine de consoles connectées à l'unité centrale.

SIMULATION

Un premier pas semble pourtant s'esquisser : c'est l'utilisation du calculateur comme simulateur de situations qui font l'objet de l'apprentissage. On voit ainsi les préoccupations des enseignants se porter peu à peu vers les contenus eux-mêmes grâce à la disparition des formes habituelles : au lieu de décrire aux élèves tel ou tel phénomène et son évolution, on peut faire "vivre" aux élèves, sinon le phénomène, du moins une simulation de celui-ci sur laquelle ils peuvent agir et observer les effets de l'action.

De même qu'on peut apprendre à piloter un avion, dans un premier temps, sur des simulateurs de vol, de même un élève peut apprendre :

- à gérer son budget en faisant varier les composantes.
- à étudier un phénomène physique dont le déroulement dépend de paramètres variables que l'élève fait varier lui-même.
- à étudier une situation démographique, faisant défiler toute une suite de générations en quelques secondes.
- à jouer aux échecs ou tout autre jeu dont diverses stratégies ont pu être programmées sur l'ordinateur qui joue le rôle d'adversaire et parfois de conseiller.
- d'une façon générale : à étudier les effets des diverses variables d'une fonction.

Il est possible également de simuler le "hasard" (mais que signifie ce mot, sinon notre impuissance à discerner, analyser, mesurer chacun des facteurs déterminant le phénomène ?) à l'aide de fonctions dites "pseudo-

(1) Une langue ne survit ni à cause de son passé, ni parce qu'on la défend; elle survit dans la mesure où elle véhicule des idées originales propres à améliorer le sort de l'humanité (ou son pouvoir !).

(2) Notons que parmi la bibliothèque des programmes existe naturellement celui qui apprend seul au sujet à utiliser la machine.

aléatoires", c'est à dire de fonctions périodiques dont la période est suffisamment grande pour que la liste des nombres vérifie des tests de fréquence et de distribution propres aux suites aléatoires.

De telles fonctions permettent alors une ouverture vers d'autres domaines comme la musique, les arts graphiques, etc. En effet, l'obtention d'une foule de situations combinatoires nouvelles alimente l'imagination de l'observateur à cause de la rapidité du brelayage et de la création.

Mais on est très loin d'avoir exploré toutes les utilisations possibles de la machine. Il s'agit là de portes ouvertes sur un avenir prodigieux et ... inquiétant à cause de l'utilisation inhumaine que certains pourraient en faire. Utilisation inhumaine car, comme toute machine, celles-ci sont "stupides", stupides en ce sens qu'elles n'échappent jamais aux programmes que l'homme leur a mis en mémoire. Si elles peuvent choisir, passer d'un programme à un autre, en fonction de certains critères, voire de façon aléatoire, c'est parce que l'être humain leur a mis en mémoire un "super-programme" chargé de faire gérer les choix entre d'autres programmes. Mais en aucun cas la machine ne peut élargir le contexte dans lequel elle est emprisonnée : elle ne sait qu'OBEIR et REPETER, sans aucune faute d'attention (sauf défaillance technique). Les recherches sur ce qu'on appelle "intelligence artificielle" ne doivent pas faire illusion : il s'agit essentiellement de reconnaissance de "formes", de "sons"...etc.

Nous abordons ici un aspect psychologique, qui ne semble guère avoir été étudié, si on excepte les travaux de Papert aux USA, reproduits en France depuis deux ans au CNDP. C'est cet aspect qui bouleversera vraisemblablement les conceptions et objectifs traditionnels du système d'éducation et d'enseignement, aspect que l'on peut résumer dans le dilemme pourtant banal qui suit.

EDUQUER OU ASSERVIR ?

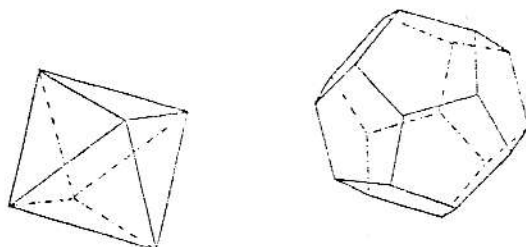
CONSTATATIONS

Résumons grosso modo l'essentiel de ce que font les machines actuelles :

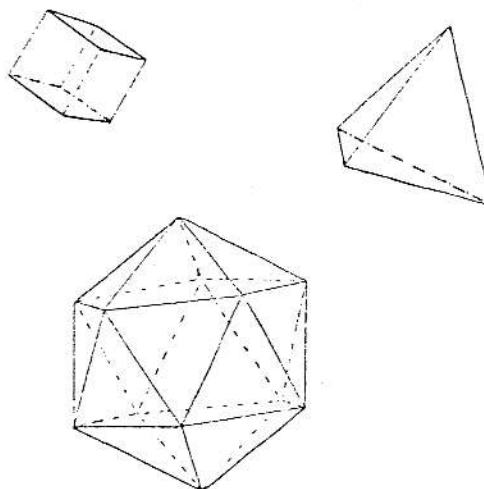
- elles peuvent charger dans leurs mémoires des données, informations de toute nature, et des programmes ou listes d'instructions avec une hiérarchisation telle que certains "programmes" permettent de chercher, choisir, traduire d'autres programmes, etc (sans compter les micro-programmes inhérents à la technologie de la machine, comme les fonctions mathématiques par exemple).
- elles exécutent fidèlement ces programmes, à la demande de l'utilisateur; sans aucune faute d'attention, aussi souvent que l'on veut, et à une vitesse prodigieuse. —>

université d'orléans

IREM



25 PATRONS DE SOLIDES du CE à la 2nde



I-0 n°13 - 18 Francs

Adressez vos commandes à :

I.R.E.M. d'ORLEANS
45046 ORLEANS CEDEX

Joignez un chèque à l'ordre de :

Monsieur l'Agent Comptable
Université d'Orléans
CCP 4604 La Source
(publications IREM)

Ces machines deviennent ainsi les champions du SAVOIR, du SAVOIR-FAIRE et du FAIRE.

Exemple : dans l'un de ces calculateurs de bureau avec écran graphique, introduisons une cassette, véritable bibliothèque de programmes. Démarrons l'un d'entre eux. L'écran affiche : "choisissez les coordonnées de 5 points". Choisissons 5 points au hasard. Dans les trois secondes qui suivent, on voit apparaître sur l'écran la conique - ellipse, hyperbole ou parabole - qui passe par ces 5 points, avec toutes ses caractéristiques, équations de ses axes, foyers, etc. Conclusion : note du correcteur 20/20; le calculateur candidat a toute chance d'entrer à Polytechnique... Il vaudra mieux, pourtant, ne pas lui confier des responsabilités !!!

Ces machines champions ne "comprennent" rien, ni à ce qu'elles savent, ni à ce qu'elles font. On ne leur demande d'ailleurs pas ce que signifie l'expression "comprendre"... et pour cause.

1ère constatation : Sens des initiatives

Mesurons à l'école, particulièrement dans l'enseignement des mathématiques, le temps consacré :

- à l'acquisition du savoir, du savoir-faire.
- au "faire" (au sens de mise en oeuvre du savoir-faire).
- au contrôle, à l'évaluation des deux points précédents.

Que reste-t-il pour laisser fonctionner ces "choses" que l'on connaît mal mais que l'on devine sous des mots tels que : curiosité, invention, imagination, création, sens des initiatives, ...etc.

Nous avons ainsi une idée du cycle de dressage auquel sont soumis nos élèves. Ils ne comprennent pas ? Alors expliquons mieux. Détaillons tout, minutieusement chaque geste, pas à pas. Le discours, l'explication du professeur devient un programme; chaque instruction devient si claire que la "machine" n'a plus qu'à mémoriser et à exécuter si on lui demande. L'élève "sait faire" ! L'objectif habituel de l'enseignement est donc atteint ! Et pourtant, à quel moment "l'intelligence" a-t-elle fonctionné ? Elle fonctionne quand on cherche, quand on essaie de "comprendre", quand on prend des initiatives. Elle cesse de fonctionner quand on croit avoir "compris", quand on exécute le programme, c'est à dire les consignes, quand on obéit aux ordres, quand on répète ! (Répéter l'explication qu'un autre a élaboré n'a strictement aucune signification sur l'intelligence de celui qui répète). On objectera que ces mots "intelligence", "comprendre", n'ont pas de sens précis : en effet, ils dissimulent notre ignorance mais ils révèlent aussi l'existence des différences profondes entre l'être humain et ces nouvelles machines.

Ainsi notre enseignement, trop souvent, va à l'encontre des objectifs déclarés de

l'éducation : il paralyse au lieu de développer ces facultés qui distinguent l'être humain d'une "bonne machine" ! En ce sens l'enseignement programmé, tel qu'il est trop souvent conçu et dispensé par ordinateur, ne fait que renforcer le caractère d'asservissement de l'individu. Ceci explique sans doute les réticences de certains enseignants à l'égard des expériences d'utilisation des mini-ordinateurs.

2è constatation : Motivations

Dans la plupart des cas, et surtout en mathématiques, nos élèves n'ont aucune envie d'accomplir les tâches que nous leur imposons. La motivation est quasiment nulle. Ainsi les jugements scolaires portés sur eux se font à propos de travaux forcés. Comment l'être humain peut-il mettre en oeuvre tout son potentiel à propos de tâches qui lui répugnent ? Quelle valeur ont alors nos jugements sur ce potentiel qui ne s'est pas manifesté ?

3è constatation : Curiosité, recherche, Ouverture des contextes.

On pourrait distinguer, dans l'histoire de l'humanité, deux classes d'individus :
- ceux qui résolvent plus de problèmes qu'ils n'en posent.
- ceux qui posent plus de problèmes qu'ils n'en résolvent.

A court terme, les premiers font progresser leur civilisation et rassurent leurs contemporains sur la "puissance et le savoir de l'homme". Mais à long terme ce sont les seconds qui, ramenant le savoir à une place plus modeste, évitent à cette civilisation l'asphyxie et finalement la mort. Pourtant comme, par vanité, l'être humain supporte mal l'inquiétude de son savoir, on attache dans l'enseignement beaucoup plus d'importance au premier type de comportement qu'au second. On apprend donc à résoudre des problèmes et non à en poser.

Or, pour résoudre un problème, le plus souvent, l'essentiel de l'activité consiste à élaguer le superflu, à choisir, à ne conserver que les éléments pertinents (c'est à dire "abstraire"), bref on rétrécit le contexte. Ceci explique pourquoi il est possible de programmer des calculateurs afin d'obtenir des démonstrations automatiques.

Par contre, pour "se" poser des problèmes, il faut partir à l'aventure, élargir le contexte, sortir des "ornières", toutes choses que ne peuvent faire nos "ordinateurs" actuels (il leur manque, entre autres, la possibilité d'élargir le champ des perceptions et... de prendre des initiatives).

Là encore, notre enseignement scientifique en général tend à faire jouer à l'élève le rôle de la machine au lieu de développer l'aptitude à "ouvrir les horizons" !.

LE DILEMME

L'intelligence d'un individu ne fonctionne guère ou ne fonctionne pas du tout lorsqu'il obéit et exécute fidèlement des consignes. Plus celles-ci sont claires, moins il a besoin de réfléchir. Elle a, par contre, toute chance de fonctionner lorsque c'est lui qui donne des ordres, car c'est lui qui choisit l'objectif, l'analyse, élabore une méthode, puis un langage, pour transmettre les "ordres", c'est à dire le programme, et enfin en observe les effets.

Si nous admettons cette idée, alors nous devons aussi admettre qu'une bonne éducation consisterait à apprendre aux enfants à commander au lieu de leur apprendre à obéir ! Quel bouleversement psychologique, et aussi quels dangers ! Ne serait-ce que sur le plan matériel. Aucune société ne consentira jamais à courir un tel risque !

Une solution simple : laisser les enfants libres de commander ces machines, c'est à dire de les programmer. Ces machines ne sont dangereuses que lorsqu'elles sont connectées à une machine-outil par exemple, ou à des engins analogues. Mais lorsque les "sorties" de la machine sont connectées à un instrument de musique, à un jouet télécommandé ou à un écran graphique, quels risques peuvent courir et l'enfant, et l'adulte, et la société ? (C'est ce que fait S. Papert à Boston avec des enfants de tous âges, à partir de quatre ans). Des enfants de dix à onze ans programment librement des dessins de frises, rosaces, et apprennent plus de géométrie en quelques heures qu'en six ans d'enseignement théorique et ennuyeux.

Outre la motivation extrêmement puissante, due surtout au plaisir d'exercer son pouvoir sur une machine, on devine l'intérêt de telles expériences qui peuvent concerner autant des calculs que des problèmes combinatoires, des constructions de phrases, des poèmes, des dessins, des compositions musicales, des statistiques en tous domaines... La machine, par le biais de l'algorithmique et de l'emploi de fonctions récursives, devient ainsi le lien fondamental qui unifiera nombre de problèmes appartenant à des disciplines traditionnellement séparées.

"Apprendre à automatiser des tâches et les faire exécuter par une machine dès qu'elles sont automatisées" équivaut grosso modo à "Faire fonctionner l'intelligence pour qu'elle puisse se libérer des tâches inintelligentes".

REALISATION ET DEMOCRATISATION

Ce qui était impossible il y a dix ans à cause du coût et de la taille des engins devient peu à peu à la portée de n'importe quel établissement scolaire.

Les premiers calculateurs programmables de bureau valaient entre 20.000 et 40.000 F. il y a dix ans. Actuellement, des calculateurs programmables de poche, ayant 100 fois plus de possibilités (tant sur le plan des fonctions mathématiques que sur le plan de la logique de programmation), sont vendus à partir de 250 F.

Une unité centrale, munie d'un écran graphique de la taille d'un téléviseur, sur laquelle on peut travailler en langage BASIC (simple mais en Anglais), valait en 1977 en-

QUI A DIT ?

" D'où vient le mal ? Assurément ce n'est pas des professeurs de collèges; ils montrent tous un zèle fort louable; ils sont les premiers à gémir que l'on ait fait de l'enseignement des mathématiques un véritable métier."

ET

" L'élève est moins occupé de s'instruire que de passer son examen."

Réponse page 26

viron 40.000 F, en 1978 environ 30.000 F et actuellement sont vendues des unités centrales semblables à moins de 9000 F, que l'on connecte à un téléviseur ordinaire.

Il faut s'attendre dans les prochaines années à un véritable raz de marée de ces jeux électroniques compatibles avec les téléviseurs, des maquettes mobiles, des instruments de musique etc. Il suffirait de peu de choses pour les rendre, sur le plan pédagogique, infiniment plus efficaces que les manuels et matériels traditionnels. Songeons un instant à toutes ces machines à sous qui ne développent rien, strictement rien et qui pourraient être remplacées par des matériels adaptés et tout aussi captivants.

Mais osera-t-on modifier les objectifs, ... et les habitudes ?

CONCLUSION

Les rapports entre les êtres humains, en particulier entre enseignants et élèves, font surtout intervenir l'affectivité de chacun. Ce sont eux qui devraient mettre en valeur tout ce que recouvrent des mots comme : chaleur humaine, compréhension, tolérance, entraide...etc. En opposition, les rapports entre l'être humain et la machine se placent uniquement sur un plan logique, écartant toute sensibilité, bonne ou mauvaise humeur de l'un ou de l'autre, susceptibilité, blocages psychologiques...etc. Il serait donc raisonnable de faire jouer à ces derniers rapports le rôle essentiel dans l'éducation de la logique (au sens large), et de réserver aux premiers le rôle qu'ils n'auraient jamais dû perdre : apprendre à vivre ensemble.

Il s'agit là sans doute de vues idéalistes et simplistes. Quoi qu'il en soit, l'introduction des machines à traiter l'information dans l'enseignement bouleversera celui-ci comme elle bouleversera peut-être notre conception de l'éducation. De toute façon, la réalité toute proche attend l'enfant au coin de la rue, dans les professions, partout ... sauf à l'école. L'école, qui devrait toujours être en avance sur son temps, afin de rendre service à la masse de nos semblables, a pris un retard considérable, sur le plan de l'informatique comme sur beaucoup d'autres. Faut-il s'étonner du peu de prestige qu'elle conserve ? Faut-il s'étonner de la recrudescence des sciences occultes, des superstitions ?

L'informatique sera peut-être un des meilleurs facteurs de renouvellement de l'enseignement, pour peu qu'on le veuille (3).

(3) Il est évident que dans un système d'enseignement centralisé et hiérarchisé à l'extrême comme le nôtre, la première utilisation de l'informatique a été et reste encore, hélas, le renforcement du pouvoir - y compris le pouvoir de l'enseignant. Sur 400 exemples de programmes diffusés par l'INRP en 1980, 1% à peine étaient des programmes de simulation. Les autres n'étaient que des "leçons programmées", et aucun n'était réalisé par des élèves...

Je sais une

Grandeur et décadence de la numération romaine.

Sur le chemin de Saint Jacques de Compostelle, l'église de Fontaines d'Ozillac, à dix kilomètres au Sud-Est de Jonzac en Charente Maritime, mérite une visite. Outre un portail roman saintongeais richement sculpté, la façade comporte une partie rajoutée et datée par l'inscription qu'on peut voir sur les photos ci-dessous.

Un signe en forme de S allongé sépare les mots et les groupes de chiffres. "MIL" se rencontre fréquemment dans l'écriture d'une date. Le "quarante-deux" est noté XLII suivant les règles ordinaires de la numération romaine. Et les 5 centaines qui devraient régulièrement être désignées par le chiffre D, sont indiquées par le chiffre V (5 unités) accompagné d'un C pour montrer qu'il s'agit bien de centaines.

Comment et pourquoi une telle irrégularité a-t-elle pu être commise ? Dans quelle perspective se situe-t-elle ?

Pendant plus d'un millénaire, la seule numération écrite de l'Occident fut la numération romaine dont le principe était, à l'origine, purement additif : 1982 = MDCCCCLXXXII = M + D + C + C + C + C + L + X + X + X + I + I. Ce système, dans lequel tout nombre est égal à la somme de ses chiffres a deux inconvénients majeurs : longueur de l'écriture et nécessité d'inventer de nouveaux symboles pour écrire de grands nombres.

Avant d'être détrônée par la numération de position, la numération romaine évolua pour essayer de corriger ces deux défauts. Le principe soustractif fut introduit pour raccourcir l'écriture : IV au lieu de IIII, IX au lieu de VIIII, CM au lieu de DCCCC ... Dans la notation des grands nombres, une barre et un encadrement furent utilisés pour désigner respectivement une multiplication par 1000 ou 100 000 :

$\bar{V} = 5000$, $\bar{X} = 10\ 000$, $\bar{C} = \boxed{C} = 100\ 000$,
 $\bar{D} = \boxed{D} = 500\ 000$, $\bar{M} = \boxed{M} = 10^6$ etc...

Et, plus tardivement, des initiatives bien plus hardies apparurent. Geneviève Guitel (1) cite cet extrait d'un manuscrit espagnol de 1392 :

M C
 IIII IIII LXXIII florins (pour 4473 florins)