

## MÉTHODE ARCHÉOLOGIQUE ASSISTÉE PAR ORDINATEUR

### 1. INTRODUCTION

Le Congrès Archeologia e Informatica, qui s'est déroulé à Rome du 22 au 25 novembre 1995, a été l'occasion de réunir de très nombreux chercheurs, archéologues pour la quasi-totalité d'entre eux, pour exposer les derniers résultats de projets d'applications de l'informatique en Archéologie.

Environ 130 communications ont été données dans le cadre de ce congrès concernant les domaines les plus variés de l'informatique appliquée à l'Archéologie. L'objet de cette postface est d'essayer de dégager les nouvelles contributions de l'outil informatique à la discipline archéologique et la dynamique qu'elles sous-tendent, à la fois en termes d'applications, mais aussi en termes de changement méthodologique.

### 2. UNE RÉVOLUTION INFORMATIQUE EN ARCHÉOLOGIE

A écouter plus d'une centaine de communications utilisant les technologies informatiques les plus récentes en Archéologie, plus aucun doute n'est permis, les années 95 seront celles d'une révolution informatique en Archéologie.

Cette affirmation ne signifie pas que les archéologues ont trouvé de nouveaux nombreux domaines d'application de l'informatique en Archéologie. La plupart de ces domaines d'application étaient déjà connus il y a quinze ans et certains même avant: l'inventaire informatisé du patrimoine culturel, la carte archéologique, les banques de données muséologiques, l'épigraphie assistée par ordinateur, la gestion informatique des fouilles archéologiques, etc...

En archéologie quantitative, dès 1970, l'analyse des données au service de l'archéologie résolvait les problèmes de typologie, d'identification culturelle, de sériation, de caractérisation physico-chimique en archéologie, d'analyse spatiale, de modélisation de systèmes culturels, etc... Les systèmes experts, dès 1980, étaient déjà connus et appliqués.

Le cours intensif européen, qui s'est déroulé en 1983 à Valbonne et Montpellier, mettait en évidence déjà la potentialité de toutes ces applications (DJINDJIAN, DUCASSE 1987). Mais alors qu'est-ce qui a donc changé à ce point en 1995 près de douze ans après? les technologies et les acteurs!

Les années 1970, années héroïques, celles des précurseurs, des chercheurs qui devaient savoir tout faire avec les ordinateurs des universités et des gros centres de recherche, les années noires de l'incompréhension entre des «aventuriers incompris et incompréhensibles» et la communauté des ar-

chéologues, regardant l'ordinateur avec des sentiments mêlés.

Les années 1980, années euphoriques de la technologie triomphante, inéluctable: des projets d'une ambition démesurée, des moyens souvent considérables, des résultats en demi-teinte. Une archéologie quantitative trouvant la pleine mer, une informatique restant échouée dans le sable, et pourtant les technologies étaient déjà là, émergentes: Transpac, le terminal Vidéotex et les banques de données, anticipant Internet, les vidéodisques (analogiques vidéo) prototypant le CD-ROM (qualité numérique), les micro-ordinateurs annonçant les PC (Personal Computer), etc... C'est également l'époque de projets menés de pair entre les archéologues et les informaticiens, et l'impossible dialogue. Aux années noires de l'incompréhension, succèdent d'autres années noires de l'impossible collaboration: en résultent des banques de données non consultées, des cartes archéologiques abandonnées en chemin, des micro-ordinateurs restreints au traitement de texte et aux tableurs.

Ce qui me semble caractériser ces années 95 est d'abord un phénomène technologique avec par ordre d'importance:

- le développement d'une industrie des logiciels (software), indépendante de l'industrie des matériels (hardware), depuis le système d'exploitation, le middleware, les outils de base (SGBDR), jusqu'aux applicatifs (traitement de texte, tableur, PAO, DAO, logiciels statistiques, SIG etc...), qui débouche sur l'existence de standards à faible prix de vente et dont la pérennité est garantie (et donc à la portée des moyens des archéologues).
- l'évolution exponentielle du rapport prix/performance, plus la fiabilité des composants matériels (capacité mémoire, capacité disque, puissance de calcul des microprocesseurs, capacité de stockage sur CD-ROM, etc...) permettant la démocratisation du multimédia.
- la propagation de l'utilisation conjointe de l'ordinateur personnel et des réseaux, à travers les réseaux de messagerie universitaire, destinés initialement aux chercheurs et aux étudiants, et qui déborde totalement ce cadre initial à travers le phénomène Internet, et l'effet de mode considérable des autoroutes de l'information, au cycle décennal (1975: les banques de données, 1985: minitel et vidéotex, 1995: Internet).

Ce phénomène technologique a des conséquences majeures sur le déroulement des projets informatiques en Archéologie.

A l'homme orchestre des années 70, au duo Archéologue-informaticien des années 80, succède un trio Archéologue/Informaticien/Responsable d'application: c'est dorénavant ce troisième personnage qui va faire le lien entre la technologie informatique et la problématique archéologique. L'informaticien se retrouve rejeté dans un rôle d'expert sur les produits matériels et logiciels. Le responsable de l'application est un utilisateur et un intégrateur de produits. Il formalise et met en oeuvre la problématique de l'archéologue,

ou de plus en plus de l'équipe d'archéologue dans laquelle il est un des éléments spécialisés. Ce rôle peut et doit devenir dès lors une trajectoire professionnelle stratégique dans le métier d'archéologue.

Ce qui est spécifique à l'Archéologie dans cette évolution technologique et sociologique, c'est le rôle important joué par la carte, le dessin et l'image dans le discours archéologique, à tous les niveaux. Et la démocratisation technologique de l'informatique du graphique et de l'image, multiplie les applications où ces techniques sont indispensables:

- dans la gestion informatisée de la fouille archéologique où l'acquisition numérique sur le terrain (photographie numérique, enregistrement automatique des objets, etc...) rendra rapidement obsolète les solutions existantes,
- dans les systèmes d'informations géographiques, outils de base des inventaires du patrimoine culturel et des cartes archéologiques,
- dans la gestion électronique des documents (GED), permettant la conservation, l'archivage et la consultation des objets archéologiques (dessins, relevés, images, etc...),
- dans la diffusion de l'information archéologique (CD-ROM) sélectionnée pour des populations et des marchés diversifiés: recherche, conservation, éducation, grand public.

Mais l'archéologue doit sans cesse se méfier des effets de mode, qui recréent des utopies cycliques et doit savoir les distinguer des véritables sauts technologiques qui seuls lui sont véritablement utiles. L'expérience montre que médiatiquement, les utopies cycliques résonnent toujours fortement, tandis que les sauts technologiques réussis sombrent dans l'anonymat de la banalisation.

Et il faut également alors distinguer le niveau technologique du niveau de l'application au domaine archéologique qui peuvent se comporter différemment, une réussite technologique ne se transformant pas obligatoirement en une réussite archéologique.

L'intelligence artificielle fait partie de ces utopies cycliques, qui se régénèrent tous les dix ans: dans les années 70, l'intelligence artificielle, dans les années 80, les systèmes experts, dans les années 90, les cognosciences.

Si les applications de l'intelligence artificielle n'avaient pas dépassé les laboratoires de recherche, il n'en a pas été de même des systèmes experts qui ont vu se développer vertigineusement des investissements considérables dans l'industrie, qui ont été aussi brutalement interrompus qu'ils avaient été accordés, devant l'échec de cette révolution manquée.

A Rome, j'ai été à ce sujet doublement étonné, d'une part que l'on s'y réfère comme à une technologie encore potentiellement importante en Archéologie, d'autre part de n'avoir trouvé aucune application des technologies de réseaux de neurones qui procèdent du cycle suivant (GARDIN *et al.* 1987).

Par contre, l'analyse des données, qui a révolutionné dans les années

70 la statistique classique, grâce à l'aide des ordinateurs, fait partie de ces réussites aujourd'hui banalisées, par leur intégration progressive en Archéologie de 1975 à 1990.

C'est qu'un autre phénomène apparaît en Archéologie, phénomène complexe difficile à résumer en un seul mot, et qui a des analogies dans des domaines autres que la recherche, c'est l'intérêt de plus en plus faible apporté aux questions théoriques au détriment des moyens de plus en plus importants donnés à la réalisation d'objectifs pratiques. Ce phénomène n'est pas nouveau. Au début des années 60, l'apparition des ordinateurs avait entraîné un élan de recherche considérable dans le domaine de l'intelligence artificielle, de la recherche opérationnelle et de l'aide à la décision. L'ordinateur n'était utilisé que pour des objectifs ambitieux sur le plan intellectuel, modélisant le plus souvent algorithmiquement, les mécanismes de raisonnement des résolutions des problèmes les plus variés du monde technique, économique et social. Cette époque se termine entre 1972 et 1975: le déploiement de l'informatique mobilise alors toutes les énergies pour la réalisation de systèmes techniques comme de systèmes de gestion, pour développer les logiciels indispensables, faisant même disparaître la recherche opérationnelle et l'aide à la décision, dans une période d'euphorie informatique historique de 20 ans qui n'a disparu que récemment.

L'archéologie n'a pas connu cette euphorie informatique essentiellement par manque de moyens financiers, par manque de conscience à haut niveau, et par manque de structure dédié, dans un univers de recherche, à ces projets informatiques. Le principal changement est qu'aujourd'hui avec les nouvelles technologies informatiques (PC, client-serveur, multimédia, réseaux, etc...), l'archéologue peut, avec des moyens financiers réduits, faire l'apprentissage de cette technologie sans faire appel à une structure d'informaticiens. La révolution informatique du début des années 90 (l'informatique sans les informaticiens) entraîne la même révolution de l'informatique en Archéologie aujourd'hui.

Le développement de cette informatique en Archéologie, privilégiera l'acquisition, le stockage et la visualisation des données (Banques de données patrimoniales, carte archéologique, gestion de fouilles, système d'information géographique, etc...) au détriment de l'élaboration du discours de l'archéologue, de l'archéologie quantitative et des questions épistémologiques.

### 3. INFORMATIQUE ET MÉTHODE ARCHÉOLOGIQUE

Plusieurs congressistes, et non des moindres, s'étaient fait l'écho d'une réflexion commune, qui servira de point de départ à l'idée d'une méthode archéologique assistée par ordinateur.

Cette réflexion commune était que les technologies informatiques avaient considérablement progressé, mais que les questions fondamentales,

sous-jacentes, étalent les mêmes que celles que se posaient les archéologues, ou plutôt ceux d'entre eux conscients de formalisation et de méthodes, au début des années 70, avec une technologie informatique incomparablement plus fruste.

### 3.1 Le rôle de l'informatique dans le progrès méthodologique en Archéologie

L'idée que je propose ici est celle de l'existence d'un balancier entre le niveau technologique et le niveau formel: l'apparition d'une nouvelle technologie entraîne une phase d'expérimentation, d'application à, pour certains avec une connotation ludique, avant que, avec les discussions sur les potentialités et les limites de ces applications, une intégration progressive de cette technologie se fasse non sans avoir modifié, et donc fait progresser dans la plupart des cas, le niveau formel.

Il y a donc existence d'un cycle constitué d'une première phase de régression formelle suivie d'une deuxième phase de récupération, puis une troisième et dernière phase de progression formelle.

Ce cycle est bien documenté avec des technologies comme l'analyse des données dans les années 70, et plus globalement l'ensemble du mouvement quantitatif en archéologie.

L'informatique a déjà joué plusieurs fois ce rôle de booster méthodologique, comme outil de calcul (calculateur scientifique) (GARDIN 1970), comme outil de stockage et de consultation (banques de données) (DJINDJIAN, DUCASSE 1987; GUIMIER-SORBETS 1990), comme outil quotidien de l'archéologue (traitement de texte et tableur), comme intelligence artificielle (système expert) (GARDIN *et al.* 1987), comme outil de base pour l'archéologie quantitative (DJINDJIAN 1991), etc... et je suis persuadé que l'essor du multimédia représentera une nouvelle génération technologique utile au niveau méthodologique.

Certains penseront que l'utilisation des SIG avec des problématiques de recherche archéologique, nous feront retomber dans les mêmes problèmes que les banques de données vingt ans avant. Ils auront raison, mais d'autres (et j'en fais également partie) pensent que les SIG sont des merveilleux outils pour réaliser des cartes archéologiques et des inventaires du patrimoine culturel dans une approche multimédia (pour une publication récente, JOHNSON 1994). Le formidable essor du multimédia et des autoroutes de l'information vont donc certainement voir la réalisation de nombreux projets qui auront les mêmes défauts de formalisation que ceux des années 75 et des années 85. Mais génération oblige, ce ne sont pas les mêmes archéologues qui les auront réalisés. L'expérience ne se transmet pas.

Mais il y a néanmoins évolution. Avec la technologie multimédia, le documentaire se transforme par recul progressif de la description textuelle au profit du dessin de la carte et de l'image. Le texte se trouvera progressive-

ment limité à l'identification, et dans les critères extrinsèques de sélection. La subjectivité du discours reculera en ne se manifestant plus dans la description de l'image mais seulement encore dans la sélection du document.

Mais pourquoi s'en plaindre aujourd'hui? Cette tendance favorise, motive, pousse l'archéologue à l'enregistrement, au classement, à la présentation d'informations archéologiques et patrimoniales, et en favorise l'archivage et la conservation, action indispensable devant l'accélération des fouilles archéologiques dans les dernières quarante années, et indispensable et préalable à toute pratique de la recherche.

### *3.2 L'apport des neurosciences dans la compréhension des processus d'apprentissage, de la perception et des représentations internes (sémiotique) pour l'approfondissement de l'interaction objet archéologique – archéologue*

L'interaction entre l'objet archéologique (dans le sens le plus conceptuel du terme) et l'archéologue est la question épistémologique majeure en Archéologie. Les récents progrès des neurosciences peuvent apporter un éclairage nouveau sur les mécanismes de cette interaction et renouveler les approches classiques, en particulier les approches sémiotiques (ORLANDI, ce volume).

En particulier, les théories connexionnistes, en approfondissant les processus d'apprentissage, peuvent apporter des solutions techniques nouvelles, comme celles basées sur les réseaux de neurones aux méthodes typologiques actuelles basées sur l'analyse des données.

Sur un plan épistémologique plus général, les apports des neurosciences entrent dans le cadre des sciences cognitives dont l'Archéologie fait partie du champ d'application et qui offrent une approche enrichissante sur les mécanismes de l'interaction Archéologue-Archéologie et ses divers avatars: descriptions, modèles, projections, etc...

### *3.3 Théories versus Méthode en Archéologie*

Au fur et à mesure que la reconstitution archéologique montre son ambition, à partir des données de plus en plus riches mais toujours insuffisantes, le discours devient de moins en moins abductif, et de plus en plus interprétatif.

Cette fragile démarche peut être renforcée de deux façons, qui sont opposées:

- la première de ces aides est la méthode, qui, étymologiquement, permet de suivre un chemin plus sûr,
- la seconde de ces aides est de s'appuyer sur des a priori, qu'on les appelle postulats, déterminismes, théories, etc... qui fournissent un chemin imposé, qu'il n'est plus possible de quitter, vers une reconstitution elle aussi en grande partie imposée.

Les progrès de la première approche doivent faire reculer l'utilisation abusive des secondes, et plus encore mettre en évidence la grossièreté, ou même la fausseté de certains de ces a priori.

Le développement méthodologique n'apporte pas une austérité restrictive sur les tentatives de reconstitutions, mais un nettoyage rafraîchissant des reconstitutions artificielles basées sur des a priori contredits par les nouveaux faits.

L'archéologie cognitive peut-elle aujourd'hui s'engager sur ce travail de fond et être une solution aux limitations épistémologiques des approches actuelles? (DJINDJIAN 1993).

### 3.4 *L'intégration des outils mathématiques, logiques et informatiques aux différents niveaux du discours archéologique*

Les principaux résultats méthodologiques des années 80, peuvent être ramenés à la définition de trois niveaux indépendants où un processus cognitif peut être activé (GARDIN 1980; DJINDJIAN 1991):

1. l'acquisition
2. la structuration
3. la reconstitution

1. l'acquisition repose sur la maîtrise des mécanismes de perception en Archéologie, formalisée à partir des concepts des neurosciences appliquées en sciences humaines;

2. la structuration repose sur l'application des techniques d'analyse des données à un processus de corrélation cognitive entre informations intrinsèques (perçues sur l'objet) et informations extrinsèques (enregistrées au cours des fouilles);

3. la reconstitution repose sur l'utilisation d'une grammaire cognitive, éliminant les effets rhétoriques et dialectiques des discours littéraires, apte à pouvoir mettre en évidence pour s'en protéger les liaisons logiques trop tenues, ou même rompues, et les embranchements discursifs à issues multiples. L'approche logiciste de J.Cl. Gardin en est un exemple significatif, même si la technologie des systèmes experts n'a pu seconder cette démarche à ce niveau là de richesse sémantique, et donc trop combinatoire.

La plupart des communications données dans le cadre de ce congrès, procèdent du niveau 1 (banques de données, GIS, enregistrement des données de fouilles, etc...), tandis qu'au niveau 2, règne le domaine des typologies, de l'archéométrie et des faciès culturels (archéologie quantitative).

Le niveau 3 est absent, ou encore présent faiblement mais mal dégagé des niveaux sous-jacents et non formalisé.

### 3.5 Une grammaire cognitive pour un discours formalisé ou un simulateur de système culturel?

Au troisième niveau, la formalisation du discours atteint un point d'extrême complexité, lié à la nature de l'Archéologie.

Les communications de J.Cl. GARDIN et J. DORAN (ce volume) proposent des voies méthodologiques pour atteindre l'objectif, le premier par la voie sémiologique, le second par la voie mathématique. Ne doutons pas de la réussite de ces approches, mais craignons que l'investissement intellectuel considérable nécessaire à leur utilisation ne limite encore le nombre de volontaires à des exercices malheureusement encore aujourd'hui trop isolés.

FRANÇOIS DJINDJIAN  
CNRS – UPR 315  
Paris

#### BIBLIOGRAPHIE

- DJINDJIAN F. 1991, *Méthodes pour l'Archéologie*, Paris, Armand Colin.
- DJINDJIAN F. 1993, *L'Archéologie cognitive, une réponse au problème de l'intégration des technologies de l'information en Archéologie*, in T. ORLANDI (ed.), *Discipline Umanistica e informatica*, Contributo del Centro linceo interdisciplinare "Beniamino Segre" n° 87, Rome, Accademia Nazionale dei Lincei.
- DJINDJIAN F., DUCASSE H. (edd.) 1987, *Mathématiques et Informatique appliquées à l'archéologie*, PACT 16.
- GARDIN J.Cl. (ed.) 1970, *Archéologie et calculateurs: Problèmes sémiologiques et mathématiques*, Paris, CNRS.
- GARDIN J.Cl. 1979, *Une Archéologie théorique*, Paris, Hachette.
- GARDIN J.Cl. et al. 1987, *Systèmes experts et Sciences humaines: le cas de l'Archéologie*, Paris, Eyrolles.
- GUIMIER-SORBETS A.M. 1990, *Les bases de données en Archéologie: Conception et mise en oeuvre*, Paris, CNRS.
- JOHNSON I. 1994, *Methods in the Mountains. Proceedings of UISPP Commission IV Meeting. (Mount Victoria, Australia, August 1993)* Sydney, Sydney University, Archaeological Methods, Series n° 2.

#### ABSTRACT

It is discussed if the technological evolution of computer science in the nineties has resolved the methodological problems of the Archaeology, known since the sixties. It is concluded that the two first levels of cognitive methodology (recording and structuring) are resolved but the third and last level (reconstitution) is always the subject of sophisticated but rare experience.