HAL
open science

De la formalisation du traitement des données stratigraphiques en archéologie de terrain

Bruno Desachy

To cite this version:

Bruno Desachy. De la formalisation du traitement des données stratigraphiques en archéologie de terrain. Sciences de l'Homme et Société. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I, 2008. Français. NNT : . tel-00406241v1

HAL Id: tel-00406241

https://theses.hal.science/tel-00406241v1

Submitted on 21 Jul 2009 (v1), last revised 2 Jan 2012 (v2)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université de Paris 1 Panthéon – Sorbonne
École doctorale d'Archéologie, Anthropologie, Ethnologie, Préhistoire (ED 112)
UMR 7041 Archéologie et Sciences de l'Antiquité (équipe archéologies environnementales)

Thèse pour obtenir le doctorat de l'université de Paris 1

soutenue le 12 décembre 2008 par

Bruno DESACHY

De la formalisation du traitement des données stratigraphiques en archéologie de terrain

volume 1 : aperçu historiographique - notes méthodologiques

Directrice de thèse : Joëlle BURNOUF

Jury :
Brigitte BOISSAVIT-CAMUS
Maître de conférences (Université Paris X Nanterre)
Joëlle BURNOUF
Professeure d'archéologie médiévale (Université Paris 1)
François DJINDJIAN
Professeur associé (Université Paris 1) - HDR
Henri GALINIÉ
Directeur de recherche honoraire (CNRS)
François GILIGNY
Maître de conférences (Université Paris 1) - HDR
Vincent GUICHARD
Directeur général de Bibracte EPCC
Paola MOSCATI
Primo Ricercatore (CNR – Istituto di Studi sulle Civiltà Italiche e del Mediterraneo Antico)

Sommaire

Introduction....3

1. La stratigraphie archéologique : aperçu historique....6

1.1. Extraire l'objet de sa gangue : la fouille sans stratigraphie....6

1.2. Le temps vu en coupe : la stratigraphie archéologique classique....19

1.3 Le temps lu dans l'espace : la stratigraphie archéologique tridimensionnelle....40

2. La stratigraphie archéologique : quelques notions actuelles....58

2.1 L'analyse du terrain : la notion d'unité stratigraphique....59

2.2. La synthèse chronologique : le diagramme stratigraphique....88

2.3 Application et limites de la méthode stratigraphique....101

3. Formalisation du traitement des données stratigraphiques....109

3.1. Outils mathématiques....109

3.2. Le temps ordonné : l'obtention du diagramme stratigraphique....118

3.3. Temps quantifié et regroupements chronologiques....126

3.4. L'incertitude et l'erreur....132

4. Intégration dans un système d'information stratigraphique....138

4.1. Quelques notions choisies de système d'information....138

4.2. Systèmes d'information archéologique et systèmes d'information stratigraphique....149

5. L'information stratigraphique : questions théoriques et piste pratiques....160

5.1. Du terrain à la théorie : remarques épistémologiques....160

5.2 Retour au terrain : des pistes pour la pratique....164

Pour ne pas conclure....168

Références bibliographiques....169

Table des figures....187

Table des matières détaillée de la partie 1....189

Introduction

La présente thèse rend compte de l'état actuel d'un travail dont les origines remontent aux années 1980. L'auteur de ces lignes était à cette époque l'un des nombreux jeunes fouilleurs devenus professionnels à la faveur de l'expansion de l'archéologie préventive, parmi ceux fraîchement formés aux nouvelles méthodes de terrain de l'archéologie urbaine incluant la fouille en aire ouverte, l'enregistrement par unités stratigraphiques et l'utilisation du diagramme stratigraphique. Ces méthodes, importées de Grande Bretagne et développées en France par la génération précédente des pionniers de l'archéologie urbaine, à Tours, Saint-Denis, et ailleurs, se sont ainsi largement répandues avec la multiplication des fouilles préventives urbaines à la fin des années 1980 et dans les années 1990.

Ces méthodes furent parfois critiquées par les tenants d'approches plus traditionnelles, mais leur apport était incontestable : le caractère systématique et analytique de l'enregistrement par fiche d'unité stratigraphique représentait une amélioration du recueil de l'information, et l'outil de synthèse qu'est le diagramme permettait enfin de fournir une vision exhaustive et précise de la chronologie stratigraphique des sites densément stratifiés. Cependant, elles imposaient de nouvelles contraintes de formation des fouilleurs, d'organisation de chantier, de gestion de la masse de documents d'enregistrement produits ; et surtout, la phase de dépouillement des données et de réalisation du diagramme stratigraphique, coûteuse en temps, constituait un goulot d'étranglement particulièrement sensible dans les conditions de temps limité de l'archéologie préventive.

Confronté à ce dernier inconvénient, l'auteur de ces lignes a entrepris en 1988 un travail sous la direction de François Djindjian, dans le cadre du séminaire « informatique et mathématiques appliquées à l'archéologie » (Paris I – Paris X – Ecole Normale Supérieure), sur une procédure automatisable de traitement des données stratigraphiques. La première étape de ce travail, réalisée sous la forme d'un projet de séminaire (Desachy 1989), s'appuyait déjà sur le principe, proposé par François Djindjian, du traitement des relations stratigraphique par balayage d'une matrice d'adjacence ; elle consistait en un algorithme de tracé du diagramme, avec une proposition d'amélioration de la représentation graphique. Cette première étape a été publiée (Desachy, Djindjian 1990 ; 1991), mais n'a pas eu de prolongements immédiats. La procédure proposée exigeait en effet, pour traiter de grandes quantités de données, une puissance de calcul que n'offraient pas encore les micro-ordinateurs de l'époque, et n'assurait qu'un traitement partiel.

Puis les obligations et péripéties liées aux activités professionnelles de l'auteur dans le domaine de l'archéologie préventive, ont un long moment mis en sommeil cette recherche. En 2004, l'opportunité d'un congé individuel de formation a permis son réveil, concrétisé par un DEA soutenu à l'université de Paris 1 (Desachy 2005), aujourd'hui prolongé par le présent mémoire de thèse. Outre l'intérêt de l'auteur pour les méthodes de terrain et de traitement de données, plusieurs raisons ont motivé la reprise de cette recherche :

- Les performances croissantes des micro-ordinateurs ont levé l'obstacle de la puissance de calcul nécessaire pour traiter le type de formalisation envisagée ; aussi le DEA contenait le prototype d'une application de traitement de données stratigraphiques (le *Stratifiant 0.1*), sous forme d'un additif à un logiciel très courant, installé sur la plupart des ordinateurs des fouilleurs (le tableur *Excel*).
- Par ailleurs, sur le plan pratique, l'automatisation du diagramme stratigraphique (ou *Harris Matrix*) a fait l'objet de quelques travaux en Europe – évoqués plus loin – qui ont abouti à des applications informatiques (*ArchEd* et *Stratify* principalement). Ces travaux sont peu nombreux, et la version actuelle du *Stratifiant,* que nous proposons jointe à cette thèse, est à notre connaissance la seule application française de traitement informatique complet des données stratigraphiques, incluant l'obtention du diagramme. Mais ce ne sont pas des raisons étroitement nationalistes qui ont motivé la poursuite de ce travail, alors que d'autres produits existent déjà. *Le Stratifiant* matérialise en effet des choix spécifiques, détaillés dans le deuxième volume : par exemple la possibilité de prendre en compte des relations stratigraphiques affectées d'incertitude ; ou le parti-pris de s'éloigner sur certains points de la *Harris Matrix* classique ; ou encore le choix, certainement déplorable pour beaucoup d'informaticiens, d'une rusticité technique loin de l'avant garde. Ces choix sont par définition discutables, et objets de débat. Nous estimons normal, et même souhaitable, que plusieurs produits existent, matérialisant différentes options dans ce débat. Sans se prétendre la meilleure dans l'absolu, notre proposition de formalisation et l'outil qui en découle nous semblent présenter des avantages spécifiques, que le présent travail va tenter de faire apparaître.
- Cependant, la diffusion de ces outils reste extrêmement limitée, et le problème du « goulot d'étranglement » du traitement stratigraphique reste entier : l'utilisation du diagramme stratigraphique est de fait aujourd'hui limitée et semble même régresser, malgré son apport essentiel aux études chronologiques. Aussi, pour remédier à cette situation dommageable, tout effort pour élargir et améliorer la palette trop réduite des outils réellement disponibles et utilisables nous semble utile.

Trois ans après les directions de recherches et les résultats initiaux contenus dans le DEA, la présente thèse constitue donc le bilan de l'avancement de notre travail.

Son objectif premier demeure pratique : disposer d'outils informatiques permettant d'automatiser les tâches longues et fastidieuses de dépouillement et de vérification des données, et de tracé du diagramme stratigraphique. De tels outils ouvrent de plus la possibilité d'une utilisation dynamique de l'enregistrement stratigraphique : si le traitement d'obtention du diagramme est accéléré et automatisé, alors il peut être réitéré afin d'obtenir à volonté des diagrammes successifs (en fonction de nouvelles données) ou concurrents (afin par exemple d'illustrer différentes hypothèses de mise en phase ou de chronologie absolue, ou de visualiser le résultat de requêtes). A cet objectif et à ces possibilités correspond la notion de système d'information stratigraphique.

Cet objectif pratique visant à créer des outils de système d'information stratigraphique impliquait une réflexion méthodologique préalable, dont le champ est annoncé dans le titre du mémoire : la formalisation du traitement des données stratigraphiques en archéologie de terrain. Définissons d'entrée de jeu le sens donné ici à ces termes (quitte à préciser ensuite ces définitions) : par stratigraphie nous entendons l'étude de la stratification, notamment dans le but d'établir une chronologie ; la stratification est la disposition en strates chronologiquement successive des matériaux du terrain étudié, en l'occurrence un site archéologique. L'observation stratigraphique relève en effet de l'archéologie de terrain, que nous définirons ici comme la lecture et l'étude de traces matérielles, par la fouille (c'est-à-dire avec retrait destructif de matériaux) ou par l'observation directe non destructive, afin d'en tirer des connaissances sur les sociétés qui ont directement ou

indirectement laissé ces traces.

Ces aspects méthodologiques sont traités dans la première partie de la thèse (le présent volume). Les concepts de l'actuelle méthode stratigraphique en archéologie de terrain (principalement due à Edward Harris), tels ceux d'unité stratigraphique ou d'interface, constituent la base de départ de notre travail. Nous tenterons d'abord de les situer dans l'évolution de la notion de stratigraphie archéologique (chapitre 1), avant de les exposer plus en détails en en proposant parfois une reformulation (chapitre 2). Ces deux chapitres nous ont paru utiles, notamment en raison de l'absence de traduction française des ouvrages de E. Harris, et de la brièveté des présentations en français spécifiquement consacrées à ce sujet (car fréquemment insérées dans le cadre d'ouvrages généraux de méthode, dont la place consacrée à chaque thème est nécessairement limitée). Bien qu'Edward Harris ait déjà largement défini et axiomatisé ces concepts, il est nécessaire dans notre perspective de développement d'outils informatisés d'en pousser la formalisation, concernant en premier lieu le traitement des données stratigraphiques (en termes de traitement logique et mathématique des opérations d'obtention de la chronologie relative et absolue - chapitre 3) ; et en second lieu concernant l'insertion de ce traitement dans un système d'information archéologique, pour que celui-ci soit aussi un système d'information stratigraphique (en recourant là à des notions d'analyse de l'information et de modèlisation de données - chapitre 4). Ces deux derniers chapitres présentent un aspect inévitablement technique, mais ils sont prévus pour être « autosuffisants », c'est à dire lisibles sans connaissances particulières en mathématiques ou en informatique. Cette présentation méthodologique se clôt par l'amorce d'une réflexion sur le statut et la fiabilité de l'information stratigraphique, et sur les choix qui peuvent en découler sur le terrain (chapitre 5).

Annoncer un objectif pratique oblige à fournir quelques résultats qui le soient aussi : la deuxième partie du mémoire est organisée autour de l'outil de traitement des données stratigraphiques que nous proposons (*le Stratifiant*), dans sa version actuelle (0.3). Celle-ci est marquée par un développement des capacités fonctionnelles par rapport au prototype présenté dans le DEA, et le passage au stade opérationnel dont témoignent des essais d'utilisation sur des données ou en conditions réelles. *Le Stratifiant* et son mode d'emploi sont donc en premier lieu présentés. Leur est jointe une application de base de données d'enregistrement et d'interrogation des unités et relations stratigraphiques (*Stratibase*), prévue pour fonctionner en liaison avec *Le Stratifiant*, illustrant ainsi des fonctions de système d'information stratigraphique (mais le *Stratifiant* peut fonctionner de façon autonome, ou en lien avec d'autres bases de données). Une troisième section de cette deuxième partie tire un premier bilan des débuts des essais et de la mise en œuvre opérationnelle de ces outils.

Il reste à annoncer – bien qu'elles apparaîtront clairement à la lecture – les limites de ce travail. Au moins un objectif a été tenu : celui d'une remise dans le strict délai réglementaire de trois années pour la réalisation d'une thèse[1] . Mais il ne s'agit, à tous points de vue, que d'un état d'avancement à une date donnée ; et non d'un travail abouti. D'autres limites sont inhérentes à l'auteur : bien sûr celles dues à ses insuffisances, mais aussi celles de ses parti-pris. En effet, qu'il s'agisse de l'aperçu historiographique, des remarques méthodologiques, ou de l'approche de la notion de système d'information, ce travail reflète les choix et opinions de l'auteur, et ne prétend donc pas à l'objectivité, ni à une position « au dessus de la mêlée ». Ledit auteur s'efforcera cependant d'expliciter et d'argumenter ces choix et parti-pris. En bref, aussi limité, insuffisant et peu abouti que soit ce travail, il s'efforcera de soutenir une thèse.

1 le temps réel consacré à la réalisation de la thèse a en fait été inférieur : l'auteur a bénéficié d'un congé-formation de six mois pour achever ce travail, son temps utile étant par ailleurs occupé par ses obligations professionnelles normales

1. La stratigraphie archéologique : aperçu historique

Pour la plupart des archéologues d'aujourd'hui, la notion de stratigraphie est indissociable de l'archéologie de terrain. Alain Schnapp (1993) en fait, avec la typologie et la technologie, l'un des trois piliers méthodologiques de l'archéologie scientifique moderne. La stratigraphie archéologique n'est cependant apparue que progressivement, et a évolué au cours de l'histoire de la discipline, avec pour conséquence l'existence de différentes approches de cette notion. En nous appuyant sur des travaux d'historiographie[2], nous pouvons en distinguer trois, successives par leur apparition, mais toutes encore représentées dans les pratiques actuelles en France.

La première approche est celle de la fouille sans stratigraphie, visant au seul dégagement de vestiges mobiliers ou immobiliers ; le terrain n'est alors considéré que comme l'emballage perdu de l'objet exhumé, la gangue dont il faut l'extraire (1.1). Puis s'est développée l'approche stratigraphique que nous qualifierons ici de « classique », fondée sur la lecture verticale du terrain à partir de coupes de référence (1.2). Enfin, sous l'impulsion d'Edward Harris, est apparue plus récemment une approche analytique, axiomatisée, qui constitue l'actuel état de l'art : l'enregistrement stratigraphique, intégré de façon continue à la fouille, est fondé sur la perception du terrain comme un système tridimensionnel d'unités et d'interfaces (1.3).

1.1. Extraire l'objet de sa gangue : la fouille sans stratigraphie

La simple exhumation de vestiges du passé, sans porter attention au contexte stratigraphique, est le type de fouille le plus ancien. Cette pratique a pu – et peut toujours – se réduire à un pillage excluant tout vrai souci de connaissance des sociétés du passé (1.1.1) ; mais elle a aussi constitué un premier outil de collecte de documents nourrissant les travaux d'érudition historique des antiquaires et des philologues (1.1.2). À partir du XVIIIe siècle principalement, ce sont les sites eux-mêmes et non plus seulement les objets qui sont ainsi dégagés, dans une perspective de connaissance historique. Mais, jusqu'au XXe siècle, l'intérêt des fouilleurs pour les seuls vestiges bâtis, perçus comme un moment figé du passé, maintient l'analyse stratigraphique – par ailleurs apparue avec les travaux des premiers préhistoriens – à l'écart des grandes fouilles françaises de dégagement de sites antiques et de l'archéologie monumentale métropolitaine (1.1.3). Cette conception d'une archéologie « a-

2 Nous avons utilisé principalement les travaux d'Alain Schnapp (1993 ; 2002), d'Eve Gran-Aymerich (1998 ; 2001), de Philippe Jockey (1999), de Glyn Daniel (1975 ; 1981), Paul Bahn (Bahn dir. 1996) et Colin Renfrew (Renfrew, Bahn, 2004). Bien que tous ces ouvrages parlent de l'apparition de la stratigraphie, il semble exister relativement peu de travaux spécifiquement consacrés à l'histoire du concept de stratigraphie archéologique. On peut citer l'aperçu historique détaillé dans la première édition (1979) de *The laws of archaeological stratigraphy* d'Edward Harris, le chapitre *Historical Trends* de l'ouvrage collectif *Practices of Archaeological Stratigraphy* (Harris, Brown, Brown ed. 1993), ainsi que l'article de David Browman et Douglas Givens sur l'apparition de la stratigraphie dans l'archéologie américaine (Browman , Givens, 1996).

stratigraphique », où la fouille est réduite au dégagement des vestiges bâtis et des objets mobiliers, coexiste encore aujourd'hui dans notre pays – y compris au sein des institutions patrimoniales officielles – avec celle, plus récente, d'une archéologie de terrain incluant l'observation du contexte stratigraphique, et de toutes les traces matérielles (y compris naturelles et environnementales) des sociétés du passé. Cette ambiguïté est à la source de malentendus et de dysfonctions, touchant aux notions mêmes de conservation et de destruction du patrimoine archéologique (1.1.4).

1.1.1. La chasse aux objets de valeur : le fouilleur prédateur (de l'Antiquité à nos jours)

La « fouille prédatrice » n'est qu'une chasse aux objets auxquels le fouilleur attribue de la valeur : valeur esthétique (afin de constituer une collection d'objets d'art anciens), valeur symbolique ou religieuse (exhumation de reliques par exemple), et bien sûr valeur marchande ; cette dernière étant étroitement liée aux précédentes dès lors que les objets ainsi trouvés se trouvent soumis à la loi de l'offre et de la demande.

L'ancienneté des fouilles prédatrices

Dès l'Antiquité au moins, et particulièrement dans le monde romain où existe un marché de l'art développé motivant de lucratifs pillages (tels ceux, immortalisés par Cicéron, du propréteur Verrès en Sicile au premier siècle avant notre ère), on trouve des exemples de telles fouilles. Ainsi, rapportées par Strabon (cité dans Schnapp 1993, p. 27-28 ; Jockey 1999, p.23), les ventes d'objets provenant de la fouille d'anciennes sépultures, lors de la fondation par César d'une colonie sur le site de Corinthe.

Ce type d'exploitation de gisements archéologiques se rencontre ensuite au Moyen Âge, la passion de la collection laissant alors la place à des pratiques de recyclage d'œuvres et de matériaux anciens dans les créations du présent : « *l'art d'exploiter les décombres* » dont parle Alain Schnapp (1993, p.80). Les remplois antiques dans le décor de la chapelle palatine d'Aix-la-Chapelle achevée au début du IXe siècle en sont un des plus célèbres exemples.

La Renaissance italienne, dont Rome devient à la fin du XVe siècle le principal foyer (après Florence), voit se développer une importante activité de fouilles liée au nouveau regard porté sur la civilisation, les objets et les monuments de l'Antiquité. Des entrepreneurs spécialisés, les *cavatori*, exploitent le sous-sol romain afin d'enrichir collections et nouveaux édifices, avec pour commanditaires les puissantes familles aristocratiques – Médicis, Borghèse, Farnèse… – où se recrutent cardinaux et papes. L'exhumation en 1506 du célèbre *Laocoon*, acheté par le pape Jules II, témoigne de la constitution de ces collections ostentatoires, signes de goût et de prestige.

Certaines fouilles de la Renaissance ne sont cependant pas qu'une chasse à l'œuvre d'art. De nouvelles préoccupations d'urbanisme et de règles architecturales poussent architectes et artistes à étudier les restes de constructions antiques. Initiée en particulier par Flavio Biondo (1392-1463) avec une description de la ville antique (*Roma Instaurata*, 1446), l'exploration des vestiges bâtis est notamment illustrée par la fouille et le relevé de la villa d'Hadrien à Tivoli effectués à partir de 1549 par Pirro Ligorio (1513-1583) lors de la construction, au même emplacement, de la villa édifiée pour le cardinal Hippolyte d'Este. Par son objectif documentaire et sa pratique du relevé, ce type de fouille se rapproche d'une véritable archéologie de terrain. Cependant, de la part des artistes et architectes de la Renaissance, ce n'est pas réellement un souci historique de connaissance des sociétés du passé qui anime ces recherches ; mais plutôt l'ambition de reconstruire un modèle esthétique intemporel, dont les Anciens étaient dépositaires.

L'exploitation des gisements archéologiques à grande échelle : les flux de pillage contemporains

La pratique de la fouille réduite à une simple chasse à l'objet d'art perdure bien au-delà de la Renaissance, jusqu'à nos jours. Cette pratique reste nourrie par les achats de collectionneurs privés, mais elle est aussi liée à l'apparition des musées[3]. Le besoin d'enrichir les collections de ces nouvelles institutions (parmi les premiers : la galerie des Offices de Florence en 1581, l'Ashmolean Museum à Oxford en 1683, le British Museum en 1759, le Musée Central des Arts – futur musée du Louvre – en 1793…) va en effet, surtout au XIXe siècle, largement contribuer au maintien et au développement de cette forme « d'archéologie » prédatrice. La dépose à partir de 1801 des frises du Parthénon par lord Elgin, ambassadeur britannique auprès de l'empire ottoman, suivie de leur revente au British Museum, en est un exemple célèbre ; comme, dix ans après, le démantèlement de la décoration sculptée des temples d'Egine (1811) et de Bassae (1812), dont les éléments sont ensuite acquis par la Glyptothèque de Munich et le British Museum.

Derrière les institutions muséales, ce sont les États qui, au XIXe siècle, rivalisent dans l'accumulation de butin archéologique. Les collections des grands musées nationaux deviennent alors, plus que jamais, un objet de prestige et une manifestation de puissance politique. En témoignent dès la fin du siècle précédent les spoliations massives d'œuvres d'art perpétrées par Bonaparte lors de la campagne d'Italie (1796-1798) avec l'approbation du Directoire, afin d'enrichir les collections du Musée Central des Arts. Ces pratiques de pillage à grande échelle, commanditées ou encouragées par l'autorité politique, ne tardent pas à toucher les sites archéologiques.

Dans la première moitié du XIXe siècle, l'Égypte en est un exemple particulièrement flagrant. En effet, à la suite de l'expédition d'Égypte (1798 -1801) et des travaux de la commission des Sciences et des Arts de l'armée d'Orient (*Description de l'Égypte*, publiée de 1809 à 1828), l'engouement pour les antiquités égyptiennes suscite une concurrence entre plusieurs pays européens, principalement la France et l'Angleterre. Les représentants diplomatiques des deux pays – Bernardino Drovetti (1776-1852, consul général de France de 1820 à 1829), Henry Salt (1780-1827, consul général britannique de 1816 à 1827) – organisent la collecte des objets, et leur transfert vers le Louvre ou le British Museum (sans oublier de se servir au passage...). Ils disposent pour cela d'un réseau de marchands et d'agents qui « fouillent et saccagent les sites, ne poursuivant qu'un seul but , la récolte d'antiquités pour constituer des collections vendues au meilleur prix. »[4] (Gran-Aymerich 1998 p. 79). Malgré la dénonciation par Champollion des effets destructeurs de ce pillage[5], ce n'est qu'après 1858, avec l'organisation du service des antiquités dirigé par Auguste Mariette (1821-1881), que l'Égypte cesse d'être un terrain de chasse totalement ouvert .

Du XIXe au XXIe siècle, les flux de pillage archéologique liés au marché international des œuvres d'art anciennes ont évolué, mais certes pas disparu. Au départ ouvertement institutionnels, ils sont aujourd'hui clandestins ou plus discrets, sous l'effet de textes internationaux, en particulier la convention de l'UNESCO en 1970 interdisant théoriquement l'importation, l'exportation et le transfert de propriété illicites des biens culturels (91 pays en sont signataires, parmi lesquels la France, qui n'y a adhéré qu'en 1997 - Bessières *et al.* 2001, Okello Abungu 2008).

Malgré ces mesures, le boom du marché de l'art depuis les années 1980, la pression créée sur ce marché par la demande convergente des grands collectionneurs privés et des grands musées (souvent associés, les uns rachetant et présentant les collections des autres), et parfois les situations

3 C'est l'érudit, évêque et médecin Paolo Giovo (1487-1552) qui emploie pour la première fois le mot pour désigner la présentation d'une collection d'objets anciens (Schaer 1993).

4 L'entrepreneur de fouilles Argyropoulos, dans le prologue du *roman de la momie* de Théophile Gauthier (publié en 1857), est une évocation imagée de ces pittoresques mais nuisibles fouilleurs mercenaires : *«… chacun vit, en ce monde, de sa petite industrie : je déterre des Pharaons, et je les vends aux étrangers. Le Pharaon se fait rare, au train dont on y va ; il n'y en a pas pour tout le monde. L'article est demandé, et l'on n'en fabrique plus depuis longtemps. »* (Édition Presse – Pocket 1991, p. 28)

5 dans une note écrite au pacha Mehemet Ali, en 1829, à la suite de sa visite sur les sites égyptiens (Gran-Aymerich 1998)

de guerre ou de faiblesse dans lesquelles se trouvent plongés certains États proies des pillards, ont actuellement pour effet l'augmentation du pillage organisé ; et par conséquent la dégradation croissante des ressources archéologiques mondiales, soulignée par Colin Renfrew (cité dans Durussel 2002).

Suivant les recommandations de l'ICOM (International Concil of Museums), certains grands musées ont mis des freins à l'achat d'objets archéologiques pouvant provenir de pillages (en particulier, depuis 1995, le J. Paul Getty Museum de Los Angeles, auparavant stigmatisé pour des pratiques de ce type – Durussel 2002). Mais pour d'autres, les achats d'objets d'origine douteuse sont justifiés, dans l'idée que l'on sauve ainsi ces objets. Cette conception, impliquant que seul l'objet a une valeur, son contexte de provenance important peu, est malheureusement encore aujourd'hui celle d'une partie des institutions patrimoniales françaises ; ce qu'illustre notamment l'affaire, rendue publique par Colin Renfrew, de l'acquisition en 2000 par le musée des Arts Premiers de sculptures africaines Nok provenant de sites pillés au Nigéria (Bessières *et al.* 2001, Okello Abungu 2008). Le discours sur les œuvres qui seraient ainsi « sauvées » recouvre en fait une relation vampirique : ces objets ne sont plus que le support d'une jouissance esthétique (ou de prestige, ou financière...) pour leurs acquéreurs, jouissance liée à la destruction de la mémoire de leur pays de provenance, par la destruction des sites et des informations de contexte. Ce vampirisme est aussi une forme de colonialisme : en effet, du XIXe s. à nos jours, la géographie du pillage archéologique international a pour constante de refléter une situation d'exploitation de pays plus pauvres par les puissances économiques du moment.

En deçà de ces flux internationaux, la prédation archéologique s'opère aussi à plus court rayon d'action, comme le montre le pillage endémique au moyen de détecteurs de métaux qui frappe nos régions d'Europe occidentale. Dans tous les cas, on trouve à la base de ces pratiques l'attention exclusive porté à l'objet ; attention exclusive qui revient à nier l'intérêt d'une approche stratigraphique du terrain.

1.1.2. La collecte d'objets à étudier : antiquaires et philologues (Renaissance - 19e siècle)

Entre la fouille prédatrice que l'on vient d'évoquer et une démarche véritablement archéologique, on peut affirmer que la différence tient d'abord, avant toute question de méthode, au regard porté sur les vestiges du passé. Pour l'archéologue, ils sont considérés comme des sources d'informations, et non en fonction d'une hiérarchie qualitative (artistique, symbolique, religieuse, ou de simple curiosité…), ni – en principe – en fonction d'un profit potentiel. Le vestige n'est ni un objet précieux ni une curiosité remarquable, c'est un document historique, une pièce d'archive. On trouve ce regard proprement archéologique dès le Ve s. avant notre ère chez le précurseur de la méthode historique moderne, Thucydide (*ca* 460 av. J.-C. – *ca* 400 av. J.-C.), lorsqu'il attribue des tombes découvertes à Délos au peuple des Cariens par un raisonnement fondé sur les types de mobiliers et de sépultures, ou lorsqu'il s'interroge sur les rapports entre l'importance apparente des vestiges bâtis d'une ville et ce qu'a été réellement sa puissance politique, devançant ainsi de très actuelles questions méthodologiques d'interprétation en archéologie (Vidal-Naquet 1980 ; Schnapp 1993).

Humanisme et antiquarisme

Il faut cependant attendre la Renaissance pour qu'émerge un type de savant qui annonce l'archéologue. En effet, si la Renaissance amène un renouvellement du goût esthétique, motivant la constitution de collections d'objets antiques, elle amène aussi un renouvellement des connaissances et des méthodes historiques, avec le mouvement humaniste et sa pratique du recueil et de la critique des textes. Le terme « antiquaire », du XVIe au XVIIIe siècle, désigne la catégorie d'érudits, issue de cette mouvance humaniste, et qui s'attache à recenser, décrire, étudier et publier les objets et

monuments anciens. Cyriaque d'Ancône (1391-1452) en est l'un des premiers représentants.

Dès la Renaissance et plus encore au XVIIe s., le regard porté par les antiquaires sur les vestiges du passé tend à faire primer le souci d'érudition sur l'appréciation purement esthétique. Ce souci d'érudition se répand jusqu'au niveau local : on voit ainsi apparaître en France à la fin du XVIe et au XVIIe siècle de nombreux auteurs qui recensent les antiquités de leur ville ou de leur région, constituant de premières « cartes archéologiques». Cette érudition est en même temps large, fréquemment polyvalente, encyclopédique avant la lettre ; ce dont témoigne par exemple l'activité de Nicolas Fabri de Peiresc (1580-1637), conseiller au parlement d'Aix-en-Provence, et grand savant au croisement des courants scientifiques de son temps : astronome et mathématicien, élève de Galilée et ami de Gassendi, et expert en antiquités qu'il rassemble et étudie.

A partir du XVIIe siècle, l'antiquarisme évolue, tendant vers l'actuelle notion d'archéologie ; Alain Schnapp (1993) distingue deux vagues dans ce mouvement.

D'abord naît l'idée, acquise à la fin du XVIIe siècle, que l'objet ancien est un document historique majeur car original, plus fiable en cela que les textes antiques qui ne nous sont parvenus qu'à travers de multiples copies. Ainsi se développent la numismatique, dont Peiresc a été un précurseur, et l'épigraphie, dont le Lyonnais Jacob Spon[6] (1647-1685, auteur des *Recherches des antiquités et curiosités de la ville de Lyon* publiées en 1673) est considéré comme le pionnier. A travers ces nouvelles disciplines, «*L'objet antique, d'abord simple illustration des textes transmis par la tradition, acquiert peu à peu un statut autonome requérant les compétences exclusives d'un spécialiste* » (Jockey 1999, p.71). Cette étude des objets anciens considérés comme matériaux d'érudition historique trouve son parallèle dans les travaux philologiques que mènent au XVIIe siècle les Jésuites avec Jean Bolland (1596-1665) puis les Bénédictins de la congrégation de Saint-Maur avec Jean Mabillon (1632-1707) dont l'ouvrage *De re diplomatica* (1681) contribue à fonder la paléographie médiévale. Elle se poursuit avec les grandes entreprises de publications d'antiquités du XVIIIe s. avec en premier lieu L'*Antiquité expliquée et représentée en figures*[7], ouvrage publié en 1719 par Bernard de Montfaucon (1655-1741), bénédictin mauriste disciple de Mabillon. En distinguant deux classes « qui se prêtent des secours mutuels » : les documents écrits proprement dits d'une part, et les statues, bas-reliefs, inscriptions et médailles d'autre part, Montfaucon propose l'étude complémentaire des textes et des objets considérés comme documents historiques (Gran Aymerich 1998).

Mais cette première vague d'études d'objets et d'inscriptions anciennes ne porte pas encore de discours archéologique réellement autonome. Dès le XVIIIe siècle, certains antiquaires vont plus loin : ils inscrivent l'étude des objets dans une réflexion sur l'évolution de la culture matérielle. Cette deuxième vague est principalement représentée par le comte Anne de Caylus (1692-1765), auteur du *Recueil d'antiquités égyptiennes, étrusques, grecques, romaines et gauloises* publié de 1752 à 1768. Les objets et monuments sont étudiés suivant une approche comparative et évolutive, ce qui amène Caylus à supposer la grande ancienneté de certains vestiges, antérieure aux Gaulois. L'idée fondamentale qui apparaît alors – les variations de caractères morphologiques et techniques expriment une évolution dans le temps, perceptible par l'étude de séries d'objets – est à l'origine de la typologie archéologique. Ainsi se fonde une « science des objets » autonome, prémices à la fois de l'archéologie et de l'histoire de l'art actuelles (Coye 1998 ; Schnapp 1993). On peut en effet lui rattacher l'analyse des œuvres d'art basée sur l'idée de la succession des styles que fonde Johann Joachim Winckelmann (1717-1768) avec son *Histoire de l'Art de l'Antiquité* (1764).

En France, épigraphie, numismatique, puis « science des objets » se développent de la deuxième moitié du XVIIIe s. au XIXe s., encadrées et soutenues par quelques institutions d'Etat : le cabinet

6 Jacob Spon est aussi le premier érudit à employer le mot « archéologie » en français, dans le sens d'étude des vestiges du passé (Gran Aymerich 1998)

7 Ouvrage dans lequel se trouve notamment publiée l'une des premières fouilles de sépulture mégalithique (allée couverte), découverte en 1685 à Cocherel près de Dreux.

du Roi (créé au XVIe s. pour la conservation des collections royales, ancêtre de l'actuel cabinet des Médailles de la Bibliothèque Nationale de France), et surtout l'Académie des Inscriptions et Belles Lettres (fondée en 1663, chargée à l'origine de rédiger les inscriptions commémoratives pour le roi, devenue en 1795 l'une des cinq académies de l'actuel Institut de France). Ces institutions sont animées par des personnalités scientifiques, parmi lesquelles, outre Caylus, l'abbé Jean-Jacques Barthélémy (1716-1795), Aubin-Louis Millau (1759-1818), antiquaire, botaniste et minéralogiste qui se situe dans le sillage de Caylus en introduisant en France le système de Linné et préconisant son adaptation à l'archéologie, et Bon-Joseph Dacier (1742 – 1833). Ce dernier, par sa longue carrière – il sera, en tant que secrétaire perpétuel de l'Académie des Inscriptions et Belles Lettres, le destinataire de la *lettre* dans laquelle Champollion, en 1822, expose le déchiffrement des hiéroglyphes égyptiens – incarne le lien entre les antiquaires du XVIIIe s. et la première archéologie du XIXe siècle.

La philologie archéologique

Une philologie spécifiquement archéologique se constitue ainsi, appuyée sur cette double approche de l'étude historique des informations (inscriptions, iconographie) dont certains objets sont porteurs, et de l'étude comparative de séries d'objets. Elle devient, dans les deux premiers tiers du XIXe siècle, la conception dominante de l'archéologie, en partie en raison des apports majeurs de l'épigraphie : le déchiffrement des écritures anciennes recule les débuts de l'Histoire en éclairant les civilisations disparues du Nil grâce aux travaux évoqués ci-dessus de Jean-François Champollion (1790-1832), puis du Tigre et de l'Euphrate (l'ancienne Mésopotamie) où, à partir des années 1840, les fouilles de Paul-Emile Botta (1802-1870) à Khorsabad et d'Austen Henry Layard (1817-1894) à Nimrud – menées là aussi sur fond de rivalité politique entre Grande-Bretagne et France – livrent en abondance des inscriptions cunéiformes.

Cette philologie archéologique du XIXe siècle, à laquelle contribuent les chercheurs de différents pays européens, est dominée par les savants allemands, dans la lignée d'Eduard Gerhard (1795–1867), créateur de *l'instituto di correspondanza archaeologica* fondé à Rome en 1829. Les travaux de Gerhard contribuent à la naissance de l'étruscologie, et à celle de la céramologie, avec en particulier la publication en 1831 des vases de la nécropole étrusque de Vulci. L'approche promue par Gerhard et les travaux de l'institut de correspondance, appuyée sur l'analyse comparative et la constitution de séries, appliquées aux objets comme aux monuments, s'inscrit dans le prolongement intellectuel de Winckelmann et de Caylus. Cette tradition philologique aboutit à la réalisation, au XIXe et au XXe siècle, des grands inventaires archéologiques encore utilisés actuellement, à champ large comme le *Corpus Inscriptionum Latinarum* dont la publication débute à Berlin en 1863 ou le *Dictionnaire universel des Antiquités orientales, grecques, latines et du Moyen Âge*, de Charles Daremberg (1817-1872) et Edmond Saglio (1828-1911), publié à partir de 1873 ; ou à visée plus spécialisée, comme les travaux d'Hans Dragendorff (1870-1941) dans le domaine de la céramologie romaine.

Les apports de cette vision philologique de l'archéologie, intellectuellement dominante au XIXe siècle (au moins jusqu'aux travaux des premiers préhistoriens), sont donc incontestables. Mais cette approche est fondamentalement limitée : elle ne se base que sur les caractères intrinsèques des objets, et ignore donc leur contexte archéologique. À long terme, cela constitue un cul-de-sac méthodologique : la recherche archéologique est condamnée à n'être qu'une fourniture de matériaux pour épigraphistes et numismates, ou à ne produire qu'un discours autarcique non corroboré, privé de l'information extrinsèque stratigraphique, chronologique, mais aussi environnementale et culturelle qu'apporte le contexte. De plus, cette limite intellectuelle de la philologie archéologique amène à tolérer la destruction de sites : le contexte important peu, ceux-ci peuvent n'être considérés que comme des gisements de documents. Cela entraine parfois une certaine proximité de comportement entre les purs pillards évoqués plus haut, et les chercheurs de

documents archéologiques. En effet, si Champollion montre en 1829 une hauteur de vue et un désintéressement remarquables en protestant contre l'exploitation incontrôlée des sites égyptiens, certaines fouilles parmi celles qui ont lieu ensuite en Mésopotamie ne consistent encore qu'à « exploiter » des tells pour en extraire tablettes inscrites et objets d'art (comme en témoigne cet aveu de Layard, pour qui la fouille doit produire « *le plus grand nombre possible d'objets d'art dans le meilleur état de conservation, tout y en consacrant le moins possible de temps et d'argent* » - Gran-Aymerich 1998 p.104).

1.1.3. Le temps figé des ruines : les dégagements de sites (18e - 20e siècle)

Les vestiges in situ : première prise en compte du contexte

Dans l'activité des antiquaires de la Renaissance au XVIIIe siècle, il n'y a pas de césure entre l'étude des objets mobiliers et celle des vestiges *in situ*. De notre point de vue, on peut cependant distinguer ces deux aspects car, si le premier s'est développé en une science des objets à l'origine de la typologie puis, au XIXe siècle, en une puissante philologie archéologique, le second amène la notion, encore implicite mais essentielle, de la relation entre l'objet et son contexte. Par là, l'érudition des antiquaires commence déjà à s'éloigner de la vision du terrain comme strict gisement d'objets, et prend le chemin de la reconnaissance de la stratigraphie.

Là encore cet intérêt porté aux vestiges *in situ* est repérable dès l'Antiquité (par exemple le dégagement et la reconstruction d'un ancien temple enfoui ordonnés par le roi de Babylone Nabonide au VIe s. av. J.-C. – Schnapp 1993), et il est présent, comme on l'a vu, à la Renaissance. Alain Schnapp (1993) montre comment, au XVIe et au XVIIe siècle, l'attention portée au site et au contexte autant qu'à l'objet caractérise plus particulièrement les antiquaires d'Europe du Nord, tels l'Allemand Nicolas Marschalk (*ca* 1465–1525), l'Anglais William Camden (1551–1623, auteur du premier relevé du célèbre site de Stonehenge), le Danois Ole Worm (1588–1654), et surtout les Suédois Olof Verelius (1618 – 1682) pour qui la première chaire d'archéologie (1662) et le premier service archéologique institutionnel (« collège des antiquités », 1666) sont créés à l'université d'Uppsala, et Olof Rudbeck (1630–1702). Ceux-ci, animés par une volonté identitaire d'affimation de l'ancienneté des peuples du Nord face à la civilisation gréco-romaine remise à l'honneur en Italie, cherchent à mettre en évidence les monuments anciens de leur pays. La nature de ces vestiges – tumulus, traces de fossés ou de levées de terre, mégalithes… – très différents des édifices romains dont l'architecture apparaît de façon évidente à l'observateur, amène la nécessité d'une observation attentive du terrain, encore peu fréquente en France et en Italie à la même période.

Dans la France du XVIIIe siècle, ce souci d'observation des vestiges in situ s'étend néanmoins, chez les antiquaires, mais aussi chez les « aménageurs » : ainsi Anne de Caylus déjà cité, et pionnier à plus d'un titre, s'inscrit dans une véritable démarche d'archéologie préventive, en publiant (dans le tome III de son recueil d'antiquités) les découvertes dues aux travaux routiers et les relevés qu'en font les ingénieurs, encouragés en cela par l'intendant Charles-Daniel Trudaine (1703-1769), créateur (1750) et directeur du corps des Ponts et Chaussées.

La découverte fortuite d'Herculanum (en 1711, à la suite du creusement d'un puits), puis celle de Pompéi, jouent un rôle crucial dans cette extension dans les préoccupations des chercheurs, de l'objet au site. En effet, les fouilles, entreprises à Herculanum à partir de 1738 puis à Pompéi à partir de 1748, commanditées par le roi Charles III d'Espagne et de Naples, sont d'abord dirigées par un ingénieur militaire (Roch Joachim Alcubierre) qui traite le site comme un pur gisement d'objets, exploité au moyen de galeries de mine.

Cette chasse à l'objet se situe dans la lignée des plus expéditifs des *cavatori* de la Renaissance. Mais les mentalités ont évolué ; si au début du XVIe siècle, personne ne s'était soucié du contexte

archéologique du *Laocoon* lors de la découverte de celui-ci, au milieu du XVIIIe siècle, des esprits érudits parmi lesquels Winckelmann et Caylus s'élèvent contre ce qui apparaît déjà comme une destruction d'informations, dont le même Winckelmann donne un exemple dans l'une de ses lettres : la récupération sans relevé préalable des lettres en bronze d'une inscription monumentale, interdisant à tout jamais la lecture de cette inscription (cité dans Etienne 1988 p. 146-147, Jockey 1999 p. 56). Les critiques partagent l'idée que c'est le site dans son ensemble qu'il faut comprendre et restituer, et non détruire dans le but de lui arracher des objets de valeur. De fait, à partir de 1763, les sapes destructives cessent et les fouilles se font à ciel ouvert.

L'instant figé de Pompéi : une vision forte, excluant la stratigraphie

Cependant, malgré la prise de conscience que la découverte de Pompéi et d'Herculanum a entraîné, son caractère exceptionnel a peut-être généré une sorte d'effet pervers méthodologique. En effet les deux sites sont un cas rarissime « d'ensemble clos » global, de vestiges qui s'offrent au fouilleur comme une entité chronologique parfaitement définie : tous les éléments découverts témoignent d'un même instant suspendu par une destruction soudaine, sans qu'il soit besoin de lecture stratigraphique ni de porter attention au sédiment pour en préciser la position chronologique. Cet exemple exceptionnel suscite une idée du site archéologique comme lieu de conservation des restes d'une cité ou d'une civilisation figées dans l'état idéal de leur plénitude ; restes dissimulés sous un voile sédimentaire qu'il suffit de retirer.

Or, cette vision « pompéienne » du terrain archéologique, vision fascinante d'un « surgissement extraordinaire » (Jockey 1999 p.55), tend à exclure l'idée même d'une approche stratigraphique. En effet, les sédiments dans lesquels on trouve objets et vestiges ne sont pas perçus comme un potentiel d'informations ; ils ne sont au contraire que le signe de la destruction et de la disparition qui ont frappé le site. Faire disparaître ces sédiments, c'est lutter contre cet effacement, abolir les siècles ou les millénaires d'oubli qui ont recouvert les vestiges. Comme le prince charmant ramène à la vie la belle au bois dormant, le fouilleur, en dégageant les ruines de leur gangue sédimentaire, ramène au présent les témoins d'une civilisation, isolés dans un temps suspendu depuis leur enfouissement[8].

A cette image séduisante de l'archéologie et du rôle des archéologues, nourrie par les conditions exceptionnelle d'enfouissement de Pompéi, il peut paraître décevant d'opposer la réalité de la stratification et de l'étude qu'elle nécessite ; car la vision stratigraphique n'est pas celle de vestiges à dégager d'une gangue de sédiment stérile et indifférencié, mais au contraire celle d'une accumulation de strates variées dans lesquelles prennent place objets et structures ; et ce n'est pas celle du temps figé, mais au contraire celle de l'évolution et de la transformation. Loin d'être un prince charmant ranimant un corps dans toute sa jeunesse et sa beauté, le fouilleur stratigraphe sait qu'il n'est qu'un carabin disséquant méthodiquement des restes plus ou moins décomposés, achevant par là même de les faire disparaître...

De fait, ce modèle pompéien du temps figé a certainement contribué à chasser pour longtemps la stratigraphie – qui comme on le verra était déjà présente à la fin du XVIII s. chez les naturalistes, et qui n'était pas absente des travaux des antiquaires nordiques des XVIIe et XVIIIe s. – hors du champ de l'archéologie historique[9]. La situation évoluera sensiblement seulement après qu'un autre site évocateur ait permis la diffusion d'un autre modèle lui aussi à fort pouvoir de fascination : celui

8 Il est intéressant de constater que le thème de la « belle à Pompei dormant » à frappé l'imagination des écrivains : ainsi l'*Aria Marcella* de Théophile Gautier, et la *Gradiva* de Wilhelm Jensen (1837-1991) écrite en 1903 (Etienne 1988)

9 Les plus récentes fouilles à Pompéi intègrent dans leurs objectifs l'exploration stratigraphique de l'évolution de la ville avant sa destruction ; l'archéologue Filippo Coarelli souligne ce changement de paradigme, de la vision de Pompéi comme un « *objet immobilisé, hors de l'histoire* » à la vision stratigraphique : « *Ce qu'il reste à faire aujourd'hui, c'est précisément d'inverser cette image, de nier ce côté exceptionnel en rendant Pompéi à son histoire. Car sous ce miroir trompeur, sous la surface… se trouvent… les différentes Pompéi qui se sont succédées au fil du temps* » (Coarelli 2004 p. 43-44)

du temps stratifié et non plus figé de Hissarlik-Troie fouillée par Schliemann, avec sa succession de cités superposées (*cf.* plus loin 1.2.4).

Ôter le voile du temps : les grandes fouilles de dégagement

C'est en effet toujours ce modèle du « temps figé » et du dégagement des vestiges de leur gangue, qui caractérise les premières grandes fouilles systématiques au XIXe siècle, visant à révéler des sites disparus. Ainsi, en Mésopotamie, les fouilles entreprises dans le second tiers du XIXe siècle, avec des moyens parfois considérables (ainsi 300 ouvriers travaillent sur le chantier de Khorsabad, ouvert en 1843 sous la direction de Paul-Emile Botta), évoluent, au delà de la seule chasse aux objets, vers une lecture du site, avec la participation d'architectes et d'artistes peintres effectuant des relevés *in situ*.

Le cas le plus emblématique du développement de ces vastes opérations de dégagement de sites est celui de la Grèce, libérée en 1830 de la domination ottomane, et où les puissances européennes vont rivaliser d'influence, y compris dans le domaine archéologique. L'Ecole française d'Athènes[10], fondée en 1846 pour développer la présence culturelle française, se tourne progressivement (de façon plus marquée après 1870) vers une activité archéologique de terrain, notamment sur les sites de Délos (à partir de 1873) et Delphes (à partir de 1892). Dans le contexte de frustration créé par la défaite de 1870, il s'agit de reprendre l'avantage sur l'Allemagne : l'archéologie de l'antiquité grecque est en effet alors caractérisée par une certaine prépondérance des archéologues germaniques, tels Alexander Conze (1831-1914) qui effectue des fouilles à Samothrace de 1873 à 1880, ou Ernst Curtius (1814-1896) qui dirige la fouille du site d'Olympie de 1875 à 1881, rassemblés autour de l'institut archéologique allemand à Athènes fondé en 1873.

L'approche du terrain sur les fouilles de L'Ecole d'Athènes est claire, et radicale : lorsque Maurice Holleaux, alors directeur de l'Ecole d'Athènes, présente en 1904 devant l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres les techniques utilisées sur le chantier de Délos, il ressort de son exposé que la fouille proprement dite est considérée comme une opération subalterne de terrassement, qui doit évacuer tous les dépôts hormis les vestiges bâtis. Il peut ainsi annoncer que : «Partout, la fouille a été conduite jusqu'au sol vierge ; tous les déblais ont été amenés au rivage et jetés à la mer… » (cité dans Jockey 1999 p.147). Il n'y a évidemment pas de place dans une telle pratique pour les observations stratigraphiques. C'est uniquement sur les vestiges bâtis une fois dégagés, et sur les objets jugés dignes d'être recueillis, que s'exerce le travail intellectuel de l'archéologue.

Cependant ces fouilles témoignent indiscutablement d'une réelle méthode, issue de la volonté de comprendre globalement l'organisation spatiale du site (méthode d'ailleurs mise en œuvre de façon plus rigoureuse sur les chantiers de l'institut allemand d'Athènes – les premiers à employer systématiquement des architectes – que sur ceux de l'Ecole française). La fouille doit dégager une vaste surface car elle a pour but, à partir des vestiges bâtis, de permettre de déchiffrer un plan interprétable en termes d'architecture et d'urbanisme. Tout ce qui ne procède pas de cette lecture « globale » – et notamment le détail de la stratification sédimentaire, ou la masse des fragments mobiliers ne présentant pas d'intérêt artistique propre – peut logiquement être éliminé ; on cherche par contre à pérenniser les vestiges bâtis et monumentaux, par des restaurations au cours de la fouille. Par sa cohérence intellectuelle et cette volonté de compréhension globale du site, cette approche peut apparaître comme un progrès par rapport aux excavations ponctuelles, de chasse à l'objet ou d'exhumation isolée de tel ou tel monument : ce passage « des fouilles – terriers » aux « fouilles – décapages » (Jockey 1999 p.149) se situe bien en effet dans la droite ligne des critiques des premiers travaux de Pompéi ; mais, par leur ampleur même, ces fouilles de dégagement sont fortement destructives, entraînant la perte de la plus grande partie de l'information contextuelle du

10 Ecole Française d'Athènes : site Internet http://www.efa.gr/

site.

La tradition du temps figé : l'archéologie monumentale en France

Au XIXe et au début du XXe siècle, comme celle d'autres pays européens, l'archéologie française des périodes historiques se développe à l'étranger et outre-mer, sous l'impulsion de l'Ecole d'Athènes ; mais aussi de l'Ecole de Rome (fondée en 1873), dont les anciens pensionnaires déploient une importante activité en Afrique du Nord notamment ; et d'autres instituts fondés sur ce modèle jusque dans la première moité du XXe siècle (ainsi les écoles française du Caire en 1880, de Damas en 1920, de Beyrouth en 1946). Dans ce domaine extra-métropolitain continuent de s'ouvrir de grandes fouilles, qui, peu ou prou, conservent, jusque fort tard dans le XXe siècle, les mêmes méthodes de grand dégagement.

Cependant, à quelques notables exceptions près – en particulier les fouilles suscitées ou encouragées par Napoléon III sur des sites gaulois ou gallo-romains (à Alésia, Gergovie, sur le Mont Beuvray ou en forêt de Compiègne par exemple), dont les découvertes vont nourrir les collections du musée des Antiquités Nationales, ouvert en 1867 – jusqu'au XXe siècle, l'activité de terrain en archéologie historique reste très limitée sur le territoire métropolitain. Le champ de l'archéologie métropolitaine historique ainsi laissé libre a été largement investi par un important courant institutionnel et scientifique : celui de l'archéologie monumentale, né grâce au Romantisme et à l'intérêt de celui-ci pour le patrimoine bâti, principalement médiéval.

Une première composante de ce courant[11] apparaît avec Arcisse de Caumont (1802-1873), fondateur en 1824 de la société des antiquaires de Normandie, puis en 1834 de la Société française d'archéologie (SFA) et de son organe de publication le *Bulletin Monumental*. Auteur notamment du *Cours d'antiquités monumentales* paru à partir de 1841 puis de *l'abécédaire ou rudiments d'archéologie*, il s'intéresse aux objets et aux édifices, et applique à ces derniers des principes de classification typologique qui témoignent à la fois des influences de Caylus et de celles des sciences naturelles émergentes. Son champ d'étude s'étend de la Protohistoire à la fin du Moyen Âge, mais il se consacre plus spécialement aux monuments religieux médiévaux, contribuant en particulier à la définition du style roman. Ce foyer normand d'archéologie médiévale est aussi représenté par l'abbé Jean Cochet (1812-1875), membre de la société des antiquaires de Normandie, qui fouille plusieurs nécropoles gallo-romaines et médiévales (*La Normandie souterraine ou notices sur des cimetières romains et des cimetières francs explorés en Normandie*, 1854), contribuant ainsi à la fondation de l'archéologie mérovingienne. Cependant, l'archéologie de terrain que mettent en œuvre Caumont et l'abbé Cochet jusque dans la deuxième moitié du XIXe siècle, malgré le souci de méthode typologique du premier et l'attention au contexte que montre le second dans ses descriptions de sépultures, reste fondamentalement une archéologie de l'objet, sans stratigraphie. Caumont, pourtant attentif aux progrès des sciences naturelles, et à la différence des archéologues nordiques contemporains tels Worsaae (*cf.* ci-dessous 1.2.3), n'a pas vu les apports possibles de l'observation du contexte stratigraphique à la chronologie des sites et des objets archéologiques.

Parallèlement, notamment grâce au travail de sensibilisation mené par Arcisse de Caumont, et à la politique plus volontariste en matière de Beaux-Arts et d'instruction publique que met en place la monarchie de Juillet, un embryon d'administration des monuments historiques se constitue, avec la création en 1830 d'un poste d'inspecteur général des monuments historique au sein du ministère de l'Intérieur, confié à Ludovic Vitet (1802-1873), puis à Prosper Mérimée (1803-1870) à partir de 1834, date qui est aussi celle du premier achat par l'Etat d'un monument afin de le sauver de la destruction (le baptistère Saint-Jean de Poitiers). En 1837 est créée la commission des monuments

11 Les sites Internet du ministère de la culture, principalement la médiathèque du Patrimoine « http://www.mediatheque-patrimoine.culture.gouv.fr » et le site consacré à Prosper Mérimée dans le cadre des célébrations nationales 2003 « http://www.merimee.culture.fr/ » ont fourni une grande partie des informations utilisées dans le texte qui suit.

historiques, afin d'assister l'inspecteur général ; en 1840, la première liste de monuments et d'objets à protéger prioritairement est établie, et le premier chantier de restauration des Monuments Historiques (l'église de la Madeleine de Vézelay) débute, confié par Mérimée à l'architecte Eugène Viollet-le-Duc (1814-1879). Cette nouvelle administration étend ensuite ses relais en province, encadrant les structures préexistantes telle la société des antiquaires de Normandie[12] (non sans quelques tensions et rivalités, qui dureront jusque sous le second Empire, entre Arcisse de Caumont, de sensibilité plus « associative », et les représentants du nouveau cadre institutionnel).

A l'origine de ce développement institutionnel, on trouve les « intellectuels », hommes de lettres proches du courant romantique, que sont Vitet et Mérimée ; puis, autour de ce noyau, se constitue un réseau d'architectes et d'historiens. Les architectes, maîtres d'œuvre des travaux de restaurations et très tôt associés à la commission des monuments historiques, tels Viollet-le-Duc, Charles Questel (1807-1888), Émile Boeswillwald (1815-1896), Victor Ruprich-Robert (1820-1887), sont aussi des chercheurs qui publient des travaux de référence, parmi lesquels le *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle* de Viollet-le-Duc (publié de 1854 à 1868). Leur influence devient prépondérante au sein de l'administration (ainsi en 1846 Viollet-le-Duc est nommé chef du bureau des Monuments Historiques, puis à partir de 1860 il exerce avec Boeswillwald les fonctions d'inspecteur général des Monuments historiques à la suite de Mérimée), alors qu'il s'organisent en corps (avec, en 1893, la création du concours d'architecte en chef des Monuments historiques). Ce réseau intellectuel dont bénéficient la commission et l'administration des Monuments Historique est aussi nourri par une école d'archéologie monumentale centrée sur l'exercice type que constitue la monographie d'édifice[13], et qui se développe à partir de l'enseignement d'archéologie médiévale créé en 1847 par Jules Quicherat (1814-1882) à l'Ecole des Chartes. Animée par des historiens chartistes tels Jean-Auguste Brutails (1859-1926, auteur en 1900 de *L'Archéologie du Moyen Age et ses méthodes*), Eugène Lefèvre-Pontalis (1862-1923), Camille Enlart (1862-1907, auteur du *manuel d'archéologie française* publié de 1902 à 1916), cette école s'épanouit au début du XXe siècle et domine dès lors les institutions que sont devenues la Société française d'archéologie et le *Bulletin Monumental.* Ce réseau où chartistes, architectes et fonctionnaires sont en contact, est un lieu actif d'études et de débat (par exemple entre les conceptions de Viollet-le-Duc sur la restauration, et le souci de préservation de l'authenticité des monuments). Il est en grande partie à l'origine de l'actuel concept de « patrimoine » (sous-entendu : culturel), officialisé au sein de l'actuel ministère de la culture (en absorbant l'archéologie) depuis 1991 (création du corps unique des conservateurs du patrimoine) et institué dans la loi depuis 2004 (instauration du code du Patrimoine)[14].

Ce puissant courant intellectuel et institutionnel, privilégiant les vestiges bâtis et monumentaux, a occupé en France l'essentiel du champ de l'archéologie historique jusque dans la première moitié du XXe siècle (à l'exception d'un courant plus restreint et marginal – et plus innovant - d'archéologie gauloise et gallo-romaine, cf. plus loin 1.2.4) ; il existe toujours, autour d'institutions maintenues (la commission et l'inspection des monuments historiques, la SFA) ou créées au XXe siècle telle l'école de Chaillot[15].

A côté d'une brillante et féconde tradition d'études monumentales, il a cependant eu pour effet négatif de freiner l'évolution des fouilleurs français vers une véritable archéologie stratigraphique de terrain. L'observation de successions chronologiques sur le bâti n'y est pourtant pas ignorée : l'étude d'un édifice, telle que conçue par Brutails ou Lefèvre-Pontalis, comprend la recherche de ses

12 Ainsi, en 1849, l'abbé Cochet est nommé inspecteur des monuments historiques pour le département de la Seine-Inférieure

13 dont la monographie de l'église Notre-Dame de Noyon, publiée en 1845 par Ludovic Vitet, constitue un exemple précurseur

14 Qui rassemble les législations relatives aux Archives (livre II), bibliothèques (livre III), musées (livre IV), à l'archéologie (livre V) et aux monuments historiques (livre VI).

15 Le Centre des hautes études de Chaillot (CEDHEC), dit « école de Chaillot », est issu du Centre d'études supérieures pour la connaissance et la conservation des monuments anciens (CESCMA) créé en 1920, et assure la formation spécialisée (y compris archéologique) des architectes se destinant aux concours du patrimoine et des monuments historiques.

modifications et étapes de construction (Lefèvre-Pontalis 1906 ; Reveyron 2002) ; mais on ne peut parler de véritable analyse stratigraphique, car cette recherche s'inscrit au fond dans une vision plus fixiste qu'évolutive : pour les historiens et plus encore pour les architectes de ce courant, elle se traduit le plus souvent par le choix d'un état de référence de l'édifice, par rapport auquel les étapes antérieures sont situées comme « primitives », et les étapes postérieures vues comme des altérations de l'authenticité du monument. Et surtout, cette observation chronologique est limitée à l'objet architectural, aux seuls vestiges construits ; les fouilles, lorsqu'elles sont pratiquées, restent une stricte opération de dégagement des structures construites, sans analyse du contexte sédimentaire, avec les conséquences destructives évoquées plus haut pour les opérations de grands dégagements.

Ainsi, ce modèle du temps architectural axé sur la recherche de l'état idéal rejoint le modèle du temps figé pompéien et des grandes fouilles de dégagement dans l'exclusion intellectuelle d'une vision pleinement stratigraphique.

1.1.4. L'objet sans le contexte : permanence et actualité de la fouille sans stratigraphie

Caractères généraux de l'archéologie sans stratigraphie : une archéologie de l'objet

De ces différentes formes d'archéologie sans stratigraphie, de l'Antiquité jusqu'à nos jours, se dégage une première constante : Il s'agit essentiellement d'une archéologie de l'objet, limitée aux artefacts[16] jugés dignes d'intérêt. Le cas limite où le seul critère est la valeur marchande des objets a été évoqué en premier lieu : les fouilles ainsi motivées n'ont rien d'archéologique et ne sont que simple pillage. Avec l'apparition des antiquaires puis des archéologues-philologues, les qualités justifiant le recueil des objets s'élargissent : elles peuvent être d'ordre esthétique ou artistique, conférant aux objets mobiliers le statut « d'œuvre », et aux objets immobiliers celui de « monument » ; ou d'ordre historique (une tablette à inscription par exemple) ; ou encore liées à une force particulière d'évocation ou d'émotion (ainsi les moulages des corps de Pompei, technique mise au point en 1863 par Giuseppe Fiorelli). Dans sa forme la plus large, atteinte au XIXe siècle, cette archéologie de l'objet s'étend à l'étude de tous les artefacts, comme l'indique en 1877 l'archéologue et historien Gustave Bloch[17] (1848-1923), qui précise par ailleurs le lien étroit de l'archéologie dans cette acception avec l'histoire de l'art : "*L'archéologie étudie les formes diverses que l'homme a su donner à la matière pour la faire servir à ses besoins ou à ses plaisirs ... L'archéologie n'est donc pas seulement l'histoire de l'art, bien qu'elle ait aussi ce caractère et même qu'elle l'ait eu longtemps d'une manière exclusive* » (cité dans Reveyron 2002 p.1).

Étudier l'objet ne signifie pas nécessairement négliger le contexte ; mais on doit constater que la conception de l'archéologie réduite à l'étude de l'objet est historiquement liée à l'absence d'analyse stratigraphique. La fouille est alors limitée à la recherche des seuls artefacts. Effectuée par des terrassiers et préalable à la véritable étude, elle ne requiert pas la participation directe de l'archéologue, si ce n'est pour veiller à ce que les objets découverts ne soient ni abîmés ni volés ; car la qualité de cette fouille n'est mesurée qu'au soin pris à la préservation de l'objet lors de l'opération d'exhumation. Le recueil des données de contexte est par conséquent extrêmement réduit, limité à des localisations non stratigraphiques : un objet mobilier ne sera ainsi pas situé comme provenant de telle couche, mais de l'espace défini par les murs de tel édifice ; les relations de postériorité ou d'antériorité n'étant observées, dans le meilleur des cas, qu'au sein des structures construites dégagées. Les conséquences destructives de ce type de fouille ont été évoquées : structurellement, la

16 Le terme « artefact » est ici pris au sens de tout élément fabriqué de main d'homme (structures construites et objets manufacturés), par opposition aux écofacts (vestiges non manufacturés) ; un os, simple déchet alimentaire, est un écofact ; une épingle à cheveux en os est un artefact. C'est l'actuelle définition juridique du terme « mobilier archéologique » (arrêté interministériel du 16 septembre 2004).

17 Par ailleurs père du grand historien Marc Bloch (1886-1944)

destruction sans observation de la stratification sédimentaire élimine tous les témoins d'aménagement ne subsistant qu'à l'état de traces (tels des trous de poteaux), ainsi que les témoins d'occupation (accumulations détritiques, surfaces de circulation, etc.) ; chronologiquement, elle isole les structures et objets découverts au lieu de les ordonner dans le temps. Plus généralement, l'étude réduite aux objets artificiels et l'ignorance de la dimension contextuelle excluent l'étude des écofacts et des traces environnementales, et par conséquent celle des relations entre sociétés et milieux.

Les deux archéologies actuelles : archéologie de l'objet, archéologie de terrain

À cette archéologie de l'objet s'oppose une autre archéologie, plus récente, liée à l'apparition de la stratigraphie. Cette apparition (décrite dans la suite de ce chapitre) amène, en effet, une rupture fondamentale dans la définition même de la discipline archéologique : observer et enregistrer la stratigraphie, c'est prendre en compte une information de nature strictement contextuelle, extrinsèque aux objets eux-mêmes. Dès lors le champ de l'archéologie s'élargit nécessairement pour inclure l'étude de des traces matérielles observées sur le terrain permettant de définir des contextes, en particulier les sols, sédiments et interfaces stratigraphiques reconnus « autour » des objets artificiels mobiliers ou immobiliers. De fait, ce champ cesse d'être limité à l'étude des objets artificiels issus de la fouille[18] ; il peut alors naturellement s'étendre à toutes les traces matérielles observables susceptibles de nourrir la connaissance des sociétés (incluant en particulier les écofacts et traces environnementales). Corollairement, la fouille cesse d'être seulement une prestation de service technique en amont de l'étude archéologique, pour intégrer le processus scientifique archéologique en tant qu'acte de recherche à part entière : elle n'est plus en effet un simple dégagement d'objets, mais une analyse du terrain et des contextes.

Cette conception plus récente est aujourd'hui généralement partagée par les chercheurs au sein de la communauté archéologique. Nous la qualifierons ici d'archéologie contextuelle, ou plus simplement « d'archéologie de terrain »[19], par opposition à « l'archéologie de l'objet » que l'on vient de caractériser. Cette dernière en effet, n'a pas disparu en tant qu'acception du mot « archéologie » ; aujourd'hui en France, il s'agit peut être même encore de la conception dominante de l'archéologie pour une partie des institutions patrimoniales (en particulier l'administration des Monuments Historiques et les concours et formations d'architectes du patrimoine, prolongement actuel de la tradition d'archéologie monumentale évoquée plus haut), ainsi qu'auprès des média, des élus et décideurs, et du public[20].

De cette coexistence actuelle de deux conceptions de l'archéologie témoigne en premier lieu l'état actuel du droit ; l'article 510-1 du code du patrimoine (livre V, titre premier) définit ainsi le patrimoine archéologique : « *Constituent des éléments du patrimoine archéologique tous les vestiges et autres traces de l'existence de l'humanité, dont la sauvegarde et l'étude, notamment par des fouilles ou des découvertes, permettent de retracer le développement de l'histoire de l'humanité et de sa relation avec l'environnement naturel.* » :

18 Certains chercheurs continuent à se réclamer d'une « archéologie de l'objet » (c'est à dire posant l'étude des seuls artefacts comme champ de l'archéologie), tout en prenant en compte l'information contextuelle, en particulier stratigraphique (*cf.* « l'archéologie moderne et générale » - Bruneau, Balut, 1982). Ils ont raison sur le second point, mais cette double revendication (réduire le champ de l'archéologie « générale » aux ouvrages humains, et prendre en compte les informations contextuelles de terrain) constitue à notre sens une contradiction intellectuelle : elle revient à nier l'intérêt des traces non ouvrées et à exclure les chercheurs qui les étudient (paléoenvironnementalistes, géoarchéologues...), tout en acceptant de bénéficier de leurs résultats.

19 précisant ainsi le sens donné à l'expression « archéologie de terrain » en introduction ; la notion de terrain (quelle que soit la nature de ce terrain : site enfoui, élévation, etc.) est en effet pour nous liée à celle de contexte ; l'archéologie « de terrain » inclut donc contextes, objets, et surtout relations entre les deux.

20 Cette superposition de deux archéologies d'acception différente est bien illustrée par le cas de l'archéologie médiévale : à la première archéologie médiévale du XIXe s. liée à l'objet et encore plus au monument – celle d'Arcisse de Caumont, aujourd'hui encore représentée par la Société française d'archéologie – a succédé dans les années 1960 (sans que la première disparaisse) une archéologie médiévale dans l'acception actuelle du terme, contextuelle et stratigraphique, principalement sous l'impulsion de Michel de Boüard (voir plus loin 1.2.5) ainsi que d'autres archéologues comme Gabrielle Démians d'Archimbaud et Jean-Marie Pesez (1929-1998), qui ont élargi le champ de cette archéologie notamment à l'habitat rural, et ont réenvisagé l'étude des objets sous l'angle de la « culture matérielle » (Burnouf 2008).

définition suivant l'acception actuelle, contextuelle, du champ de l'archéologie (et inspirée de textes internationaux) ; mais par ailleurs, le régime juridique des objets issus de fouilles archéologiques actuellement en vigueur ne considère la fouille que comme une production d'objet et exclut la valeur scientifique liée à la notion de contexte[21] (Négri 2008) ; il apparaît ainsi, à quelques articles de distance dans le code du patrimoine, en contradiction intellectuelle avec la définition de l'article 510. Les deux dictionnaires les plus courants reflètent cette dualité : le *Petit Larousse* (édition 2005) retient pour le mot « archéologie » le champ large de l'archéologie de terrain actuelle : « *science qui grâce à la mise au jour et à l'analyse des vestiges matériels du passé, permet d'appréhender depuis les temps les plus reculés les activités de l'homme, ses comportements sociaux et religieux et son environnement*» ; alors que le *Petit Robert* (édition 2006) s'en tient à l'archéologie de l'objet : « *science des choses anciennes, et spécialement des arts et monuments antiques*»[22].

Ces conceptions différentes du champ de l'archéologie sont aussi liées à une ambiguïté sur les notions de conservation et de destruction patrimoniale. En effet l'archéologie de terrain, dans sa conception actuelle, se sait destructrice de la stratification et de son potentiel d'information (dont les objets recueillis ou conservés sur place ne représentent qu'une petite partie) et vise donc à transférer cette information sur un autre support : l'enregistrement. Du point de vue de l'archéologie de l'objet, cette notion d'enregistrement (ou de « sauvegarde par l'étude ») n'existe pas : la notion de conservation recouvre exclusivement le maintien de la matérialité de l'objet. Par conséquent, à l'inverse de l'archéologie de terrain, l'archéologie de l'objet, en particulier l'archéologie de l'objet monumental, héritière d'une tradition d'étude et de restauration de plus de 150 ans, ne se perçoit pas elle-même comme destructive ; au contraire, le dégagement de l'objet architectural ou mobilier est associé à l'idée de sa mise en valeur, de sa conservation et de sa protection. Ainsi, des opérations de restauration de monuments historiques, effectuées sans observations ni enregistrement stratigraphique, sont de bonne foi vécues comme des opérations de protection patrimoniale, alors que l'absence d'observations et de documentation contextuelles les rendent irrémédiablement destructives[23]. Il faut ajouter qu'il s'agit d'une incompréhension mutuelle (les archéologues de terrain se souciant fréquemment très peu des questions de conservation), qui freine l'émergence d'une véritable dialectique faisant la part, dans chaque opération patrimoniale ayant un impact archéologique, de la « dissection » (la part nécessaire de l'enregistrement de l'information amenée à disparaître du fait même de l'intervention) et de la conservation (le maintien de la matérialité de structures et objets sélectionnés). On peut néanmoins conclure ces remarques sur une note optimiste, en notant l'existence d'expériences de plus en plus nombreuses témoignant de l'émergence d'une telle dialectique, en particulier avec l'apparition de véritables études préalables archéologiques (Boissavit-Camus et al. 2003).

1.2. Le temps vu en coupe : la stratigraphie archéologique classique

Au début du XIXe s., la révolution des sciences naturelles, permise par le mouvement des Lumières et l'éclatement du carcan intellectuel religieux, donne naissance à la géologie moderne, incluant la stratigraphie (1.2.1). Cette dernière peut alors être appliquée aux vestiges d'occupation humaine

21 Ce qui a des conséquences scientifiquement dommageables, notamment liées au partage des collections archéologiques prévu par ce régime juridique (Meyer-Rodrigues 2008)

22 Comme chacun le sait, un dictionnaire n'est pas neutre ; l'exemple de l'archéologie illustre les tendances différentes de ces deux outils indispensables et complémentaires que sont le Robert et le Larousse : plus littéraire, plus classique, plus conservateur pour le premier ; plus scientifique et technique, plus ouvert aux nouveautés, plus progressiste pour le second (même s'il s'est assagi depuis la célèbre « exécution » de Napoléon par le fondateur Pierre Larousse dans son *Grand Dictionnaire universel* publié à partir de 1866 : « *Bonaparte, Napoléon : général de la République française, … mort au château de Saint-Cloud près de Paris, le 18 brumaire, an VIII de la République française, une et indivisible* »)

23 L'incompréhension du caractère destructeur des interventions de restauration (par ailleurs nécessaires) et du rôle de l'archéologie comme outil d'enregistrement de cette information détruite, qui demeure au sein des plus hautes instances patrimoniales françaises, est illustrée notamment par la communication de l'inspecteur général Pierre-André Lablaude aux Entretiens du Patrimoine 1994 (Lablaude 1997).

observés in situ ; l'ancienneté de l'Homme est ainsi démontrée en 1859, et la chronologie préhistorique élaborée dans la deuxième moitié du siècle (1.2.2). Le raisonnement typologique fondé sur la relation objet-contexte, développé par les archéologues d'Europe du Nord, permet parallèlement la construction de la chronologie de la protohistoire européenne, et contribue à lier l'étude des objets à l'analyse stratigraphique (1.2.3). Cependant, la stratigraphie n'investit que lentement le champ de l'archéologie classique et historique ; elle y devient un outil d'identification des périodes anciennes à partir de la fin du XIXe s., mais son usage reste en fait limité et ponctuel, jusqu'aux années 1950 (1.2.4), période à laquelle M. Wheeler et ses élèves publient et répandent la première méthode systématique de stratigraphie appliquée aux stratifications anthropiques (1.2.5). Cette dernière étape est l'aboutissement de l'approche stratigraphique ici dite « classique », recourant exclusivement à la lecture verticale du terrain, en coupe (au point de confondre « coupe » et « stratigraphie »), et fondamentalement basée sur l'idée de la simple accumulation gravitaire des dépôts archéologiques comme principal processus de stratification (1.2.6).

1.2.1. Les origines : la révolution chronologique des sciences naturelles (fin XVIIIe - début XIXe s.)

Des observations isolées dans un cadre intellectuel contraint

Avant que les préhistoriens ne fondent véritablement la stratigraphie archéologique au XIXe siècle, il arrive occasionnellement que la position des vestiges enfouis dans la stratification soit perçue comme porteuse d'information, et même que des indications de chronologie relatives en soient tirées. C'est le cas notamment, à la fin du XVIe siècle, d'une observation de l'antiquaire romain Flaminio Vacca (citée dans Schnapp 1993 p. 201-203) : « …*dans les fondations de Saint-Pierre en Vatican…, on découvrit dans la couche de craie quelques pièces de bois longues de quatre palmes et larges d'une, qui avaient été taillées par des hommes à la hache ou par un autre outil de fer. Et cela devait être avant la grande Arche puisque la couche de craie est l'œuvre du grand déluge et que ces bois étaient recouverts par celle ci sans qu'il y ait quelconque trace de fouille*… ». Indépendamment de la référence biblique, le raisonnement de datation est indiscutablement stratigraphique.

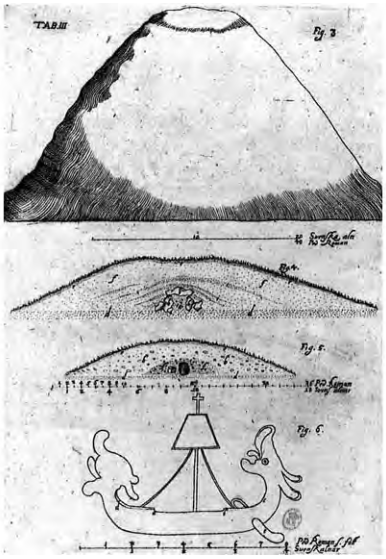


fig. 1: coupe de tumulus dessinée par Olof Rudbeck en 1697 (document reproduit dans Schnapp 1993 p.200)

Des observations sur le contexte sédimentaire figurent aussi dans certains travaux des antiquaires d'Europe du Nord évoqués plus haut : notamment ceux d'Olof Rudbeck , qui fouille des tumuli à Uppsala et en relève des coupes. Pour Alain Schnapp (1993 p. 202) : « …*il est sans doute l'un des*

premiers à considérer la fouille comme un acte de dissection anatomique, comme une opération qui ne consiste pas seulement à dégager des objets du sol mais à comprendre les relations des vestiges avec les couches qui les ont fossilisés… Rudbeck a jeté les bases de la méthode stratigraphique. Il a eu de fait l'intuition de recourir à l'observation de la succession des strates pour établir une chronologie absolue ».

Mais ces observations, et celles de quelques autres antiquaires du XVIIe et du XVIIIe siècle attentifs au contexte sédimentaire, restent isolées, et n'arrivent pas à déboucher sur une perception d'ensemble, celle du site archéologique comme produit d'un processus de stratification. Cette impossibilité de passer de l'observation isolée à une réelle méthode stratigraphique est sans doute en grande partie liée à la vision statique du cadre naturel imposée jusqu'au XIXe siècle par le dogme de la Création. Dans un monde pas plus ancien que les hommes, dont l'âge est situé d'après la bible vers 4 000 avant J.-C.[24], et dont la faune, la flore et le sol sont depuis restés immuables (à l'exception du Déluge et de transformations superficielles dues à l'activité humaine), il n'y a pas de place pour une pensée géologique ; et par conséquent, même si l'observation ponctuelle d'une stratification artificielle ne remet pas en cause le dogme, il n'y a pas de place pour les conséquences intellectuelles de la généralisation de l'approche stratigraphique. Ainsi Flaminio Vacca et Olof Rudbeck cités plus haut remarquent des successions stratigraphiques ; mais ils ne peuvent en rapporter le cadre chronologique qu'au Déluge.

La naissance des sciences de la Terre et l'éclatement du cadre biblique

La constitution progressive de la géologie comme science de la Terre, du XVIIe au XIXe siècle, va remettre en question puis faire éclater ce cadre biblique. Dès le 17e siècle, le médecin danois Niels Steensen (1631-1686, connu en France, où il a vécu, sous le nom de Nicolas Sténon) observe en Toscane des couches sédimentaires contenant des fossiles, qu'il qualifie de strates (*strata*), dont il reconnaît la superposition, et qu'il identifie comme déposées en milieu marin. Il en déduit les principes, encore utilisés aujourd'hui, de superposition (les strates les plus profondes sont les plus anciennes) et d'horizontalité originelle (la surface supérieure d'une strate déposée en milieu marin est horizontale sauf si elle a subi un mouvement postérieur au dépôt). Cette « *géniale anticipation* » (Gohau 2003 p. 24) publiée en 1669 (sous le titre discret de *De solido intrasolidum naturaliter contento dissertationis prodromus* : Prodrome d'une dissertation sur le solide naturellement contenu dans un autre solide) reste longtemps isolée.

Au XVIIIe siècle les progrès des sciences naturelles dans le contexte intellectuel du mouvement des Lumières permettent une lecture moins littérale de la Bible. Georges-Louis Leclerc de Buffon (1707-1788), dans le tome V des *Suppléments à l'Histoire naturelle* (1778), expose une théorie de la formation de la planète en sept époques. Le chiffre est encore celui des jours de la Création, mais les arguments physiques, en particulier la formation des montagnes anciennes dont Buffon suppose qu'elles sont issues du refroidissement de la planète, l'amènent à donner publiquement 75 000 ans d'âge au globe, et même à supposer en privé une bien plus grande ancienneté (Gohau 2003, Poplin 1989). Au début du XIXe siècle, Georges Cuvier (1769-1832), qui publie son système en 1825 (*Discours sur les révolutions de la surface du globe*), prend en compte les observations stratigraphiques de couches superposées et les fossiles qu'elles contiennent, dont il admet qu'il s'agit d'espèces disparues. Il interprète ces extinctions d'espèces comme dues à des catastrophes successives, le Déluge étant la trace historique de la dernière.

La haute ancienneté du globe entrevue par Buffon, la succession des espèces disparues admise par Cuvier affranchissent les sciences naturelles du cadre contraignant de la chronologie biblique. Mais le catastrophisme de Cuvier reste une vision fixiste de la géologie, encore sous l'influence de l'idée du Déluge.

24 Le calcul le plus souvent cité est celui de James Ussher (1581-1656) primat d'Irlande, archevêque d'Armagh, pour qui la Création remonte au 23 octobre 4004 av. J.-C., à 9 heures du soir (Gohau 2003)

L'apparition et le développement des concepts de la stratigraphie géologique

Or, dès le XVIIIe siècle, l'observation de différences géologiques locales met à mal ce modèle exclusivement fondé sur une succession de grandes catastrophes généralisées. Plusieurs savants, tels Johann-Christian Füchsel (1722-1773) ou John Michell (1724-1793), décrivent des strates sédimentaires et leur succession ; ces observations stratigraphiques (dites alors « géognosiques ») suggèrent une formation graduelle, continue, et non « catastrophiste » du relief. En 1795, l'Écossais James Hutton (1726-1797) publie sa *Theory of the Earth with Proofs and Illustrations*, dans laquelle il énonce l'existence du cycle géologique de formation des strates sédimentaires en milieu marin, de soulèvement et d'érosion de ces formations. Il introduit la notion de discontinuité stratigraphique, témoignant de ce temps intermédiaire de soulèvement et d'érosion, et expliquant les différences d'orientation parfois observables entre deux formations superposées (Gohau 2003).

La géognosie, forme naissante de la stratigraphie[25] géologique, est complétée au début du XIXe siècle par le principe de corrélation, ou d'identité paléontologique : les associations de fossiles trouvées dans les strates étant tenues pour caractéristiques d'une période, les associations identiques trouvées dans des couches différentes permettent d'établir la contemporanéité de ces couches ; et corollairement, les associations différentes peuvent servir à ordonner chronologiquement leurs strates de provenance – principe dont s'inspireront les études de typo-chronologie archéologiques. Ce principe est formulé par l'anglais William Smith (1769-1839) à partir d'observations lors de travaux de creusement de canaux dans le sud de l'Angleterre (*Strata Identified by Organized Fossils*… 1816), et parallèlement en France par Cuvier et Alexandre Brongniart (1770-1847) dans un article du Journal des Mines (*Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris* – 1808) (Coye 1998).

La synthèse de ces apports est réalisée par le fondateur de la géologie moderne, l'Écossais Charles Lyell (1797-1875), dans ses *Principles of Geology* (1830-1833), dont les rééditions successives jusqu'en 1872 (dernière édition du vivant de l'auteur) rendent compte de la multiplication des travaux des géologues durant le XIXe siècle, fixant le cadre chronostratigraphique à la base de celui encore utilisé actuellement et précisant les ères, systèmes et étages qui le constituent. La vision stratigraphique de Lyell, dans le prolongement de celle de Hutton, abandonne l'idée de grandes catastrophes entre lesquelles le paysage resterait immuable ; elle lui oppose l'actualisme (Gohau 2003) – théorie de la transformation continue du globe par des forces toujours à l'œuvre actuellement – et rejoint ainsi le courant transformiste en sciences naturelles que défend en France, contre le catastrophisme de Cuvier, Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) dans sa *Philosophie zoologique* (1809).

La stratigraphie est restée centrale dans le développement ultérieur de la géologie ; son champ s'est élargi, et est aujourd'hui décliné en différentes spécialités. Les deux approches fondatrices – la définition en différents lieux des formations rocheuses successives, et leur mise en corrélation au moyen des types et proportions de fossiles qu'elles contiennent – ont donné lieu aux actuelles « lithostratigraphie » et « biostratigraphie ». D'autres disciplines s'y sont ajoutées, intégrant les progrès des techniques physico-chimiques d'identification et de datation : chimiostratigraphie, magnétostratigraphie, géochronologie et radiochronologie isotopiques... Elles prennent place dans une conception globale de la stratigraphie géologique, comprise comme la « *discipline scientifique qui étudie l'agencement, dans l'espace et dans le temps, des formations géologiques et des évènements qu'elles matérialisent, afin de reconstituer l'histoire de la Terre et son évolution en fonction du temps.* » (Rey dir. 1997 p.1), et qui recourt à de multiples unités d'analyse (par exemple du taxon à la biozone pour la biostratigraphie). Le cadre chrono-stratigraphique général a évolué en fonction du progrès des connaissances et des

25 Le Petit Robert ne situe pas avant 1873 les termes « stratigraphie » et « stratigraphique » .

méthodes[26]. Cette évolution est toujours en cours sous l'égide d'un organisme scientifique international : la commission de stratigraphie de l'Union internationale des sciences géologiques (UISG)[27]. Le dernier état de l'échelle chronostratigraphique globale des temps géologiques (Geologic Time Scale 2004), répartie en éons, ères, périodes, époques et étages, place l'évolution culturelle de l'humanité et par conséquent le domaine de l'archéologie à l'ère cénozoïque, principalement durant la période quaternaire, dont notre actuelle époque géologique, l'Holocène, est la dernière subdivision.

la voie ouverte à la méthode stratigraphique en archéologie

Le mouvement d'émancipation intellectuelle lié aux Lumières du XVIIIe siècle, qui mène à la naissance de la géologie moderne, trouve un écho dans le domaine de l'archéologie avec des observations de stratifications plus fréquentes et plus détaillées, sur le chemin d'une véritable méthode stratigraphique. L'une des plus remarquables et des plus fréquemment citées est le fait d'un personnage célèbre : Thomas Jefferson (1743-1826, président des Etats-Unis de 1801 à 1809), qui fut aussi l'un des fondateurs de l'archéologie américaine. En 1784, il fouille un tumulus dans sa propriété de Monticello en Virginie, dans lequel il observe des ossements disposés en plusieurs strates, et en déduit une chronologie des inhumations (observations publiées dans ses *Notes on the State of Virginia*). Plus tard, comme président de *l'American Philosophical Society* à Philadelphie, il envoie en 1799 une circulaire aux correspondants pour les encourager à enregistrer des informations et effectuer des relevés sur les tombes et fortifications indiennes ; il propose d'effectuer des coupes pour en examiner le contenu, et de les dater en comptant les cernes des arbres qui poussent dessus, ce qui en fait un double pionnier de la stratigraphie et de la dendro-chronologie (Daniel 1981).

À partir des années 1830, le cadre géologique actualiste de Lyell ouvre la voie à une utilisation systématique de telles observations et offre à l'archéologie de terrain une nouvelle méthode permettant l'élaboration de chronologies et la recherche d'évolutions culturelles hors de limites préimposées : « *Les archéologues travaillant après Lyell ne seront plus confinés dans des interprétations reposant sur des catastrophes diluviales* » (Daniel 1981 p.51). La stratigraphie apportée par les géologues peut ainsi devenir un outil chronologique d'application générale : « *...la stratigraphie apporte un moyen supplémentaire à la construction : l'objet est enfoui par l'action d'un phénomène de déposition qui est à la fois local et universel. Tout objet, tout monument est destiné à trouver une place dans un processus général de stratification qui se confond avec l'histoire du globe.* » (Schnapp 1993 p. 321).

1.2.2. La stratigraphie au cœur de la Préhistoire : l'application des concepts géologiques (XIXe - XXIe s.)

Un dernier verrou intellectuel : le refus de l'ancienneté de l'Homme

C'est par la question de l'ancienneté de l'Homme, liée à la géologie des périodes récentes, que la stratigraphie pénètre réellement dans le domaine de l'archéologie. L'idée d'une grande ancienneté de l'humanité n'est pas nouvelle ; elle est entrevue au XVIIe siècle : en 1655 paraît un ouvrage dont l'auteur, Isaac de La Peyrère (1596-1676), suppose l'existence d'hommes « pré-adamites », auxquels il attribue les outils de pierre taillée (Daniel 1981, Schnapp 1993) ; mais cette thèse, directement contradictoire avec la lettre de la Bible, ne peut alors être soutenue. Devant la menace du bûcher, La Peyrère choisit judicieusement de se rétracter. Près d'un siècle et demi plus tard, alors que la pensée scientifique s'est libérée et que la géologie se développe, John Frere (1740-1807) effectue les

26 Ainsi l'ère tertiaire, à la définition de laquelle Charles Lyell s'était plus particulièrement consacré, a disparu du dernier état de l'échelle des temps géologiques, ainsi que les ères primaire et secondaire.

27 http://www.stratigraphy.org/

premières observations de silex taillés, dans une carrière du Suffolk, sous plusieurs mètres de strates géologiques en place. Les silex, correctement interprétés comme des outils, sont associés à des restes animaux disparus. Cependant, ces observations publiées en 1800 dans la revue de la S*ociety of Antiquaries* de Londres, restent sans échos immédiats (Daniel 1981, Harris 1979, Schnapp 1993).

A partir du deuxième tiers du XIXe siècle, le cadre stratigraphique et paléontologique de la géologie est on l'a vu solidement établi ; pourtant l'idée que l'Homme s'inscrit lui aussi dans le temps long de la géologie n'est pas encore acceptée par les institutions scientifiques. On ne soupçonne toujours pas l'ampleur chronologique des sociétés humaines qui précèdent l'apparition de l'écriture et des premières civilisations historiques, par ailleurs peu à peu éclairées par le déchiffrement des inscriptions égyptiennes puis des tablettes moyen-orientales. Ces plus anciens documents connus sur l'histoire de l'humanité ne remettent pas en cause l'ordre de grandeur donné par la chronologie biblique – quelques millénaires au plus – pour l'ancienneté de l'humanité.

Les naturalistes et géologues de la première moitié du XIXe siècle sont encore imprégnés de cet ordre de grandeur et restent sceptiques devant les observations qu'accumulent plusieurs pionniers. En Angleterre, les fouilles de Kent's Cavern à Torquay menées de 1824 à 1829 par John MacEnery (1796-1841) montrent une association de silex taillés et de faune disparue, mais en raison du scepticisme du géologue William Buckland, les fouilles s'interrompent. Dans le sud de la France, des associations stratigraphiques entre faune disparue et restes humains sont observées dans plusieurs grottes explorées par le géologue Marcel de Serres (1783-1862), et ses amis Jules de Christol et Paul Tournal ; ce dernier a laissé son nom à un gisement en grotte à Bize (Aude) dans lequel il a observé des os de faune disparue portant des marques d'outils, présenté dans des notes dans les *Annales de Sciences naturelles* à partir de 1828 (Daniel 1981). En Belgique, Philippe-Charles Schmerling (1791-1836) publie ses *Recherches sur les ossements fossiles découverts dans les cavernes de la province de Liège* (1833), qui ont de même livré des outils et des restes humains associés à des restes de faune disparue ; mais il est peu cru à l'époque par ses collègues de l'université de Liège. Et surtout, dans la Somme, Jacques Boucher de Crèvecoeur de Perthes (1788-1868) poursuit les recherches que son ami Casimir Picard (1806-1840) avait entreprises ; il effectue des observations dans la région d'Abbeville, et recueille des outils préhistoriques en place. En 1846, l'Académie des Sciences refuse son ouvrage *Antiquités celtiques et antédiluviennes*, dans lequel l'importance de la stratigraphie est explicitement argumentée (Coye 1998, Schnapp 1993) ; il parait sans l'approbation de l'Académie en 1847. « …*Pourtant, s'il méritait des critiques, le travail de Boucher de Perthes avait le mérite de la hauteur de vue et de l'originalité. Il constitue la première réflexion d'ensemble sur la stratigraphie appliquée à l'archéologie… En illustrant ses démonstrations de coupes, en prenant le soin de décrire, comme un géologue, la position et le contenu des strates qu'il étudie, Boucher de Perthes entre de plain-pied dans l'archéologie stratigraphique.* » (Schnapp 1993 p. 312-313)

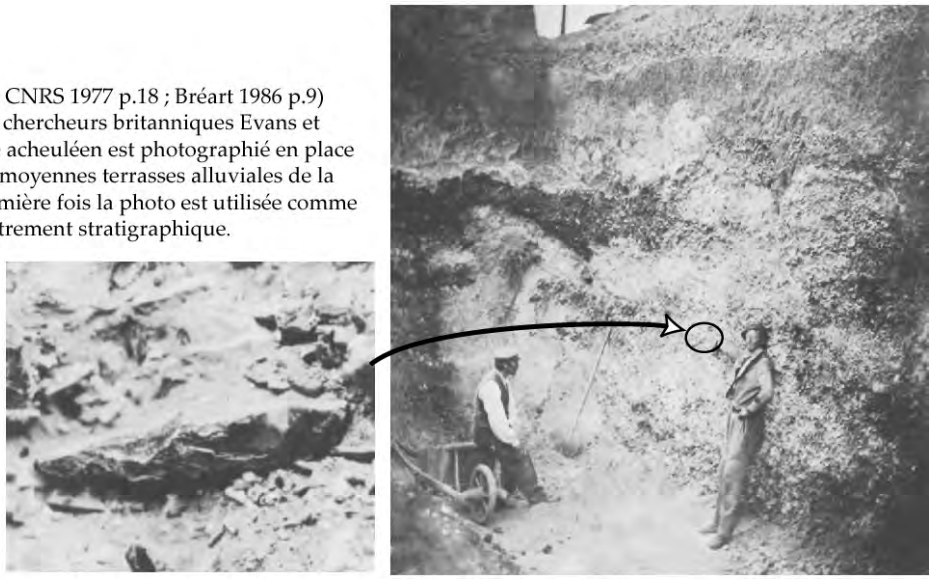
1859 : la naissance de la Préhistoire, ou la preuve par la stratigraphie

Cependant, à la fin des années 1850, les résistances scientifiques et institutionnelles cèdent. La découverte de l'Homme de Néanderthal en 1857 soulève encore peu d'échos ; mais la reprise des fouilles de Kent's Cavern sous la direction de William Pengelly (1812-1894), puis la fouille en 1858 - 1859 d'une grotte voisine à Brixham sous l'égide de la *Royal Society* avec un comité scientifique comprenant Charles Lyell, le paléontologue Hugh Falconer (1808-1865) et le géologue Joseph Prestwich (1812-1896), aboutissent à d'indiscutables associations d'outils taillés et de restes de faune disparue, stratigraphiquement scellées par des dépôts stalagmitiques. Une commission comprenant Joseph Prestwich et le géologue John Evans (1823-1908) se rend alors dans la Somme, au printemps 1859, afin de vérifier les découvertes françaises, qui semblent corroborer les résultats britanniques.

En France en effet, l'érudit Marcel Jérôme Rigollot (1786-1854), au départ hostile aux thèses de

Boucher de Perthes, mais convaincu par la découverte d'outils en silex dans la carrière de Saint-Acheul près d'Amiens, a publié en 1854 un *Mémoire sur les instruments de silex trouvés à Saint-Acheul*. Après la visite des collections de Boucher de Perthes à Abbeville, Prestwich et Evans se rendent sur le site de Saint-Acheul, dans lequel, cette même année 1859, le paléontologue Albert Gaudry (1827-1908) trouve à nouveau des outils en place.

Une photographie prise en 1859 en présence de Prestwich et Evans, que l'on peut sous-titrer « la preuve par la stratigraphie », montre un biface en place dans la coupe de Saint-Acheul[28]. À leur retour, les chercheurs britanniques confirment les résultats de Boucher de Perthes dans leur rapport à la *Royal Society* en mai 1859. De son côté Gaudry fait de même devant l'Académie des Sciences (septembre-octobre 1859). Devant cette convergence (pour une fois) des deux côtés de la Manche, la conviction des autorités scientifiques est cette fois acquise, en particulier celle de Charles Lyell, qui publie en 1863 *the Geological Evidence of the Antiquity of Man*.



(photo publiée dans CNRS 1977 p.18 ; Bréart 1986 p.9)
Lors de la visite des chercheurs britanniques Evans et Prestwich, un biface acheuléen est photographié en place dans les dépôts des moyennes terrasses alluviales de la Somme. Pour la première fois la photo est utilisée comme document d'enregistrement stratigraphique.

fig. 2: Saint-Acheul 1859 : la preuve stratigraphique

Ainsi, après la disparition des blocages religieux qui empêchaient le développement de la méthode stratigraphique, le développement de celle-ci et son application aux plus anciens vestiges d'occupation humaine fait éclater, au milieu du XIXe siècle, l'un des derniers verrous intellectuels hérités du dogme, affectant encore les esprits savants : celui de l'ancienneté de l'Homme. La stratigraphie géologique ouvre de ce fait la voie à une nouvelle science : la préhistoire.

Typologie et stratigraphie : le débat entre les premiers préhistoriens

L'année 1859, qui marque donc l'entrée officielle de la préhistoire[29] dans le champ scientifique, est aussi celle de la publication de *De l'Origine des Espèces au moyen de la sélection naturelle* de Charles Darwin (1809-1882), dont l'influence va être considérable sur le développement de l'archéologie préhistorique et protohistorique jusqu'au XXe siècle. En effet, si les conceptions de Boucher de Perthes apparaissent encore largement empreintes de « catastrophisme » diluvien (comme l'indique le titre de la publication de 1847), la préhistoire, à partir des années 1860, s'inscrit nettement dans le courant évolutionniste de Darwin, héritier du transformisme naturaliste de Lamarck et de l'actualisme géologique de Lyell (Richard 1989).

28 La catalogue de l'exposition « 3 millions d'années d'aventure humaine » (CNRS 1977) et la *Cambridge History of Archaeology* (Bahn dir. 1996) datent précisément cette photo du 27 avril 1859.

29 Le *Petit Robert* donne 1867 comme date d'apparition de l'adjectif « préhistorique » dans la langue française, et 1872 pour le substantif « préhistoire ».

Les recherches s'organisent autour de la construction d'un système chronologique en stades successifs, à l'image des étages géologiques. Bien que les termes « Paléolithique » et « Néolithique » (pour le premier niveau de division chronologique de l'âge de Pierre) soient dus à l'écossais John Lubbock (1834-1913) dans son ouvrage *Prehistoric Times* (1865), ces recherches ont lieu essentiellement en France : Edouard Lartet (1801-1871) et Henry Christy (1810-1865) proposent dans des notes à l'Académie des Sciences, à partir de 1861, des étages aux dénominations basées sur la faune (âge de l'Ours, du Renne…). Gabriel de Mortillet (1821-1898), professeur à l'école d'Anthropologie de Paris puis nommé en 1868 conservateur du Musée des Antiquités Nationales nouvellement créé, substitue au système de Lartet des étages aux dénominations basées sur des sites éponymes, suivant l'usage des géologues. Esquissé en 1867 et précisé en 1872, le système de Mortillet et ses divisions (Acheuléen, Moustérien, Solutréen, Magdalénien…) constituent la base de la périodisation du Paléolithique, modifiée ensuite notamment par l'abbé Henri Breuil (1877-1961) (*Subdivisions du paléolithique supérieur et leur signification*, 1913, révisées en 1937) : « *le système de Mortillet, basé in fine sur la stratigraphie géologique, et ses développements postérieurs, devint la préhistoire orthodoxe*…» (Daniel 1981 p.64).

Cependant ce travail de construction chronologique n'est pas univoque. Deux tendances se distinguent : l'une plus typologique, fondée sur une vision évolutionniste appliquée à l'étude des objets, l'autre plus proprement stratigraphique, fondée sur l'observation des successions observables dans les grottes et abris sous roche.

La première tendance est représentée par Gabriel de Mortillet, davantage typologue qu'homme de terrain, qui revendique explicitement l'arrière-plan évolutionniste de ses recherches (Richard 1989, Coye 1998). Une parenté apparaît là avec l'archéologie philologique précédemment évoquée : on retrouve dans cette approche une forme évoluée, rénovée par les idées de Darwin, de la « science des objets » initiée par Caylus au siècle précédent.

La deuxième approche, fondée sur la fouille stratigraphique verticale des accumulations, dont Edouard Piette (1827-1906) est dans sa génération le promoteur, est plus novatrice. Mais elle reste strictement chronologique, radicalement à l'inverse des grandes fouilles de dégagement opérées à la même époque sur les sites antiques. Cette approche stratigraphique néglige en effet la vision spatiale : il s'agit d'abord de caractériser des ensembles typiques de traits de culture matérielle (« d'industries », comme commencent à le dire les préhistoriens), et de les situer dans le temps, sans souci particulier d'identifier des structures d'occupation.

Au tournant du XXe siècle, cette dialectique entre typologie et stratigraphie se durcit pour prendre la forme d'un vif débat entre chercheurs concernant la position chronologique de l'outillage lithique aurignacien. La conclusion entérine la primauté de l'argument stratigraphique : c'est en effet celui-ci qui permet à l'abbé Breuil de remporter en 1907 la « bataille de l'Aurignacien », plaçant cet étage culturel entre le Moustérien et le Solutréen, à l'encontre de l'argumentation plus typologique d'Adrien de Mortillet (1853-1931, fils de Gabriel) (Camps 1979 ; Coye 1998 ; Delporte 1989).

La tradition de la stratigraphie géologique en archéologie préhistorique

La préhistoire est une part de l'archéologie ; mais les conditions de sa naissance (au sein des sciences naturelles et de la géologie) vont la maintenir longtemps isolée du reste du domaine archéologique. Cette division, encore sensible actuellement, particulièrement en France, n'a pas été sans conséquences sur la diffusion et l'évolution des conceptions stratigraphiques.

Beaucoup de préhistoriens, en effet, se sont jusqu'à nos jours dissociés de l'évolution intellectuelle autonome de la notion de stratigraphie archéologique (évolution présentée dans la suite de ce chapitre), et continuent à s'inscrire dans des concepts stratigraphiques propres à la géologie (Stein 2005). La tradition de l'association des recherches préhistoriques et de la géologie du Quaternaire

est ainsi maintenue par de grands chercheurs du XXe siècle tels François Bordes (1919-1981). Plus récemment, les chercheurs belges Hermann Gasche et Onhan Tunca, ont essayé d'élaborer un « guide de terminologie et classification archéostratigraphique » (Gasche, Tunca, 1983) pour caractériser les stratifications archéologiques de façon à intégrer celles-ci dans une terminologie géologique universelle. Au sein de « l'archéostratigraphie » ainsi définie comme une part de la stratigraphie géologique générale, ils distinguaient une « chronostratigraphie » – la reconnaissance de la succession des sédiments, vue principalement comme une application à échelle réduite de la lithostratigraphie géologique – et une « ethnostratigraphie », définissant les unités en fonction des artefacts qu'elle contiennent – en fait, une application des concepts de la biostratigraphie au mobilier archéologique. Si cette tentative n'a pas eu de succès, en raison notamment du caractère méthodologiquement très discutable et pratiquement peu opérant de la notion « d'ethnostratigraphie », d'autres chercheurs, de façon plus nuancée ou moins systématique, continuent de rapporter les dépôts anthropiques qu'ils étudient au seul cadre intellectuel de la stratigraphie géologique, à travers la notion « d'unité archéostratigraphique », claire déclinaison des différents domaines de la stratigraphie géologique (par exemple : de Lumley *et al.* 2004).

1.2.3. Contextes et structures : le double apport des protohistoriens (XIXe – milieu XXe s.)

Le lien entre typologie et stratigraphie : le raisonnement fondé sur la relation objet – contexte

Le cadre chronologique que mettent en place les préhistoriens de la deuxième moitié du 19e siècle s'inscrit dans une plus vaste construction : le système des trois âges (âge de Pierre, âge du Bronze, âge du Fer), qui couvre toute l'occupation humaine avant l'écriture. Cette vision du développement culturel en trois stades successifs, envisagée dès l'Antiquité, est reprise et appliquée par le Danois Christian Jurgensen Thomsen (1780-1865), chargé d'organiser les collections du musée national du Danemark (qui ouvre en 1819). L'oeuvre de Thomsen prolonge celle de Caylus au XVIIIe siècle, et constitue le point de départ des méthodes de typologie chronologique, et de l'archéologie protohistorique. Ces recherches sont poursuivies au XIXe s. par les premiers protohistoriens, majoritairement scandinaves, qui détaillent le système des trois âges en subdivisant les âges du Bronze et du Fer,, complétant le travail de périodisation de l'âge de Pierre qu'effectuent plus au sud les premiers préhistoriens ; en particulier Jens Jacob Asmussen Worsaae (1821-1885), adjoint puis successeur de Thomsen, puis surtout le Suédois Gustav Oscar Montelius (1843-1921) qui publie son ouvrage principal (*Die typologische Methode : die älteren Kulturperioden im Orient und in Europa*) en 1903. Ce dernier se situe, comme les préhistoriens contemporains et certains autres archéologues (en particulier le britannique Augustus Pitt-Rivers, 1827-1900), dans une perspective évolutionniste, voire déterministe (Daniel 1981, Schnapp 1993) : pour lui les objets sont soumis à des lois d'évolution qui permettent de les situer dans le temps.

Mais ces premiers protohistoriens ne construisent pas leur raisonnement de chronologie typologique sur les seuls objets. Si le système de Thomsen était d'abord un classement purement typologique des objets en fonction du matériau, dont la signification chronologique était seulement supposée, son successeur Worsaae (qui publie en 1843 *Danmarks Oldtid oplyst veld Oldsager og Gravjoje* – traduit en anglais en 1849 sous le titre *the Primevil Antiquities of Denmark*) donna une confirmation stratigraphique à la succession des trois âges grâce à des fouilles effectuées dans des tourbières, où les niveaux les plus profonds correspondaient effectivement aux objets typologiquement les plus anciens (Harris 1979). En effet, le premier grand apport des protohistoriens est d'avoir systématiquement mis la théorie typolologique – « l'évolutionnisme des objets » – à l'épreuve de la stratigraphie, évitant le cul de sac méthodologique d'une typologie réduite à elle-même et à un postulat chronologique non fondé.

La protohistoire[30] se crée ainsi au XIXe s. parallèlement à la préhistoire, en développant aussi une approche stratigraphique ; mais celle-ci prend une direction différente – et complémentaire – de celle des préhistoriens. En effet, beaucoup de sites protohistoriques, témoignant d'une occupation limitée dans le temps, et parfois érodés par l'usage agricole du sol, ne sont pas stratifiés sous la forme d'une accumulation de niveaux successifs contenant des vestiges. Plus que sur des successions verticales de dépôts, Montelius et ses successeurs s'appuient donc sur les découvertes d'ensembles d'objets associés, déposés en même temps dans une même structure, où un type d'objets déjà connu permet de dater les autres, et dont la composition peut être tenue comme caractéristique d'une culture et d'une période ; ainsi les objets déposés dans des caches, des dépôts votifs, des sépultures... L'observation du terrain nécessaire pour identifier de tels « ensembles clos » est de nature incontestablement stratigraphique : il s'agir de définir une unité stratigraphique, en mettant en évidence les relations de synchronisme qui unissent ses éléments constitutifs. L'arrière-plan naturaliste est le même que celui des préhistoriens, mais c'est ici le principe de corrélation, lui aussi issu de la géologie et de la paléontologie, qui est surtout utilisé (les ensembles clos contenant les mêmes types d'objets sont jugés contemporains, comme les strates contenant les mêmes natures et proportions de fossiles).

Cette typo-chronologie raisonnée développée par les protohistoriens du Nord, prenant en compte le contexte archéologique, résout l'opposition apparue chez les préhistoriens entre typologie et stratigraphie ; la démarche typologique ainsi conçue génère le besoin d'une bonne identification des contextes de découvertes, facteur de progrès de l'analyse stratigraphique. En effet, l'objet isolé et privé de contexte, extrait sans soins du terrain, est nettement moins intéressant car il ne peut plus jouer qu'un rôle passif dans ce raisonnement typo-chronologique.

Cette méthode, reprise et appliquée à grande échelle, permet aux archéologues européens de la fin du XIXe et du début du XXe s. d'inscrire les cultures protohistoriques dans un cadre de chronologie quantifiée, grâce aux associations de mobilier comprenant des importations provenant des sociétés méditerranéenne et orientales historiquement connues (ce raisonnement basé sur les importations, dit de *cross dating,* entrainant une vision beaucoup plus diffusioniste qu'évolutionniste du développement des sociétés protohistoriques). Vere Gordon Childe (1892-1957) sera le principal représentant, au XXe siècle, de la construction de ces grandes synthèses chronologiques. Au niveau des données de terrain, l'analyse des relations entre objets et contexte (notamment en termes d'ensemble clos ou non), entraînée par les besoins de la typologie chronologique, est jusqu'à nos jours restée centrale dans la tradition méthodologique de l'archéologie nordique (Moberg 1980, 1981).

L'identification des structures d'occupation ténues : la stratigraphie non verticale

La tradition de l'archéologie nordique d'étude du paysage et d'attention portée aux vestiges ténus, remontant aux antiquaires du XVIIe siècle, la rendait apte à répondre à cette demande de bonne analyse du contexte archéologique. Cette approche d'identification des contextes est on l'a vu stratigraphique par essence ; mais elle ne se limite pas à un objectif chronologique (même si elle fonde la typochronologie) : la vision spatiale, permettant d'identifier les structures non architecturées (fosses, sépultures, etc.) en est un point essentiel.

Dès le début du XXe siècle, en Europe du Nord, cette vision spatiale du terrain s'élargit au-delà de la caractérisation individuelle de chaque structure : les fouilles de grands décapages initiées par les archéologues allemands, telles celles d'Albert Kiekebusch (1870-1935) à Buch près de Berlin dès 1910, et surtout celles de Gerhard Bersu (1889-1964) en Allemagne, en Suisse, puis, après que Bersu ait fui le nazisme en 1935, en Grande-Bretagne sur le site de l'âge du Fer de Little Woodbury

30 Le terme apparaît en français en 1922, mais l'adjectif « protohistorique » existe depuis 1877 (*Petit Robert*)

(Audouze, Buschenchutz 1989), permettent de repérer les ensembles formés par les fosses, trous de poteau et autres structures anthropiques, en « coupe horizontale » (après enlèvement de la couche superficielle d'humus ou de terre arable). Cette « stratigraphie horizontale » est le deuxième apport majeur des protohistoriens ; en effet ces structures ténues, qui ne sont plus détectables que sous forme d'anomalies sédimentaires localisées, sont alors (au moins jusqu'au milieu du XXe siècle) largement négligées aussi bien par les préhistoriens que par l'archéologie historique et classique. La filiation de ce type de fouille avec la stratigraphie géologique existe néanmoins, mais là encore marquée par le principe de corrélation plus que celui de superposition : la fouille ne s'inscrit pas dans la dimension verticale, mais vise à identifier de grands ensembles de structures afin d'y repérer des régularités spatiales interprétables (plans d'habitat, de villages…) que l'étude des objets permet de corréler chronologiquement.

Ainsi, à côté du mur ou du vestige maçonné, seul objet digne d'attention pour l'archéologie classique, et de la superposition de dépôts, reconnue et privilégiée par les préhistoriens, les protohistoriens inventent de nouvelles catégories de vestiges : les structures d'occupation (ensembles clos), et les traces fugaces d'aménagement (traces d'enclos, fossés, palissade, poteaux, silos…) que seule l'observation attentive du terrain permet de localiser et caractériser.

Un impact limité mais réel sur l'archéologie française

Dans la France de la fin du XIXe et du début du XXe, où l'archéologie est écartelée entre les deux courants nettement séparés de la préhistoire naturaliste d'un côté, et de l'archéologie monumentale de l'autre, ces apports ne sont pas inconnus. Ils restent cependant cantonnés à un petit nombre d'archéologues en contact avec leurs collègues nordiques, travaillant sur le début des périodes historiques (Gaule et Gaule romaine) dans la suite des recherches sur les sites gaulois initiées sous Napoléon III, mais penchant méthodologiquement plutôt vers la préhistoire. Parmi ceux-ci, Alexandre Bertrand (1820-1902), Joseph Déchelette (1862-1914), auteur d'ouvrages de référence (*Les Vases céramiques ornés de la Gaulle romaine* en 1904, *Manuel d'archéologie préhistorique, celtique et gallo-romaine*, paru à partir de 1908) et fouilleur du site de Bibracte avec son oncle Jacques-Gabriel Bulliot (1817-1902)[31] ; et surtout Salomon Reinach (1858-1932), directeur du musée des Antiquités nationales à partir de 1902, dont les compétences s'étendent de l'archéologie classique à la préhistoire. Il traduit en francais les travaux de Montelius (*Les temps préhistoriques en Suède*, paru en France en 1895) ; l'article qu'il publie en 1911 (*la méthode en archéologie*) est à la pointe des acquis méthodologiques de l'époque concernant la stratigraphie et la prise en compte de l'information de contexte : « *Dans une fouille bien conduite, ce qui importe plus que les objets à découvrir, ce sont les informations que l'étude des couches (stratigraphie) ou celle des objets découverts* <u>*par groupes*</u> (souligné dans le texte) *peuvent fournir pour leur classement chronologique* » (Reinach 1911 p. 211). Dans un passage (toujours d'actualité, hélas !) dénonçant les « fouilleurs-prédateurs », il est le premier à employer l'expression « archives du sol » : « *Fouiller en terrassier n'est pas fouiller en archéologue. Fouiller en chercheur d'objets de vitrine n'est pas fouiller en archéologue. Les sites les plus intéressants du monde antique ont été dévastés plutôt qu'explorés par des chercheurs de trésor qui se croyaient à tort des archéologues... Le seul remède à ce mal est de multiplier le plus possible les fouilles surveillées, conduites pour le compte de l'Etat ou de sociétés savantes, de manière à sauver non pas les objets – qu'une cupidité avertie empêche généralement de détruire – mais ce qu'on pourrait appeler* ***les archives du sol.*** » (Reinach 1911, p.210-211). Cette approche méthodologique, d'une remarquable modernité, est cependant loin d'être la norme de l'archéologie française de l'époque.

31 Ce dernier, dès ses premières campagnes de fouille à Bibracte sous le second Empire, pratique une observation du terrain suffisamment attentive pour lui permettre d'identifier des structures non maçonnées, et en particulier des trous de poteaux (dits « traces de poutres verticales » (Guillaumet 1996)

1.2.4. La stratigraphie aux marges de l'archéologie classique et historique (1873-1954)

Le temps empilé des cités enfouies : Schliemann et le mythe de Troie

Au XIXe siècle, à la différence de la préhistoire et de la protohistoire, l'archéologie historique et classique n'est pas un lieu de grande innovation méthodologique sur le terrain. Le poids de la tradition philologique, la vision du « temps suspendu » lié au principe du dégagement des vestiges bâtis freinent, on l'a vu, la diffusion de la stratigraphie. Pourtant, une évolution s'amorce au début des années 1870, en particulier sur le site grec d'Olympie (fouillé par de 1875 à 1881 sous la direction d'Ernst Curtius par une équipe de l'Institut Archéologique Allemand), où l'architecte et archéologue allemand Wilhelm Dörpfeld (1853-1940) commence à procéder à de véritables observations stratigraphiques pour mieux situer chronologiquement les bâtiments (Daniel, 1981 ; Gran-Aymerich 1998).

C'est cependant des marges géographiques et chronologique de cette archéologie classique que va venir la « médiatisation » de la notion de stratigraphie archéologique. A partir de 1871, le fameux archéologue et aventurier Heinrich Schliemann (1822-1890) fouille le site d'Hissarlik (Turquie) en lequel il voit la Troie homérique. Sur ce site stratifié, il identifie sept niveaux d'occupation successifs et attribue le second à la Troie d'Homère. Dès 1874 (publication des *Antiquités Troyennes*), ces découvertes, dont il organise remarquablement la publicité, popularisent l'image frappante de cités disparues et superposées ; image qui reste aujourd'hui encore emblématique. A regarder de plus près, l'approche stratigraphique à Hissarlik est en fait très incomplète : les fouilles de Schliemann sont peu soigneuses (jusqu'à ce que Wilhelm Dörpfeld cité ci-dessus rejoigne le chantier en 1882 et commence à effectuer des relevés rigoureux) ; il reste, de ce fait, prisonnier d'une utilisation littérale des textes, plaqués sur les résultats archéologiques, et d'une vision « catastrophiste » de la chronologie, par grandes ruptures uniquement et sans analyser l'évolution fine[32]. Ces manques l'amènent à de considérables erreurs d'attribution et de datation[33] (Daniel 1981, Duchêne 1995, Jockey 1999). Mais il garde le mérite d'avoir spectaculairement proclamé la nature du site archéologique comme produit d'une stratification, et contribué ainsi à l'évolution par laquelle, en archéologie non préhistorique, les vestiges ne seront plus seulement des monuments et des objets à déblayer, mais des couches à lire dans l'ordre de leur dépôt.

L'exploration des origines des civilisations urbaines de l'Ancien Monde

En effet, les fouilles de Schliemann à Hissarlik annoncent le développement des recherches, à la fin du XIXe et au début du XXe siècle, sur les plus vieux sites urbains d'Europe orientale et du Proche et Moyen-Orient. L'exploration des tells mésopotamiens avait démarré, on l'a vu, dès la première moitié du XIXe siècle. Mais pour les successeurs de Schliemann, dont les travaux et les acquis ont été étudiés notamment par Eve Gran-Aymerich (1998 ; 2007) et Glyn Daniel (1975 ; 1981), il ne s'agit plus seulement d'exploiter un site en tant que gisement d'objets ou de dégager des vestiges bâtis. Ils cherchent aussi à déchiffrer la succession des niveaux, afin d'éclairer les origines des civilisations historiques, jusque avant l'écriture.

Cette nouvelle approche est appliquée aux origines du monde grec : à Hissarlik, Wilhelm Dörpfeld, qui après le décès de Schliemann assure la direction de la fouille jusqu'en 1894, détermine la

32 Homme de spectacle et d'argent plus qu'archéologue (ou peut-être plus à la poursuite d'un rêve que de la réalité), Schliemann semble même avoir « enjolivé », voire falsifié, les circonstances de certaines de ses découvertes telles le « trésor de Priam » (Duchêne 1995).

33 Rappelons que l'Illiade, épopée mythique, ne peut être considérée (comme le faisait Schliemann) comme un document historique, et qu'il n'est pas certain que le site pré-hellénique d'Hissarlik, occupé du XXXe au XIIe siècle avant notre ère (et en particulier son état le plus récent effectivement détruit par un incendie), soit la Troie homérique. La seule attribution historique certaine est celle des derniers niveaux d'occupation (ou plutôt de réoccupation après un abandon de quatre siècles), correspondant à la ville grecque puis romaine d'Ilion, de fondation éolienne (vers 700 av. J.- C.).

chronologie du site jusqu'au IIIe millénaire avant notre ère. Les fouilles sur l'Acropole d'Athènes, entre 1883 et 1890, dirigées par l'archéologue grec Panagiotos Kavvadias (1850-1928), permettent de fixer la chronologie de la céramique attique, et mettent au jour des vestiges mycéniens. Parmi les fouilles allemandes, britanniques et grecques qui révèlent les cultures mycénienne et minoenne, les plus fameuses sont celles de Cnossos (de 1900 à 1932) dirigées par Arthur Evans (1851-1941), qui cherche à prendre en compte les relations entre murs et états architecturaux, couches sédimentaires et niveaux de sol[34]. Le questionnement stratigraphique apparaît aussi sur les fouilles au Moyen-Orient. Le grand égyptologue britannique Flinders Petrie (1853-1942) est l'un des pionniers avec la fouille du tell palestinien de Tell el-Hesi en 1890. Il est introduit sur les sites mésopotamiens par des fouilleurs allemands tels l'architecte et archéologue Robert Koldewey (1855-1925) qui dirige les fouilles de Babylone de 1899 à 1917, et son élève Walter Andrae (1875-1956). En Iran, le Français Jacques de Morgan (1857-1924), géologue de formation et connaissant les méthodes des préhistoriens, intègre une dimension stratigraphique aux fouilles de Suse qu'il dirige à partir de 1897. La lecture stratigraphique reste exceptionnelle sur les sites historiques de l'Europe de l'Ouest, mais l'archéologue italien Giacomo Boni (1859-1925) y recourt lors des fouilles qu'il dirige sur le forum de Rome de 1898 à 1922, sous lequel il met au jour un établissement archaïque.

La « proto-stratigraphie » : une première vision approximative des stratifications anthropiques

Les lectures stratigraphiques qu'essaient de pratiquer ces différents chercheurs ont un point commun : elles ne portent pas sur les accumulations naturelles contenant des vestiges humains dont les préhistoriens ont l'habitude ; ni sur les structures fugaces, mais distinctes au sein d'un milieu naturel qu'ont appris à identifier les protohistoriens d'Europe du Nord. Elles concernent des sites urbains, avec une stratification à la fois épaisse, complexe et majoritairement artificielle. D'un point de vue historiographique et méthodologique, il s'agit des premières tentatives archéologiques d'analyse des stratifications anthropiques denses ; et on peut les rassembler en une phase qui va, en gros, de Schliemann jusqu'à la diffusion de la méthode mise au point par Mortimer Wheeler (cf. plus loin 1.2.5) au milieu du siècle dernier. Cette phase méthodologique, que nous qualifierons de « proto-stratigraphie des sites urbains », présente quelques caractères spécifiques.

On peut tout d'abord distinguer dans cette approche « proto-stratigraphique » deux composantes.

- Première composante : la « stratigraphie architecturale ». Face aux tells et à leurs empilements de constructions résultant de millénaires d'aménagements successifs, les archéologues doivent renoncer à l'idée de dégager un seul « instant figé », et sont dans la nécessité d'ordonner la succession des bâtiments et des états. Pour cela, il faut non seulement examiner les vestiges bâtis, mais tenter de corréler ces vestiges bâtis les uns aux autres, et aux objets et éléments de datation recueillis, au moyen d'une lecture qui inclut les sédiments ; ceux-ci sont alors vus principalement en tant que remblais séparant des niveaux de sols et rythmant des étapes de construction. C'est le chemin sur lequel se sont engagés en particulier les architectes-archéologues allemands (à la différence de leurs collègues français de l'École d'Athènes), tels Wilhelm Dörpfeld, ou Robert Koldewey ; cette évolution de l'étude architecturale vers la stratigraphie architecturale caractérise aussi les fouilles de Cnossos menées par Evans.
- Deuxième composante : la définition de chronologies culturelles. Les fouilleurs sont aussi devant la nécessité de dater les niveaux les plus anciens, témoignant de cultures jusqu'alors inconnues, et qu'il faut relier au cadre historique connu. Pour cela, ce sont les méthodes des préhistoriens et des protohistoriens qui sont directement appliquées. Des premières relève

34 La sensibilité à la stratigraphie d'Arthur Evans a peut-être une explication familiale : il est le fils du géologue et préhistorien John Evans cité plus haut, qui contribua à authentifier les découvertes d'outils préhistoriques dans les niveaux anciens de Saint-Acheul et de la région d'Abbeville.

la pratique du sondage profond, à partir duquel sont établis des étages stratigraphiques successifs caractérisés par des types de céramiques, sur le modèle des chronologies préhistoriques d'outillage lithique. Les méthodes de typochronologie des protohistoriens sont par ailleurs utilisées pour corréler ces niveaux et ces cultures anciennes mises au jour, et surtout pour les relier à des datations connues. Par l'ancienneté de sa chronologie historique, l'Egypte sert ainsi de chronomètre, au moyen de la technique du *cross dating* (association d'objets datables d'origine égyptienne et de céramique « indigène » typique non encore datée dans les mêmes niveaux ou contextes stratigraphiques), systématisée en particulier par Flinders Petrie.

Cette première approche stratigraphique des tells a constitué une étape méthodologique importante, qui a permis de remonter des civilisations historiques de l'Antiquité classique jusqu'au Néolithique dans un cadre chronologique continu. Mais elle est ici qualifiée de « proto-stratigraphie », car les méthodes mises en œuvre étaient encore limitées, amenant une vision incomplète des stratifications anthropiques complexes de ces sites urbains.

Sur le plan conceptuel, en effet, cette approche fonctionne par extrapolation, en transférant à l'ensemble du site le résultat de lectures ponctuelles. Ainsi, entre deux observations stratigraphiques distantes, on induit la continuité des niveaux ; et la mise en phase déterminée à partir d'un sondage est systématiquement appliquée à tous les vestiges ensuite découverts sur le site. L'archéologue américain George Reisner (1867-1942), qui fouille à Samarie à partir de 1908, donne une expression méthodologique à ce principe d'extrapolation : c'est la *locus to stratum method* : une couche est définie par un certain nombre de « *locus* » ou points d'observations, et associée à des types de céramiques (Gran-Aymerich 1998), à la façon des formations géologiques définies en référence à des stratotypes. L'observation stratigraphique proprement dite n'est donc, en fait, qu'un outil ponctuel, et non une pratique systématique au cours de la fouille.

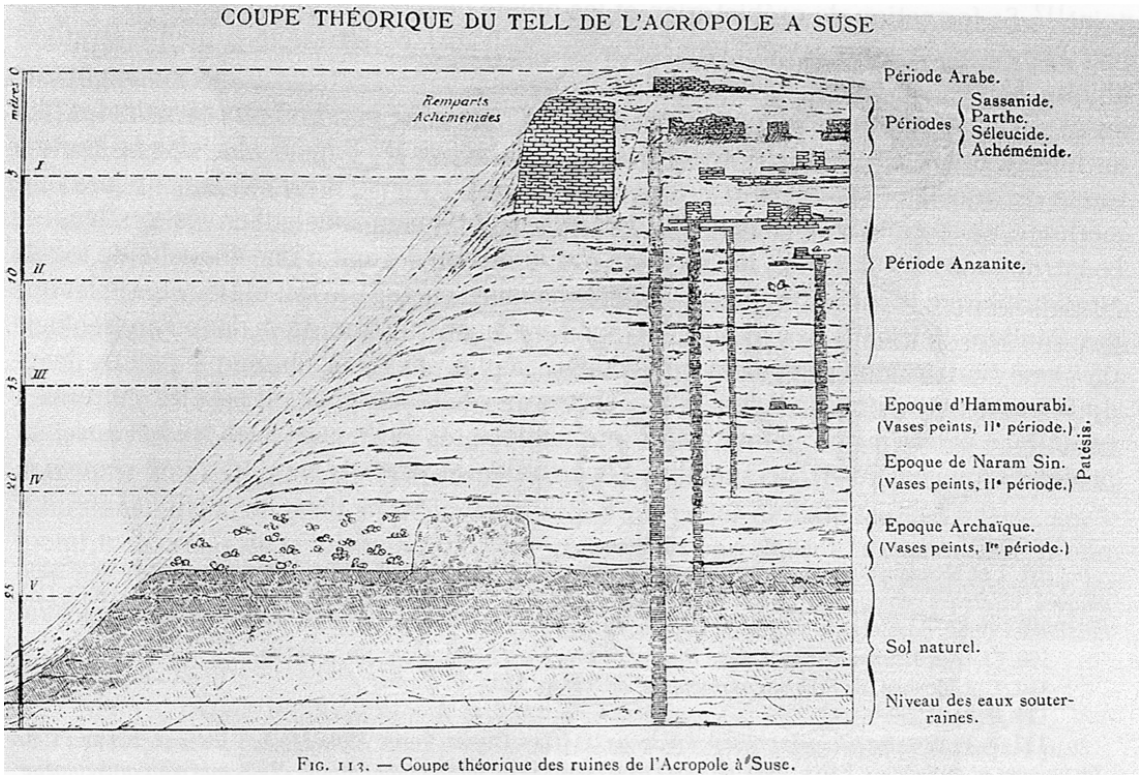


fig. 3: "protostratigraphie" et extrapolation : "coupe théorique" publiée par Jacques de Morgan en 1912 (document reproduit dans Gran-Aymerich 1998 p.291)

Une conséquence pratique de ce principe d'extrapolation est le recours généralisé à la fouille des dépôts sédimentaires, non pas en suivant les limites de couches, mais par tranches horizontales d'épaisseur fixée par le fouilleur (« passes mécaniques »). Conçue comme une application globale de la loi géologique de superposition selon laquelle les tranches les plus profondes contiendront nécessairement les vestiges les plus anciens, cette méthode est utilisée notamment par Morgan à Suse, et Koldewey à Babylone (mais les observations de ce dernier sont suffisamment attentives pour lui permettre d'identifier et de dégager des murs en briques crues). Cette méthode, caractéristique de la « proto-stratigraphie », a évidemment comme inconvénient de négliger les recoupements et interfaces latérales très fréquentes dans les stratifications anthropiques. Elle est appliquée dès les années 1880 par Augustus Pitt-Rivers sur des sites britanniques romains et de l'Âge du Fer ; malgré sa pratique du relevé des objets recueillis et de l'exécution de coupes de fossé, qui le font souvent citer comme un précurseur de la stratigraphie archéologique systématique, Pitt-Rivers en reste donc aussi au stade « proto-stratigraphique » .

Cette approche « proto-stratigraphique » s'est longtemps maintenue sur la fouille de certains tells du Moyen-Orient ; ainsi l'archéologue français André Parrot (1901-1980), qui fouille le site de Mari à Tell-Hariri en Syrie entre 1934 et 1974, la pratique et la défend encore dans les années 1970 (Parrot 1976 ; 1979). Cependant, elle ne représente qu'un stade encore préliminaire dans la compréhension des stratifications anthropiques denses : elle procède par interprétation largement approximative à partir d'une analyse limitée, qui ne peut rendre compte de toute la complexité de ces stratifications ni exploiter celles-ci[35]. Cette complexité reste un problème insurmontable pour les archéologues traditionnels, comme le montre, en 1894, la remarque désapprobatrice et découragée de l'helléniste et membre de l'Ecole d'Athènes Georges Perrot (1832-1914) sur les vestiges d'Hissarlik « *...entassés par couches qui n'avaient pas un niveau horizontal constant, qui souvent se pénétraient les unes les autres et au milieu desquelles il était bien difficile de se reconnaître.* » (cité dans Gran-Aymerich 1998, p.272).

1.2.5. L'école de Wheeler, première approche systématique des stratifications anthropiques (1954-1990)

La perception du processus de stratification anthropique

La stratification anthropique des sites densément occupés restait donc une difficulté pour les archéologues, que ni la « proto-stratigraphie » trop approximative pratiquée sur les tells du Proche Orient, ni les pratiques des préhistoriens et des protohistoriens, ne permettaient de résoudre pleinement. En effet, la stratigraphie introduite en archéologie préhistorique au XIXe s. est directement celle des géologues : les stratifications étudiées contiennent des artefacts et des restes humains, mais leur dynamique est essentiellement naturelle. De son côté la prise en compte des relations entre contexte et objets développée par les typologues protohistoriens, dont on a vu qu'elle est une des dimensions de l'analyse stratigraphique, porte la plupart du temps sur des structures artificielles limitées, excavées ou isolées dans le milieu naturel (sépulture, fosse, tumulus…).

Or, d'un point de vue géomorphologique, on peut décrire l'histoire de l'Humanité comme celle d'un impact croissant sur le milieu naturel (Harris 1979) : par la sédentarisation, puis par l'ampleur et la complexité croissante de ses aménagements, l'Homme devient un agent de transformation du relief de plus en plus puissant, générant des stratifications que leur densité et leur variété distinguent des processus sédimentaires naturels.

35 Un autre caractère typiquement « protostratigraphique » est la technique de la « butte-témoin » (petit volume laissé intact dans un coin, d'où l'on peut censément inférer la stratigraphie de l'ensemble de l'espace fouillé, après la fouille), sorte de négatif du sondage ponctuel et du principe d'extrapolation (technique qui a longtemps survécu, jusqu'aux années 1970, sur certains chantiers métropolitains).

L'étape suivante de l'histoire de la stratigraphie archéologique fut donc de systématiser l'analyse de ces stratifications anthropiques denses, correspondant aux sites comprenant des vestiges construits à fort impact sur le sol (fondations, sols construits, sous-sols, etc.). Une telle analyse implique de considérer ces vestiges construits non plus seulement comme des objets architecturaux, mais aussi comme des couches parmi d'autres dans le processus de stratification. Cette évolution intellectuelle indispensable pour exploiter pleinement l'outil stratigraphique (en particulier pour enrichir la chronologie du site), qu'en France ni les fouilleurs des grands dégagements de l'archéologie classique, ni les architectes et chartistes analystes des monuments historiques n'ont su accomplir (*cf.* 1.1.3), est essentiellement le fait d'archéologues anglo-saxons du siècle dernier.

Le caractère spécifique de cette stratification dense générée par l'occupation et l'activité d'aménagement humaines, en particulier en milieu urbain, a cependant été perçu très tôt, avant même que Schliemann ne popularise l'image des villes empilées. Les travaux d'aménagement dans les centres historiques des villes, effectués essentiellement à la main avant la révolution industrielle, laissaient, en effet, le temps de percevoir la présence et l'accumulation des vestiges. Il en résultait, étendue au-delà des seuls antiquaires, une conscience intuitive de cette stratification historique urbaine. On en trouve par exemple l'écho magnifié par le style romantique de Victor Hugo, dans la description de la ville et de la cathédrale qui ouvre le troisième livre de « *Notre-Dame de Paris* » (1830) : « *Ce n'était pas alors seulement une belle ville ; c'était une ville homogène, un produit architectural et historique du moyen âge, une chronique de pierre. C'était une cité formée de deux couches seulement, la couche romane et la couche gothique, car la couche romaine avait disparu depuis longtemps, excepté aux Thermes de Julien où elle perçait encore la croûte épaisse du moyen âge. Quant à la couche celtique, on n'en trouvait même plus d'échantillons en creusant des puits* » (édition Presse Pocket 1989, p. 170)[36]

Parmi les travaux pionniers qui s'attachent à mieux élucider ces stratifications complexes qui troublaient tant Georges Perrot, E. Harris cite les fouilles de tumulus du Hollandais Albert Van Giffen (1884-1973), inventeur en 1916 de la technique de fouille en quadrants (deux quarts opposés d'une structure sont fouillés, permettant d'obtenir deux coupes perpendiculaires), et l'ouvrage publié par J.P. Droop en 1915 (*Archaeological excavations*), qui contient des schémas de coupe où apparaissent relations entre murs et reste de la stratification. L'idée d'appliquer des observations stratigraphiques à l'étude des aménagements anthropiques atteint le territoire américain, sous l'influence notamment de George Riesner et de Franz Boas[37] (1858-1942) (Browman, Givens, 1996). Les fouilles d'Alfred Kidder (1885-1963) à Pecos (site Pueblo au Nouveau Mexique, Etats-Unis) de 1915 à 1929 marquent une nouvelle avancée des conceptions stratigraphiques. En effet, la fouille est menée systématiquement suivant les limites de couches ; ce type de fouille dite par *natural strata*, représente un progrès important sur la « protostratigraphie » et ses tranches fréquemment arbitraires fixées par le fouilleur. La publication (*an Introduction to the Study of South-Western Archaeology* 1924) comporte des coupes incluant couches meubles, sols, murs, tranchées de fondations ; l'étude de la céramique (*the Pottery of Pecos,* 1931) utilise cette stratigraphie réelle comme référence. Cet exemple fera cependant peu école aux Etats-Unis, où beaucoup de fouilleurs ont jusque récemment utilisé la technique de fouille par tranches horizontales arbitraires (Harris 1998, Praetzellis 1993).

36 Un peu avant, Hugo évoque même le phénomène d'exhaussement progressif du sol par accumulation, à propos de l'ancien emmarchement devant la façade de Notre-Dame : « *le degré, c'est le Temps qui l'a fait disparaître en élevant d'un progrès irrésisitible et lent le niveau du sol de la Cité…* » (édition Presse Pocket 1989, p.145). Notons que cette conscience intuitive de la stratification urbaine et de son épaisseur (qui chez Hugo s'associe probablement à une connaissance au moins générale des acquis de la stratigraphie géologique du début du XIXe s.) s'est perdue depuis la mécanisation des moyens de terrassement ; lui a succédé la notion de « remblai » des géotechniciens, qui marque de fait une régression qualitative de la perception du sous-sol urbain ; et qui est en effet liée aux destructions archéologiques de très grande ampleur dans la deuxième moitié du XIXe siècle.

37 Ethnologue américain d'origine allemande et l'un des fondateurs de la tradition américaine incluant l'archéologie de terrain comme l'une des discipline de l'anthropologie sociale (c'est à dire de l'ethnologie au sens large).

fouilles d'Alfred Kidder à Pecos (Nouveau Mexique) : recoupements et tranchées de fondation sont indiquées, permettant de situer remblais, fosses, sols et constructions en une même chronologie relative

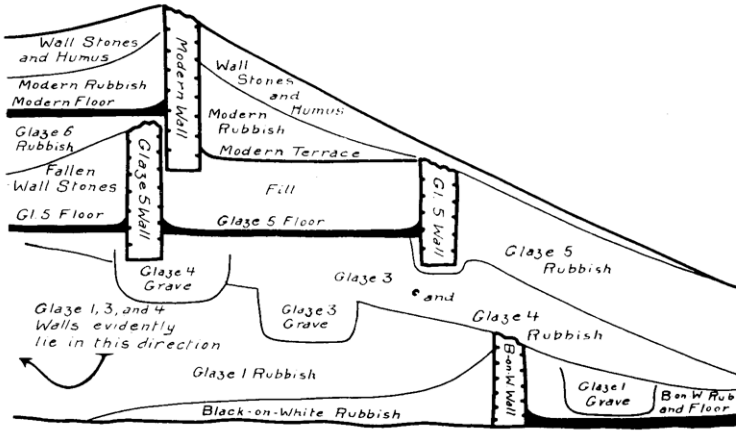


fig. 4: Kidder : la coupe, reflet de l'analyse stratigraphique (document reproduit dans Daniel 1981 p. 176)

Mortimer Wheeler et ses élèves

Sans négliger les apports de ces différents pionniers, il revient incontestablement à Mortimer Wheeler (1890-1976) d'avoir le premier systématisé la fouille et l'enregistrement des stratifications anthropiques. Il débute sa carrière en Angleterre et met au point sa méthode notamment sur le site de l'âge du Fer de Maiden Castle (Dorset), fouillé à partir de 1934 et publié en 1943 ; puis il l'applique en Inde où il est directeur général des Antiquités de 1943 à 1947, sur les fouilles dont il a la charge (Arikamedu, Harrapa, Taxila…). C'est après avoir accumulé une longue expérience qu'il publie, en 1954, son célèbre ouvrage méthodologique (*Archaeology from the earth – Archéologie : la voix de la terre* pour la traduction française de 1989). Wheeler conçoit pleinement le terrain comme une accumulation sédimentaire à déchiffrer, et non comme un gisement d'objets mobiliers ou architecturaux à dégager : «*Les accumulations successives de constructions et de débris sur un site d'occupation ont la même signification que les pages successives d'un livre, et doivent, pour être comprises, être saisies dans leur propre succession tout comme les pages d'un livre*» (Wheeler 1954, 1989 p.20). Il s'attache par conséquent à ne pas considérer les vestiges bâtis indépendamment du reste de la stratification ; en témoignent le célèbre schéma dénonçant la destruction d'information entraînée par les tranchées de dégagement de murs pratiquées sur des fouilles non stratigraphiques ; ainsi que la mise en évidence d'un cas de figure devenu bien connu, notamment grâce son élève Kathleen Kenyon (1906-1978) : le « mur fantôme », disparu, mais dont les étapes suivantes du processus de stratification ont conservé la trace sous forme de la tranchée de récupération et de son remplissage.

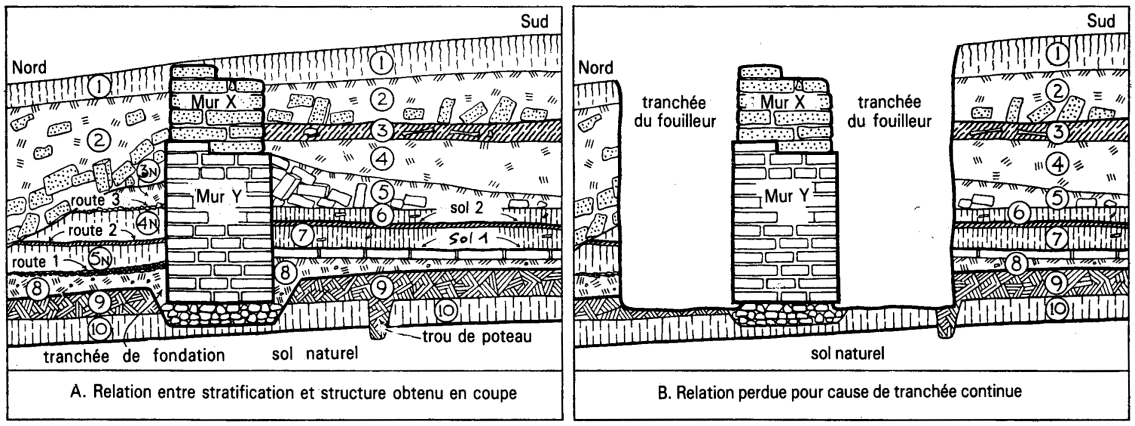


fig. 5: Wheeler : la dénonciation de la destruction de l'information stratigraphique (Wheeler 1954, trad. 1989, fig.16 p.91)

–

(photo : Wheeler 1954, 1989 planche 8a)
tranchée de récupération de mur, visible en coupe ; avec la mise en évidence d'anciens mur - et donc de plans de structures construites - par les seules traces de récupération lisibles dans la stratification, traces qu'une fouille non stratigraphique aurait détruites, M. Wheeler et K. Kenyon rejoignent les protohistoriens tels Bersu dans leur capacité à identifier des aménagements disparus, et annoncent la notion de "négatif".

8a. Mur «fantôme» à Verulamium, Hertfordshire, 1931.

fig. 6: Wheeler et Kenyon : le mur fantôme

Cette conception implique que la fouille doive suivre la stratification, comme le faisait déjà Kidder, et non être exécutée par tranches arbitraires (suivant une approche « proto-stratigraphique »), sous peine de mélanger chronologiquement les éléments recueillis. Wheeler dénonce ainsi les pratiques de fouille par tranches horizontales arbitraires qui avaient cours en Inde avant son arrivée.

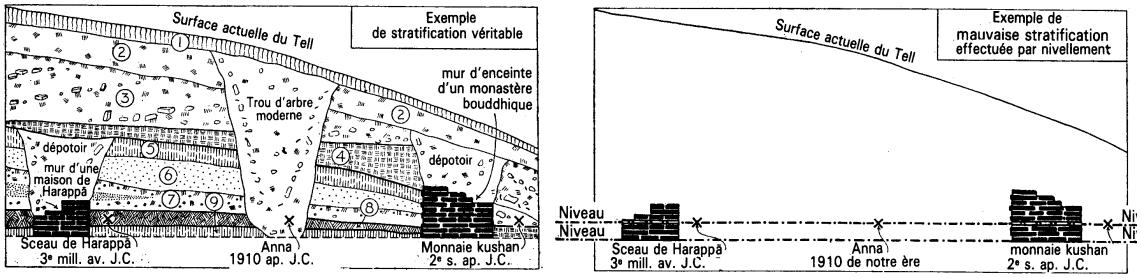


fig. 7: Wheeler : la dénonciation de la destruction de l'information stratigraphique (II) (Wheeler 1954, trad.1989, fig. 11 p.70)

Pour fouiller suivant les strates, il faut les reconnaître. La vision de Wheeler est là héritée des géologues et des préhistoriens : c'est la coupe, la vision verticale de l'accumulation des strates qui est le mieux à même de rendre compte de la stratigraphie – «*Le fondement de la fouille scientifique est la coupe attentivement observée et relevée de manière adéquate* » (Wheeler 1954, 1989 p.20) – et qui doit guider la fouille : « *La règle doit être : d'abord fouille verticale, puis fouille horizontale* » (Wheeler 1954, 1989 p.83). L'enregistrement de la stratigraphie, sur laquelle s'appuie la restitution de la chronologie, repose donc sur les relevés de coupe ; comparée aux formations sédimentaires sur lesquelles travaillent les géologues, une stratification anthropique comprend en général des dépôts de volume bien plus réduit et des variations beaucoup plus locales. Wheeler propose donc de multiplier les coupes avec sa fameuse technique d'ouverture du terrain par carrés réguliers ; ceux-ci, dont la taille est fixée préalablement à la fouille (en fonction de la profondeur à atteindre), sont séparés par des banquettes de 0,5 à 1 m de large ; une coupe est ainsi lisible sur chaque face de chaque carré. Ce n'est pas le moindre aspect du « système Wheeler » que d'être aussi une méthode pratique de gestion d'un chantier ; le réseau des banquettes entre les carrés assure la circulation des fouilleurs et des déblais sans qu'il soit besoin d'aménagements particuliers ; il constitue une économie de terrassement (pour des carrés de 4 mètres de côté séparés par des banquette d'1 mètre de large, le tiers du terrain n'est pas fouillé) et il simplifie l'organisation du travail (un responsable et une équipe par carré).

(photo extraite de Courbin 1963 p. 66) Fouilles à Argos (Grèce), dirigées par Paul Courbin, avec application du "système Wheeler" (ici des carrés de 4 X 4 m. séparés par des banquettes de 1 m. de large).

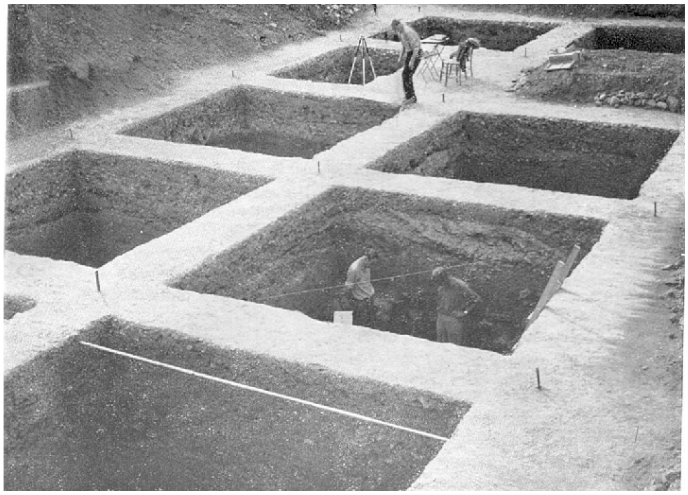


fig. 8: la méthode Wheeler : des chantiers au carré

Wheeler a formé de nombreux archéologues en Grande Bretagne, en Inde et au Pakistan, qui prolongent son œuvre. En particulier Kathleen Kenyon, citée plus haut, qui après avoir travaillé avec lui sur le site de Verulamium en Angleterre dans les années 1930, dirige les fouille de Jéricho à partir de 1952, faisant ainsi passer les fouilles de tells du stade « protostratigraphique » précédent à une approche de stratigraphie systématique. Elle publie, elle aussi, des ouvrages méthodologiques (Kenyon 1952) ; E. Harris (1979) a souligné son apport, en particulier l'idée, annonçant le concept de « négatif », que la stratigraphie doit prendre en compte les faits témoignant d'une érosion (fosses, fossés, tranchées…) qui ne sont pas des strates (dépôts) au sens strict.

La tradition wheelerienne en France

Du côté de l'archéologie française métropolitaine non préhistorique, quelques fouilleurs commencent dans l'après-guerre à donner une grande importance à la stratigraphie, ainsi Jean-Jacques Hatt (1913-1996) à Strasbourg (Ferdière 1980), ou Michel de Boüard (1909-1989) dès 1951 sur le site du Hague Dike en Normandie (Chapelot, Gentili 2006). Mais c'est surtout à l'archéologue helléniste Paul Courbin (1922-1994) que l'on doit d'avoir popularisé la méthode Wheeler, et donc la fouille stratigraphique jusque là peu mise en oeuvre. C'est d'abord au sein de l'Ecole française d'Athènes que Courbin introduit cette méthode dans les années 1950, en rupture avec les pratiques précédentes qu'il dénonce avec vigueur (Courbin 1963). Il la diffuse ensuite par son enseignement à l'Ecole Pratique des Hautes Etudes. Dans ce dernier cadre, paraît en 1963, sous sa direction, un recueil méthodologique *(Etudes archéologiques*), d'une pluridisciplinarité d'avant–garde, comprenant, outre une contribution de Courbin lui-même consacrée à une démonstration d'utilisation de la méthode Wheeler sur les fouilles d'Argos (Courbin 1963), un article d'André Leroi-Gourhan (1911-1986) qui – avec un décalage par rapport à la vision wheelerienne, que P. Courbin tente de limiter dans son avant-propos – préconisait déjà une lecture spatiale plutôt que verticale de la stratigraphie (Leroi-Gourhan 1963).

Dans le rôle de « passeur » ayant assuré la diffusion de l'approche stratigraphique au sein de l'archéologie historique métropolitaine, outre Paul Courbin, il faut mentionner le rôle important de l'historien et archéologue Michel de Bouärd (1909-1989) évoqué plus haut, fondateur (en 1955) et animateur du Centre des recherches archéologiques médiévales de l'Université de Caen. Par l'attention qu'il portait au terrain et à la stratigraphie, avec une vision proche de celle de Wheeler (de Bouärd 1975), il rompait avec la tradition d'étude du seul objet monumental héritée d'Arcisse de Caumont et des historiens et architectes des monuments historiques, plaçant l'archéologie médiévale à la pointes des méthodes de terrain, à travers notamment ses fouilles du château de

Caen (1956-1966) et de la motte de Doué-la-Fontaine (1967-1970).

C'est, en somme, l'apport de Wheeler, relayé et adapté par des chercheurs tels P. Courbin et M. de Bouärd, qui a permis une réelle prise en compte de la stratigraphie dans les pratiques de l'archéologie historique française, où elle était jusqu'alors largement absente. Jusque dans la fin des années 1980, le « système Wheeler » devint ainsi pour la majorité des archéologues français la méthode stratigraphique de référence pour les sites non préhistoriques (de Boüard 1975 ; Frédéric 1978 ; Gaucher 1990 ; Gallay 1986, etc.).

1.2.6. Caractères généraux de la stratigraphie classique : la primauté de la vision en coupe

La référence : la coupe

De la vision des préhistoriens du XIXe siècle puis de celle de Wheeler, résulte la stratigraphie classique, dont l'élaboration est achevée vers le milieu du siècle dernier. Elle est d'abord un outil chronologique, qui repose sur la coupe de terrain. Celle-si remplit trois fonctions : sa lecture assure l'identification des relations stratigraphiques et la définition des couches ; son relevé dessiné constitue d'abord l'enregistrement (au stade de la minute de terrain), puis la représentation (au stade du relevé mis au net) de la chronologie stratigraphique. Concentrant ces fonctions d'identification, d'enregistrement et de représentation de la stratigraphie, la coupe est donc naturellement « de référence ».

Cette notion de coupe de référence, très présente chez les préhistoriens et démultipliée par Wheeler pour les sites plus récents, repose fondamentalement sur la perception de la stratification anthropique comme un processus de superposition simple de dépôts plus ou moins horizontaux, dont la succession est donc aisément repérable par une lecture perpendiculaire, verticale. Ce modèle sédimentaire d'accumulation simple, celui par exemple de l'accumulation naturelle de couches de loess ou d'alluvions piégeant des vestiges paléolithiques en place, est hérité des géologues préhistoriens et fondé sur les principes géologiques de superposition et d'horizontalité originelle. Bien sûr, Wheeler n'ignore pas les phénomènes d'érosion (tels les creusements de tranchées de fondation ou de récupération des murs) ou d'aménagements s'opposant à la gravité (tels les murs eux-mêmes), qui dans les stratifications anthropiques vont à l'encontre de ce processus d'accumulation de dépôts horizontaux ; mais, malgré leur fréquence, ces phénomènes restent intellectuellement considérés comme des accidents ponctuels, des exceptions à la règle d'une sédimentation gravitaire et régulière. En effet, c'est ce modèle de sédimentation régulière qui permet de « translater » ou « d'extruder » virtuellement la stratification relevée en coupe pour l'appliquer au volume fouillé bordé par celle-ci, et en particulier aux objets mobiliers recueillis. Par rapport à ce volume fouillé, la coupe est ainsi, en quelque sorte, l'étagère contre le mur où l'on peut ranger tout ce que l'on trouve dans la pièce.

La coupe et l'organisation de la fouille : une vision doublement verticale

Cette primauté de la coupe détermine la conduite de la fouille et l'organisation du chantier. L'introduction de la stratigraphie amène un changement de nature de la fouille : celle-ci n'est plus une opération de terrassement où l'archéologue intervient seulement après une découverte remarquable ; elle doit désormais être suivie attentivement par celui-ci.

La méthode Wheeler amène néanmoins une distinction entre le temps de la fouille proprement dite et celui de l'identification des relations et unités stratigraphiques : les fouilleurs ne sont pas supposés effectuer eux-mêmes, au fur et à mesure de la fouille, les observations stratigraphiques. Aussi avant chaque intervention de l'équipe de fouille principale, des sondage limités sont pratiqués (sondages

de contrôle), dont les coupes fournissent une stratigraphie « prévisionnelle » afin de guider la fouille - précaution jugée indispensable car sans cela « … *ni le chef de chantier, ni ses fouilleurs qui travaillent aveuglément à partir de la surface, ne peuvent éviter la confusion entre la partie inférieure d'une couche et le haut de la précédente.* » (Wheeler 1954, 1989 p.83) ; puis, après un temps de fouille, le relevé des coupes laissées sur le bord est effectué. Dans les deux cas, une fois les coupes dressées, c'est le rôle de l'archéologue lui-même – aidé de ses adjoints immédiats – que de lire la coupe et d'en guider le relevé. Wheeler et ses successeurs insistent sur cette responsabilité du directeur des fouilles par rapport à cette tâche cruciale de lecture et d'interprétation des coupes.

Pour Wheeler les coupes sont donc nécessaires en raison de l'impossibilité d'observer des relations stratigraphiques depuis la surface de fouille[38] ; mais cette dualité du déroulement de la fouille avec un temps d'expertise et d'interprétation – la lecture stratigraphique par l'archéologue – séparé du temps d'exécution – la fouille proprement dite, laissée aux ouvriers – amène à soupçonner, derrière l'affirmation d'ordre général de Wheeler, un effet de la gestion du personnel et de la hiérarchie des tâches sur les chantiers wheeleriens : les unités et relations stratigraphiques sont mieux vues en coupe, car c'est l'archéologue lui-même qui les lit en prenant le temps de le faire, sur une surface verticale soigneusement préparée ; et elles sont moins visibles en « plan » (c'est-à-dire sur les surfaces fouillées, au fur et à mesure de la fouille) car c'est le lieu d'activité des ouvriers de fouille, dont le rôle et la compétence ne sont pas de chercher ni d'identifier des limites stratigraphiques[39].

La coupe de référence, dont le système Wheeler est la mise en application la plus systématique, apparaît ainsi liée à un modèle d'organisation du travail qui n'est pas encore celui de la répartition des compétences au sein de procédures collectives, mais qui reste plus traditionnellement celui de la concentration de la compétence en la personne d'un maître unique. La coupe et sa lecture expriment – en même temps mettent à l'épreuve – l'autorité du directeur de la fouille, et la relation de maître à disciples existant entre ce directeur et ses adjoints (qui dans l'esprit de Wheeler sont des étudiants avancés plus que des professionnels – Wheeler 1954, 1989). C'est bien cet aspect que l'on trouve derrière l'argumentation de Michel de Bouärd – par ailleurs ouvert aux nouvelles approches « post-wheeleriennes » – lorsqu'il défend ainsi la méthode Wheeler : « *Il arrive, dans les sols urbains par exemple, que la fouille menée selon la méthode Wheeler offre, en un profil haut de 3 à 4 mètres formant la paroi d'un carré, une vue diachronique de tout le développement de la ville; pareil document est rigoureusement irremplaçable. L'expérience montre, d'autre part, qu'il possède une rare valeur pédagogique ; combien de vocations d'archéologues sont nées devant un tel profil commenté avec pertinence ?* » (de Boüard 1975 p. 206). La coupe stratigraphique, ou l'indispensable tableau noir où le professeur inscrit ses démonstrations à l'intention de ses étudiants, transposant de l'amphithéâtre au terrain le rôle magistral qui est le sien et qu'il se doit d'assumer [40]…

La place marginale de la vision non verticale

La possibilité d'identification « hors coupe » de contextes et de structures marquées seulement par des différences ténues de nature de terrain n'est cependant pas ignorée de Wheeler, ni des archéologues britanniques des années 1930. Wheeler mentionne favorablement (1954, 1989) les travaux de Bersu, cite en exemple la reconnaissance en surface de trous de poteau et traces de

38 « …*on doit toujours « contrôler » la stratification, de par sa nature même, verticalement, c'est à dire à partir de la paroi du sondage de contrôle, puisqu'on ne peut évidemment pas la « contrôler » prophétiquement depuis le sommet.* » (Wheeler 1954, 1989 p.83) – on retrouve dans cette affirmation le postulat d'une stratification essentiellement gravitaire, par superposition de dépôts horizontaux.

39 Surface de fouille qui par ailleurs, dans ce type d'organisation, ne bénéficie pas forcément du même soin que la coupe pour en assurer la lisibilité, parfois même au contraire ; par exemple, l'auteur de ces lignes se souvient qu'il y a une petite trentaine d'années, jeune fouilleur sur un chantier d'obédience vaguement wheelerienne (comme, à l'époque, beaucoup de fouilles de sites gallo-romains), il usait intensivement de la balayette pour nettoyer les surfaces de fouille, rendant celles-ci aussi propres qu'illisibles, alors qu'il aurait jugé saugrenu de brosser énergiquement une coupe…

40 Précisons, concernant Michel de Boüard, qu'il fut un vrai grand maître et un homme d'exception, pas seulement dans le domaine de l'archéologie, comme suffit à le montrer sa biographie (Pressouyre 1990).

sablières basse sur le site romain de Richborough fouillé en 1930, ainsi que la fouille en 1939 du navire de Sutton Hoo, dont le volume a été retrouvé par une fouille fine en suivant l'interface laissée par la coque disparue, préfigurant le principe de la fouille en aire ouverte ou celui du « décapage optimal » d'André Leroi-Gouhan (Leroi-Gourhan 1984). Pourtant, ces exemples, au fond, démentent le postulat de l'identification des limites de couches nécessairement liée à la coupe. Mais Wheeler ne les analyse pas en termes de méthode stratigraphique, et se contente, pragmatiquement, de les considérer comme des cas particuliers. L'apport de cette vision « hors-coupe » issue on l'a vu de l'archéologie protohistorique d'Europe du Nord, reste donc marginal dans la conception classique de la stratigraphie héritée des préhistoriens, qui demeure dominée par la coupe et la lecture verticale.

Le bateau de Sutton Hoo (sépulture princière du VI e siècle, Suffolk) en cours de fouille en 1939 ; le bois du bateau a disparu et la forme de celui-ci n'est plus matérialisée que par les clous et un fin liséré formant une limite dans le sédiment. Cette limite n'est pas lue sur une coupe ; comme dans une actuelle fouille en aire ouverte, le sédiment de comblement est intégralement fouillé et sa base est reconnue " depuis le haut", par le fouilleur, en suivant l'interface avec la couche inférieure au fur et mesure de la fouille (celle-ci n'est pas achevée : une partie du sédiment de colmatage est encore visible au fond). Wheeler en citant cette fouille, manifeste à la fois son ouverture d'esprit, et une certaine contradiction intellectuelle : ici se trouve démentie en effet l'affirmation que " La règle doit être : d'abord fouille verticale, puis fouille horizontale " et que " ... ni le chef de chantier, ni ses fouilleurs qui travaillent aveuglément à partir de la surface, ne peuvent éviter la confusion entre la partie inférieure d'une couche et le haut de la précédente. " (Wheeler 1954, 1989).

fig. 9: Sutton Hoo 1939 : déjà la fouille stratigraphique en aire ouverte (photo reproduite dans Daniel 1981 p.179)

1.3 Le temps lu dans l'espace : la stratigraphie archéologique tridimensionnelle

En systématisant l'observation stratigraphique, la méthode Wheeler a représenté un progrès considérable. Mais, exclusivement basée sur la lecture verticale, elle se heurte à des difficultés : sur les sites urbains à stratification dense, le réseau des coupes, aussi serré soit-il, apparaît impuissant à rendre compte de toutes les relations ; par ailleurs, la nécessité d'implanter des coupes crée une opposition entre la stratigraphie et la vision spatiale, alors que cette dernière est fortement mise en avant, dans les années 1960, par de nouvelles approches de terrain en archéologie préhistorique et du Néolithique. S'insérant dans ce mouvement, une nouvelle méthode de fouille stratigraphique, « l'aire ouverte », est expérimentée dans les années 1960 à Winchester. Recourant à la fouille intégrale du terrain et à un enregistrement stratigraphique continu en coupe et en plan, l'aire ouverte permet de passer de la lecture exclusivement verticale de la stratigraphie à une lecture tridimensionnelle plus complète, dans l'ensemble du volume fouillé (1.3.1). Mais un problème d'exploitation des données se pose alors : comment représenter commodément la chronologie stratigraphique ainsi enregistrée ? Edward Harris apporte en 1973 une solution : la *Harris Matrix* (ou diagramme stratigraphique), graphe exprimant l'intégralité de cette chronologie stratigraphique. Pour concevoir ce graphe, il était nécessaire de redéfinir précisément les concepts de relation et d'unité stratigraphiques, ce qui amène E. Harris à proposer un nouveau modèle stratigraphique basé sur les notions d'interface et de bassin sédimentaire artificiel, envisageant l'Homme comme agent de modification du relief (1.3.2). Ce renouvellement de la méthode de fouille et des conceptions stratigraphiques entraîne rapidement celui de l'enregistrement textuel et graphique de terrain, réorganisé autour de la notion de *context* (ou unité stratigraphique) (1.3.3). Ainsi mise au point dans son pays d'origine, cette approche du terrain se diffuse ensuite à l'extérieur ; elle est introduite en France dès les années 1970, mais se répand surtout à la faveur du

développement de l'archéologie préventive urbaine à partir des années 1980 (1.3.4). Aujourd'hui, cette approche constitue l'état de l'art de la stratigraphie archéologique. Cependant, elle n'est pas partagée par tous les archéologues ; et, comme la méthode Wheeler en son temps, elle se heurte à son tour à des limites, y compris sur son terrain de prédilection : son ambition de restituer le processus historique de constitution des sites urbains est parfois mise en échec, notamment face aux « terres noires » (1.3.5). Parallèlement, l'enregistrement des données de terrain s'est informatisé grâce aux micro-ordinateurs, mais les essais d'automatisation de leur traitement, en particulier la réalisation du diagramme stratigraphique, restent limités (1.3.6).

1.3.1. La naissance de l'aire ouverte urbaine : la lecture stratigraphique au delà de la coupe (1965-1977)

Quand la coupe de référence déborde… Le problème des sites urbains à stratification complexe

La méthode Wheeler, malgré son caractère systématique, n'a pas résolu toutes les difficultés posées par les sites de type urbain, densément stratifiés. Sur ces sites, l'occupation de longue durée marquée par un grand nombre de structures se succédant et se recoupant au même endroit génère d'importantes variations de stratification dans les trois dimensions, de sorte que, quelle que soit l'implantation des coupes, un grand nombre de contacts stratigraphiques se situent hors de leurs axes : en premier lieu dans les espaces fouillés entre les coupes ; mais aussi sous les banquette séparant les carrés de fouille du système Wheeler. Une critique fréquemment faite à ce dernier est, en effet, la présence possible de structures ou murs dissimulés dans ces banquettes (Jockey 1999). Plus généralement, celles-ci rendent plus difficile la compréhension de l'organisation en plan des structures, et nuisent à la perception de la stratigraphie car elles masquent à la fois des contacts entres couches, et des continuités de couches. Sur ce type de site, c'est ainsi la notion de coupe de référence qui est mise en échec, aucune coupe ne constituant une référence plus de quelques dizaines de centimètres de part et d'autres de son axe ; les relevés de coupe, seuls documents d'enregistrement stratigraphique, ne sont qu'un échantillon incomplet, réduit à des plans verticaux, de la structure tridimensionnelle de la stratification[41].

(extrait de Courbin 1963) ; malgré l'apparente simplicité de la stratigraphie, l'interruption de vision entrainée par la présence des banquettes gêne le suivi des unités stratigraphiques (en particulier les sols successifs - II à V - distingués par le fouilleur).

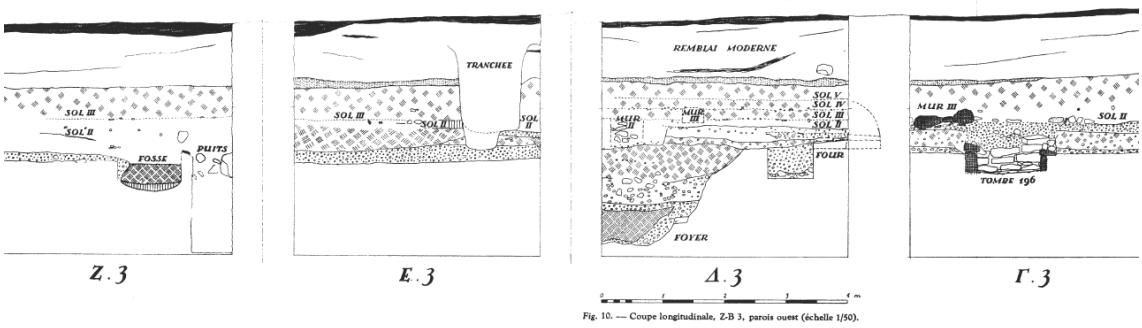


fig. 10: Les limites du système Wheeler : la stratification morcelée par les banquettes

A ces limites touchant à l'identification et à l'enregistrement, s'ajoute le problème de la représentation de la stratigraphie, troisième fonction traditionnelle de la coupe. Toujours dans ces cas de stratification dense, on obtient en effet un jeu de coupes malaisé à exploiter, d'où il est difficile de dégager une vision chronologique d'ensemble, ou à l'inverse de percevoir la situation

41 Les problème que pose cette prise en compte incomplète de la stratification par les coupes sont évoqués par Wheeler lui-même : « … *on doit se référer constamment à la stratigraphie des parois des carrés… Lorsqu'on constate une discordance notable entre ces parois, ou entre celles qui leur correspondent dans les carrés voisins, on doit réfléchir au problème et chercher une explication…* » (Wheeler 1954, 1989 p.83)

d'une couche particulière par rapport à cette chronologie d'ensemble. Enfin, outre cette représentation peu efficace de la chronologie relative, la représentation graphique des strates et structures sur les axes de coupe du système Wheeler peut ne pas fournir une bonne image de leur profil, l'orientation de ces axes étant liée à celle du carroyage implanté a priori, et non déterminée en fonction de chaque structure rencontrée[42].

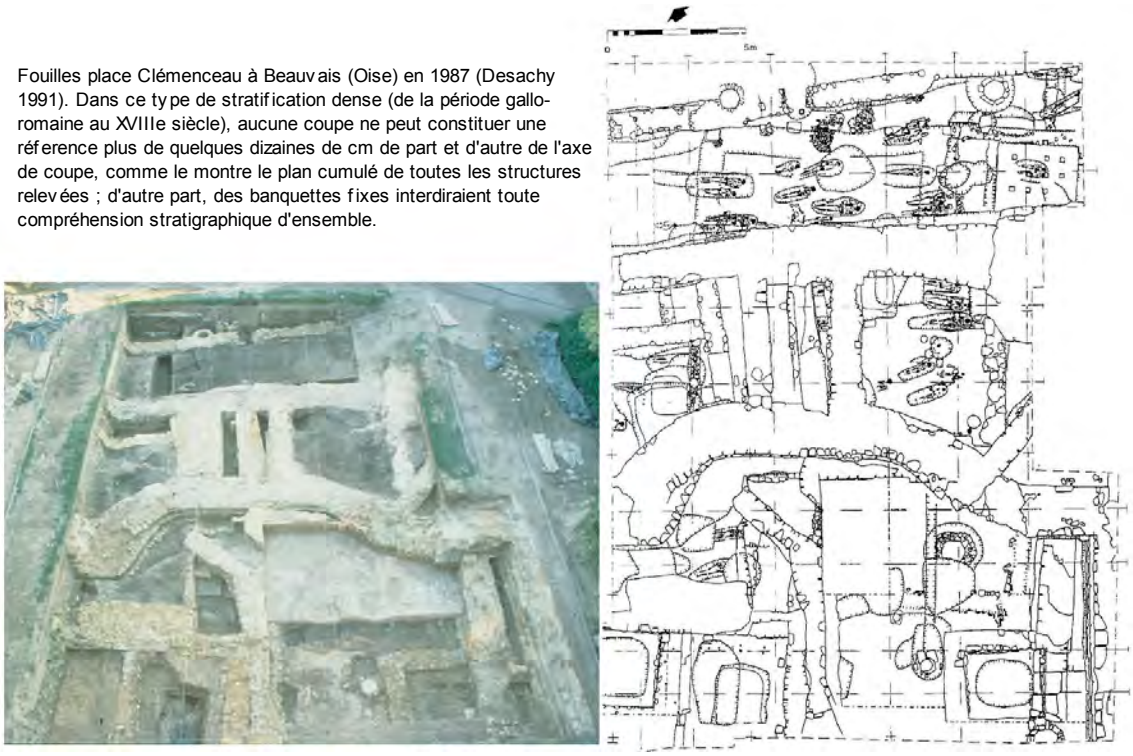


fig. 11: la coupe, référence impossible en stratification dense

Ces défauts, moins sensibles sur des sondages ou des fouilles de faible surface et dans des cas de stratification se rapprochant du modèle de simple superposition des couches, se sont révélés véritablement gênants lors des premières grandes fouilles urbaines de sauvetage, dans les années 1960, en Grande Bretagne, lorsqu'il a fallu traiter de grands volumes et de grandes surfaces de stratification anthropique extrêmement dense.

le développement de l'analyse spatiale et la remise en cause de la vision verticale

Plus largement, au delà des sites urbains, l'évolution des méthodes de fouille sur les sites préhistoriques et néolithiques, en donnant la primauté à la vision et l'analyse spatiale, a remis en cause à partir des années 1960 la suprématie de l'approche stratigraphique traditionnelle (c'est à dire verticale).

Première composante de ce mouvement, la méthode des grands décapages. Issue de l'approche spatiale qui était déjà celle des protohistoriens d'Europe du Nord depuis le début du XXe siècle, en particulier de Gerhard Bersu (cf. 1.2.3), elle connaît un grand développement à partir des années 1950, en recourant à des moyens mécanisés, telles dès 1955 les fouilles de Werner Krämer sur l'oppidum de Manching en Bavière (Collis 2001). La méthode est systématisée par Bohumil Soudsky (1922-1976) sur les fouilles du site néolithique de Bylany (République Tchèque) à partir de 1953, puis en France dans la vallée de l'Aisne à partir de 1973. Ces fouilles de sauvetage dans les

42 Dans certains cas, l'inadaptation de l'axe de coupe peut entraîner des contradictions apparentes et des fautes d'interprétation stratigraphique (par exemple une structure excavée partiellement en sape – telle un silo piriforme – prise en tangente par la coupe, dont la lecture peut suggérer la postériorité de la couche apparaissant comme supérieure au remplissage de la fosse piriforme, alors qu'elle est en fait recoupée par cette fosse.

gravières de la vallée de l'Aisne, dirigées par Jean-Paul Demoule après le décès de B. Soudsky, ont été le lieu de diffusion en France de la méthode des grands décapages. Bien adaptée à l'archéologie préventive grâce à la rapidité d'exécution qu'autorise la mécanisation (la pelle mécanique est intégrée dans la panoplie des outils de fouille), très efficace sur les sites érodés et à stratification anthropique discontinue (cas de figure très fréquent en milieu rural du fait des labours), et permettant une échelle de vision au niveau du site et même du paysage dans lequel s'insère le site, cette approche est aujourd'hui celle de la majorité des opérations archéologiques de terrain en milieu rural

L'identification stratigraphique y suit une logique nécessairement inverse de celle de Wheeler : d'abord en plan (identification des structures – fosses, trous de poteaux, etc. – et des recoupements entre structures) et ensuite, éventuellement, en coupe, sous forme non pas de coupes générales de référence, mais de coupes locales dans les structures. Cette primauté de la vision spatiale appliquée à la stratigraphie est parfois exprimée par la formule « stratigraphie horizontale ». B. Soudsky a proposé une formalisation de l'enregistrement de ces relations stratigraphique perceptibles en plan (recoupements ou contiguïtés entre structures), précédant ainsi E. Harris dans l'axiomatisation de la stratigraphie (Soudsky 1970 ; Jaulin 1978 ; Demoule, Cleuziou 1980).

Un deuxième courant méthodologique remet fortement en cause, à partir des années 1960, la prédominance de la vision stratigraphique verticale : celui initié sur les fouilles préhistoriques menées par André Leroi-Gourhan (1911-1986). Avant même ses célèbres fouilles de Pincevent, A. Leroi-Gourhan avait déjà mis en évidence des sols et des aménagements de surface paléolithiques à Arcy-sur-Cure (notamment dans la Grotte du Renne, à partir de 1956 – Leroi-Gourhan 1961) et proposé de généraliser ce type de fouille avec un enregistrement stratigraphique assuré par le repérage successif des niveaux de sol au fur et à mesure de la fouille, devançant ainsi le principe de la coupe cumulative énoncé plus tard par Philip Barker (*cf* plus loin), et rompant avec la stratigraphie strictement verticale traditionnelle des préhistoriens (Leroi-Gourhan 1963).

Les conditions de conservation remarquables du site paléolithique de Pincevent (dont la fouille débute en 1964), en bordure de Seine, où les limons déposés par les crues annuelles ont fossilisé les traces de campements de chasseurs magdaléniens, permettent à Leroi-Gourhan de développer son approche en systématisant la notion de « sol d'occupation » : elle comprend l'identification de la surface sur laquelle a vécu le groupe étudié, et l'examen de la répartition de tous les vestiges et éléments disposés sur cette surface. Cette répartition peut faire apparaître des structures artificielles évidentes (foyers par exemple), mais aussi des « structures latentes » lisibles indirectement (nappes de déchets formant des « effets de paroi » indiquant l'emplacement de couvertures de tentes par exemple), ainsi que les traces et l'organisation des activités (taille du silex en particulier). Le processus d'identification de telles surfaces s'oppose au postulat wheelerien de « vision verticale d'abord » : l'approche est horizontale, spatiale et progressive (« décapage d'approche », puis « décapage optimal ») (Leroi-Gourhan 1971 ; 1984 ; Leroi-Gourhan, Brézillon 1972). Cette analyse spatiale très fine, intensive, qualifiée de « fouille ethnographique » par sa capacité à restituer (quand les conditions de conservation du site s'y prêtent) les traces des activités et de la vie quotidienne de la société étudiée, est en quelques sortes le pendant méthodologique de l'approche spatiale large, extensive, dans laquelle s'inscrivent les fouilles en grand décapage.

L'importance prise par ces nouvelles approches spatiales à partir des années 1960 et 1970 ne permet plus de les considérer comme des cas particuliers, exceptionnels, en marge d'une méthode de terrain principale qui serait en priorité une lecture stratigraphique et verticale. La vision spatiale qui se développe ainsi s'articule mal avec le paradigme classique de la lecture verticale de la stratigraphie. Une contradiction inhérente à la stratigraphie classique se trouve ainsi mise en évidence, que Wheeler n'est pas parvenu à réduire : l'opposition plan/coupe ; c'est à dire l'antagonisme entre la nécessité d'une vue spatiale (« en plan ») pour comprendre les structures, et la vue en coupe conçue comme moyen exclusif de percevoir la stratigraphie, donc la chronologie relative des structures.

L'expérience de Winchester : l'aire ouverte et l'intégration de la stratigraphie dans le processus de fouille.

Pour s'affranchir des limites de la stratigraphie verticale, le *Winchester research unit* (l'équipe des fouilles urbaines britanniques de Winchester, entamées en 1961 et dirigées par Martin Biddle) adopte dans les années 1960 une nouvelle méthode de fouille dite en aire ouverte (*open area*), exposée dans *Meters, areas and robbing*, article méthodologique de Birthe et Martin Biddle paru en 1969[43], qui s'insère de fait dans le mouvement évoqué ci-dessus, de priorité donnée à la vision spatiale. Toute la surface du terrain est d'abord décapée jusqu'au niveau où affleurent les premières couches et structures archéologiques, permettant ainsi d'identifier en surface les limites de celles-ci. Puis la fouille s'effectue dans l'ordre stratigraphique, c'est-à-dire dans l'ordre inverse du dépôt des couches, en commençant par la plus récente, et en la fouillant complètement suivant ses limites ; et ainsi de suite.

La fouille permet ainsi une vision spatiale et synchrone du terrain : à chaque moment, l'état du terrain reflète une étape donnée de la chronologie stratigraphique, les couches postérieures à cette étape étant déjà fouillées, et les couches antérieures étant encore en place. A la fin de la fouille de chaque couche, l'identification des prochaines couches à fouiller – les plus récentes en l'état du terrain alors atteint – peut s'effectuer sur la surface de fouille dans les meilleures conditions car plus rien ne masque leurs limites (toutes les couches postérieures ont été ôtées).

L'*open area* implique donc une lecture stratigraphique non plus exclusivement verticale, mais étendue à toute la surface de fouille. B. et M. Biddle proposent néanmoins le maintien de coupes ; cependant les banquettes fixes de Wheeler sont supprimées, remplacées par de plus petites banquettes n'excédant pas 25 cm de large. Celles-ci ne sont pas permanentes, mais fouillées au fur et à mesure de l'avancement du chantier, en décalage avec le reste du terrain, afin d'assurer le suivi et l'enregistrement stratigraphique des couches en cours de fouille. La largeur et la hauteur limitées de ces banquettes, leur caractère provisoire et lié au mouvement de la fouille, réduisent considérablement les inconvénients des banquettes du système Wheeler[44]. Des coupes locales peuvent par ailleurs être implantées afin de caractériser une structure, une fois celle-ci définie en surface, et en fonction de sa disposition.

Des coupes à l'ensemble du volume fouillé, le passage en trois dimensions de l'identification stratigraphique

On pourrait résumer l'aire ouverte en « vision en plan d'abord, vision en coupe ensuite », inversion de la formule wheelerienne « d'abord fouille verticale, puis fouille horizontale » (Wheeler 1954, 1989, p.83). Cependant, ramener la différence entre fouille en aire ouverte et fouille stratigraphique classique à l'opposition plan / coupe évoquée ci-dessus est quelque peu inexact : d'abord, comme on vient de le voir, la fouille en aire ouverte n'exclut pas l'usage de coupes de terrain ; et surtout, la lecture stratigraphique en aire ouverte ne s'effectue pas « en plan » (sauf au tout début de la fouille après le premier décapage), mais en suivant les limites des couches. Ces limites peuvent être horizontales (surface de sol…), mais aussi de toute autre disposition (parois verticales de murs ou de fosses par exemple). La surface de fouille résultant de la combinaison des limites des couches fouillées, qui est en même temps la surface d'identification et de lecture des unités stratigraphiques, n'est par conséquent ni un plan ni une coupe, mais une surface tridimensionnelle complexe.

Le véritable changement d'approche est donc le passage de l'identification stratigraphique bidimensionnelle, fondée exclusivement sur la lecture de coupes perpendiculaires aux limites de

43 Le titre étrange de cet article vient de ce qu'il proposait, outre la présentation de la fouille en aire ouverte, l'usage de coordonnées métriques pour remplacer le carroyage alphanumérique traditionnel (*meters*), ainsi qu'une réflexion sur la fouille et l'interprétation des traces de récupération de matériaux (*robbing*) (Biddle, Biddle 1969)

44 Rappelons que Wheeler lui-même, homme de terrain d'esprit plus pratique que doctrinaire, admettait dans certains cas la possibilité d'éliminer les banquettes afin d'obtenir une vision spatiale du site, qu'il qualifiait de « fouille horizontale » ; il approuvait ainsi l'approche en grand décapage de G. Bersu (*cf.* 1.2.4) : « *il est bon de se dire qu'avec une simple fouille verticale, la signification réelle de Little Woodbury nous aurait presque entièrement échappé* » (Wheeler 1954, 1989 p.150).

couches, et distincte des temps de fouille proprement dite, à une identification tridimensionnelle, donnant la priorité à une lecture stratigraphique inhérente à la fouille elle-même, dans un processus continu de recherche et de suivi des limites de couches.

(photo extraite de de Bouärd 1975 p.221)

Les larges banquettes du système Wheeler sont supprimées, au profit de banquettes minces provisoires (encore en place sur la partie gauche de la photo) permettant une vision spatiale du terrain.

L'aire ouverte n'est pas un retour aux grands dégagements : les structures construites (ici un mur et un puits) ne sont qu'une petite partie des traces observées ; les vestiges plus ténus sont reconnus spatialement avant de l'être en coupe : par exemple, ici, la fosse dans laquelle la mire est posée, au centre de la photo, et les lambeaux de sol qu'elle recoupe.

Comparée à la figure 8 (p.37) ci-dessus, cette photo montre aussi que la vision offerte par l'aire ouverte est d'abord celle des structures archéologiques et de la stratification, et non d'abord celle du quadrillage que l'archéologue leur surimpose.

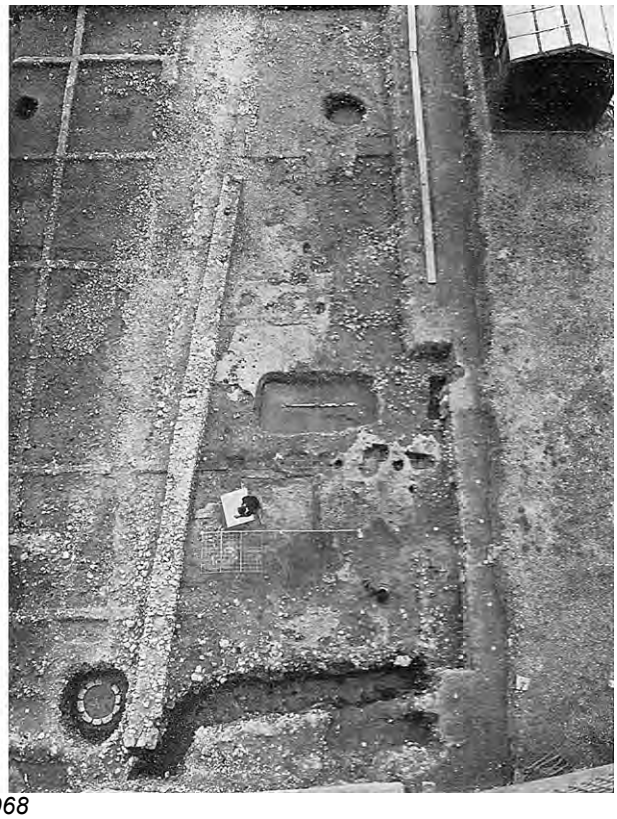


fig. 12: fouille en aire ouverte à Winchester en 1968

Les résultats de ce type de fouille montrent que l'idée d'une perception des limites stratigraphiques impossible ou nécessairement plus mauvaise hors des coupes n'est pas justifiée, dès lors, comme le précisent B. et M. Biddle, que la surface de fouille est traitée avec autant de soin et de compétence que ne l'était la coupe dans une fouille wheelerienne.

Philip Barker, autre grand pionnier de la fouille en aire ouverte (notamment sur les fouilles de Wroxeter), auteur en 1977 de *Techniques of archaeological excavations* – manuel qui, après l'article fondateur de B. et M. Biddle, est l'ouvrage de référence pour cette méthode – va plus loin et minimise l'importance des coupes dans l'identification de la stratigraphie : « *mon opinion est que si une coupe… révèle des relations stratigraphiques non détectées en fouille horizontale, alors c'est que la fouille était mauvaise… beaucoup de couches, facilement observées en plan, ne peuvent être vues en coupe... Il s'ensuit que tant que la fouille horizontale est assez attentive, elle peut recueillir plus d'information que ce qui peut être vu en coupe* » (Barker 1977, 1993, p.113). Ce qui le conduit à proposer une fouille en aire ouverte intégrale, sans banquette, l'enregistrement de l'image du terrain vu en coupe étant assuré par des relevés dits cumulatifs (*cumulative section*) : les profils de base de chaque couche fouillée sont relevés sur des axes définis ; l'ajout successif de ces profils sur chaque axe montre en dessin la coupe complète qui n'a pas été matérialisée dans le terrain (Barker 1977, 1993).

L'enregistrement stratigraphique est ainsi multiplié, car composé non seulement des coupes, mais aussi des plans ; ceux-ci en effet, pour M. et B. Biddle, doivent enregistrer tous les éléments signifiants du terrain, et être aussi détaillés et relevés avec le même soin que les coupes : « *the plans ought to be as detailed and sensitive record of the site as the sections naturally are* » (Biddle, Kjolbe-Biddle p.213). Les auteurs proposent pour cela le système, repris depuis sur la plupart des fouilles urbaines, des plans superposables sur film plastique (1969).

1.3.2. La création de la *Harris Matrix* et ses conséquences méthodologiques (1973- 1979)

Un nouvel outil synthétique pour la chronologie stratigraphique

Le problème posé par le traitement de cette abondance de documentation stratigraphique va se trouver à l'origine d'un renouvellement des concepts de l'analyse stratigraphique. Cette nouvelle formulation de la stratigraphie est due essentiellement à l'archéologue britannique Edward Harris.

En effet, celui-ci, membre du *Winchester research unit* depuis 1967, est chargé à partir de 1973 de dépouiller les données d'une fouille importante (*Lower Brook Street*). Il se heurte alors au problème de la représentation de l'information stratigraphique, auquel, sur ce site densément stratifié, ni les coupes (comme on l'a vu), ni le plan complet des structures (que leur superposition rend illisible[45]) ne fournissaient de solution satisfaisante. Pour exprimer exhaustivement et le plus clairement possible la chronologie stratigraphique, E. Harris recourt à un schéma où figurent les couches et les relations sous forme d'étiquettes et de traits de liaison. C'est la technique du diagramme stratigraphique (*Harris Matrix*), conçue dès 1973 (Harris 1992, Harris 1998), publiée dans un article de *World Archaeology* (*The stratigraphic sequence : a question of time*) en 1975. Elle repose sur la séparation de la valeur chronologique des relations stratigraphiques (exprimée par le diagramme), et de l'image topographique des couches que les relevés graphiques, plans et coupes, continuent à fournir. Avec la représentation physique des couches sous forme de coupes ou plans, aux deux dimensions du document papier ne pouvaient correspondre que deux dimensions du terrain ; dans le diagramme, l'abandon de l'information topographique pour ne retenir que l'information topologique (d'ordre chronologique) permet de ramener les trois dimensions du terrain aux deux dimensions du papier. Un seul diagramme peut donc représenter l'intégralité de la chronologie relative en fusionnant les données stratigraphiques provenant de plusieurs coupes, plans, ou autres documents, résolvant ainsi l'alternative insatisfaisante entre la complexité de lecture de l'enregistrement graphique « multidimensionnel » (plans et coupes) et les lacunes liées à l'usage des seuls relevés de coupe.

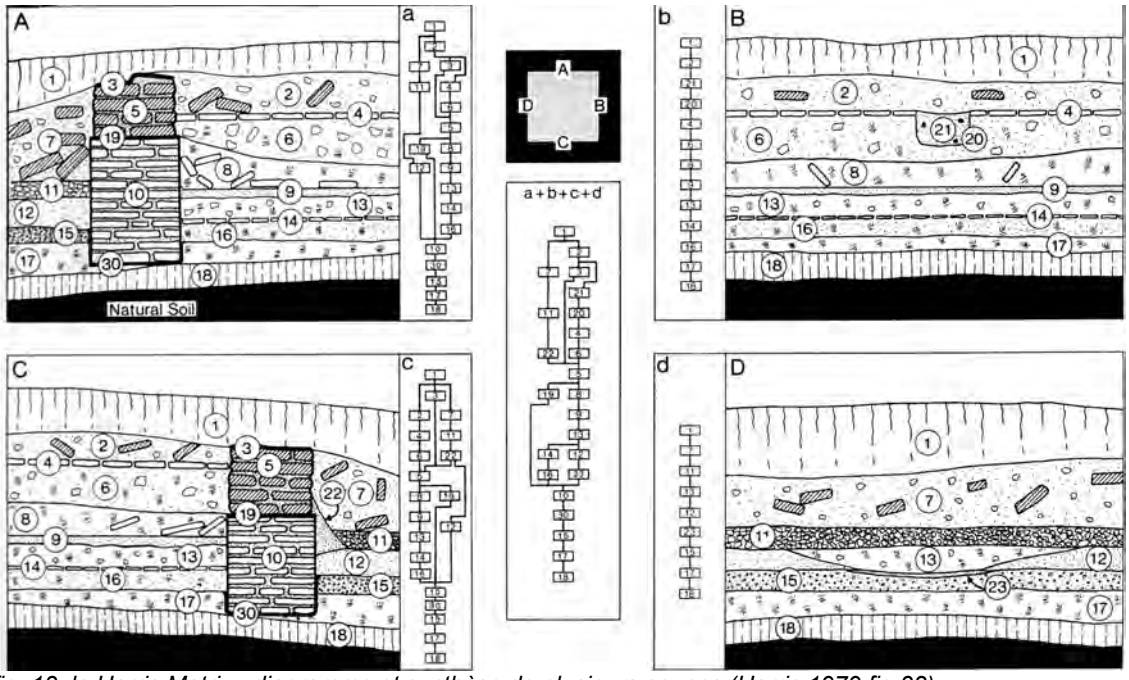


fig. 13: la Harris Matrix : diagramme et synthèse de plusieurs coupes (Harris 1979 fig.32)

Il faut préciser que ce nouvel outil n'est pas totalement une innovation. Comme nous le verrons

45 A la différence des sites érodés fouillés par grands décapages, dont des coupes ne peuvent rendre compte que de façon locale, mais où le plan suffit en général à représenter l'ensemble des relations entre couches ou structures.

plus loin, les graphes d'ordonnancement chronologique de tâches – formellement comparables à la *Harris matrix* – étaient, à l'époque de l'invention de cette dernière, utilisés depuis deux décennies dans le monde de l'industrie. En restant dans le domaine de l'archéologie, outre la codification des relations stratigraphiques opérée par Soudsky mentionnée plus haut (mais qui ne comporte pas de mise en graphe), d'autres essais tendant au même principe ont eu lieu : Henri Galinié, dans son mémoire de maîtrise sur le cimetière de Saint-Pierre-le-Puellier à Tours, a proposé dès 1971 un graphe des relations entre sépultures, déterminées à partir des superpositions et recoupements des corps (de Boüard 1975 note 14 p.215 et fig. 35 p.234-235). De même, l'archéologue polonais Henryk Rysiewski a aussi créé un graphe de relations entre sépultures en 1975, indépendamment des premiers travaux de E. Harris (Kobylinski 1993, fig. 4.3 p.64).

Ces représentations d'une stratification tridimensionnelle sont très proches de celle proposée par Edward Harris ; mais l'apport de ce dernier est d'avoir systématiquement représenté ainsi toutes les unités et relations distinguées par le fouilleur, quelque soit leur nature ; et surtout d'avoir conceptualisé cette systématisation.

Le modèle stratigraphique de Harris : un changement de paradigme

En effet, la logique stricte mise en œuvre dans cette représentation formalisée de la stratigraphie n'est pas sans conséquences méthodologiques ; elle conduit E. Harris à développer un véritable modèle d'analyse stratigraphique, avec une volonté d'axiomatisation marquée en particulier par la formulation de quatre « lois » de la stratigraphie. Ce modèle, sur lequel nous reviendrons plus en détail dans le chapitre 2, est exposé principalement dans *Principles of Archaeological Stratigraphy*, l'ouvrage majeur de Harris paru en 1979 (révisé et réédité en 1989).

E. Harris est d'abord amené à préciser la définition des entités observées sur le terrain ; avec en premier lieu la notion d'interface, élément de base de l'identification stratigraphique ; l'interface est la surface de contact entre deux couches, d'où l'on peut inférer une relation stratigraphique. La « couche », est définie d'abord par ces interfaces, en tant qu'unité de terrain antérieure ou postérieure aux autres unités ; c'est seulement ensuite, une fois située stratigraphiquement, que l'on peut lui attribuer une interprétation d'ordre culturel, historique, architectural… Cette priorité initiale de l'identification strictement stratigraphique sur l'interprétation culturelle et historique a pour premier effet d'éliminer tout *a priori* de hiérarchie esthétique ou qualitative dans la perception de la stratification (par exemple l'attention préférentielle portée aux couches « nobles » que sont les vestiges bâtis, au détriment de leur «gangue » sédimentaire…). Toutes les unités de terrain ainsi définies, quelle que soit leur interprétation, ont fondamentalement la même nature : ce sont des unités stratigraphiques, étapes de la mise en place du terrain ; ce qui se traduit par une seule numérotation continue (par ordre de découverte) de ces unités. En cela E. Harris va plus loin que M. Wheeler, chez qui demeurait une distinction initiale entre les vestiges construits (murs, aménagements, etc.), numérotés séparément, et les simples sédiments. Cette notion d'unité stratigraphique (US, suivant l'abréviation française la plus courante), liée à celle d'interface, constitue donc le concept de base de l'analyse du terrain.

Plus profondément, la stratigraphie harrissienne marque un changement de paradigme. En effet, jusqu'à Wheeler compris, la stratification des sites archéologiques est, comme on l'a vu, fondamentalement pensée comme un processus simple d'accumulation et de superposition, s'appliquant uniformément quelque soit le site ou la période. Face à ce « postulat gravitaire », hérité de la géologie des grandes formations sédimentaires naturelles et appliqué aux sites artificiels sans avoir réellement été remis en question (sauf de façon partielle, notamment par la réflexion initiée par M. Wheeler et K. Kenyon sur les phénomènes de récupération), E. Harris considère d'abord le rôle de l'Homme comme agent de transformation du relief, créateur de bassins sédimentaires artificiels, par érosion (fosses, fossés…) et construction (murs, parois…). Les phénomènes

« latéraux » tels les murs ou les tranchées ne sont ainsi plus vus comme des accidents ou des perturbations locales dans une sédimentation par essence régulière, mais au contraire, en tant que limites de bassins sédimentaires artificiels, comme des phénomènes prépondérants et structurants.

E. Harris est ainsi le premier à envisager explicitement la stratigraphie archéologique comme une géomorphologie anthropique, dont l'unité d'analyse – l'US – inclut les dépôts gravitaires, mais aussi les phénomènes d'érosion artificiels (*feature interface*) et d'aménagement de parois (*upstanding strata*) qui définissent ces bassins sédimentaires artificiels (*basin of deposition*). Les traces de l'occupation humaine cessent d'être vues principalement comme le contenu passif de dépôts dont la mise en place est implicitement soumise au relief naturel et à la gravité, mais témoignent en premier lieu de l'occupation humaine comme force agissante, créatrice de relief. Pour E. Harris, ce phénomène de création de ce que l'on pourrait appeler un « anthropo-relief » est un caractère général des sociétés humaines dès leur sédentarisation, qui transcende les différences culturelles et historiques (ce sont les aspects « non-historiques » de la stratigraphie archéologique), et qui a été trop négligé par les sciences de la Terre, la géologie en particulier.

Bien que se voulant non soumise aux particularités culturelles et historiques, cette conception s'inscrit néanmoins dans le temps, en envisageant l'évolution sur le long terme du processus de stratification anthropique. En effet, avec la sédentarisation, puis la « révolution urbaine » (à quoi l'on peut ajouter une troisième étape récente de mécanisation des moyens de terrassements), l'Homme devient un agent de plus en plus puissant de transformation du relief (Harris 1979). Cette action génératrice d'un anthropo-relief (génératrice de bassins sédimentaires artificiels, dans la terminologie de E. Harris) l'emporte progressivement sur les phénomènes de simple dépôt sur un relief préexistant. En effet, sur les sites urbains fortement construits et aménagés, ce sont les accumulations simples de dépôts relevant de la loi de superposition qui constituent des « accidents » localisés, car ils sont systématiquement limités et contenus par des bassins sédimentaires artificiels (fosses, espaces bordés de murs…), eux-mêmes fréquemment recoupés par des « bassins » plus récents. En surface, après décapage, l'aspect typique d'une stratification de ce type est celui d'une « grille » formée de bassins juxtaposés (fréquemment limités par des maçonneries), affectée par une série d'érosions (creusements ou troncatures), et définissant de nombreuses zones d'accumulation différentes, chacune de faible étendue.

Le modèle de Harris, complément méthodologique de la fouille en aire ouverte

La *Harris Matrix* peut être utilisée seulement comme un outil de traitement des données stratigraphiques, par exemple pour synthétiser une chronologie relative à partir des coupes relevées sur les parois de carrés Wheeler. Cependant les concepts développés par E. Harris s'associent préférentiellement à la fouille en aire ouverte. En effet, pour E. Harris, c'est d'abord la délimitation spatiale des bassins sédimentaires artificiels qui détermine la compréhension de la stratification ; délimitation pour laquelle l'approche en aire ouverte et la vision spatiale la plus large possible sont effectivement plus efficaces que la vision verticale donnée par les coupes. De fait, la définition par E. Harris du processus de fouille – « *La fouille stratigraphique est un processus d'enlèvement des couches constitutives du site dans l'ordre inverse de leur dépôt, et cette fouille suit les contours et les formes des couches* » (Harris 1979 p. 54) – est pleinement celle de la fouille en aire ouverte.

Sur le terrain, ce nouvel outil favorise le passage de la vision bidimensionnelle (en coupe) à la vision tridimensionnelle de la stratification. La stratigraphie classique, contrainte par l'usage de la coupe comme seul outil de reconnaissance et d'enregistrement, rend compte d'un terrain densément stratifié de type urbain par une série de plans verticaux juxtaposés (les multiples coupes de référence du système Wheeler), que l'on essaie de translater et que l'on raccorde plus ou moins bien les uns aux autres. L'emploi conjoint de la lecture stratigraphique en aire ouverte et la *Harris Matrix* libèrent le fouilleur de cette contrainte de réduction de la stratigraphie aux deux dimensions des coupes, et

l'autorisent à penser la stratification en trois dimensions, comme une multiplicité de bassins de sédimentation, ou plus généralement de volumes et surfaces issus de la création et de la transformation du relief du site, du fait de l'homme et de ses interactions avec le milieu naturel[46].

1.3.3. La mutation de l'enregistrement de terrain sur les fouilles urbaines (années 1970)

le « single context recording » : l'apparition de systèmes analytiques d'enregistrement

le troisième aspect du renouvellement méthodologique d'ensemble que connaissent les fouilles urbaines britanniques concerne l'organisation de l'enregistrement. La notion de « context » est mise en œuvre à York à partir de 1972 (Carver 2005) ; correspondant à l'unité stratigraphique définie par E. Harris, elle est utilisée par le *Departement of Urban Archaeology* (DUA[47]) du Musée de Londres (créé en 1973 pour réaliser les fouilles préventives rendues nécessaires par les rénovations urbaines de la capitale anglaise). Celui-ci adopte en effet dès 1974 une méthodologie de terrain alliant aire ouverte et stratigraphie harrisienne. (Harris 1979, Spence 1992). Deux outils matérialisent cette nouvelle conception de l'enregistrement : la fiche d'unité stratigraphique, préimprimée, permettant de décrire chaque couche à l'aide de rubriques, comprenant l'indication de ses relation stratigraphiques ; et le *single context plan*, plan de l'extension spatiale (avec les cotes d'altitude de surface) de chaque unité. Fiches et plans individuels des unités stratigraphiques forment les données de base à partir desquelles la chronologie stratigraphique et l'évolution du site sont restituées sous forme de diagramme et de plans par phase. Ils sont en quelque sorte la décomposition analytique, plus aisément manipulable, des anciens cahiers de fouille et fonds de plan de terrain où prenaient place toutes les informations accumulées au fur et à mesure d'une fouille classique. E. Harris lui-même a souligné à plusieurs reprises l'utilité de ce nouveau mode d'enregistrement par unités stratigraphiques (Harris 1979 ; Harris 1992 ; Brown, Harris 1993), apte à prendre en compte les observations stratigraphiques effectuées sur l'ensemble du volume fouillé.

Après l'apparition de la fouille en aire ouverte et celle du diagramme stratigraphique, le *single context recording* vient compléter les outils formant la méthode stratigraphique en aire ouverte, ainsi élaborée du milieu des années 1960 à celui des années 1970 sur les fouilles urbaines britanniques. Les changements pratiques qui en résultent peuvent être résumés en deux points principaux.

La fin de l'équivalence « stratigraphie = relevé de coupe »

Premier point : l'abandon de la coupe comme outil unique ou central ; les trois fonctions traditionnelles de la coupe – identification, enregistrement, et représentation – sont désormais dissociées, et assurées par des moyens différents. On a vu que l'identification s'effectue en continu, au cours de la fouille ; et que le diagramme fournit la représentation de la chronologie stratigraphique. Quant à la fonction d'enregistrement, le système mis au point à Londres amène à la dissocier à son tour en deux aspects, et deux types de document : l'information stratigraphique proprement dite (qu'enregistrent les fiches d'unités et que synthétise ensuite le diagramme), et l'image graphique du terrain (donnés par des relevés en coupe, réelle ou cumulative, mais aussi par les *single context plans*).

L'utilisation de la coupe comme outil à tout faire, sorte de « couteau suisse » de la stratigraphie, disparaît ainsi au profit d'une démultiplication de l'enregistrement stratigraphique, seule à même de rendre compte de la lecture stratigraphique continue et tridimensionnelle en aire ouverte. Cette mutation ne signifie pas la disparition des coupes pratiquées sur le terrain ; celles-ci peuvent être

46 Pour E. Harris, ce passage de deux à trois dimensions est même un passage de deux à quatre dimensions, la quatrième étant le temps relatif exprimé par le diagramme stratigraphique (Harris 1992).

47 Devenu le *Museum of London Archaeology Service* (*MoLAS*) en 1991

utilisées de façon ajustée, pour répondre à des questions précises. La question posée peut être l'identification d'une interface, dans le cas où celle-ci se lit mieux par une observation perpendiculaire que par l'examen de sa surface[48] ; ou le besoin d'examiner et d'enregistrer l'aspect physique intrinsèque d'une couche vue en section, même si par ailleurs ses interfaces ne posent pas de problème d'identification (auquel cas l'objectif de la coupe n'est pas l'information stratigraphique, celle-ci étant liée à la détermination des interfaces) ; ce peut être aussi l'échantillonnage, les coupe permettant d'utiliser des vitesses de fouille différentes (minutieuse / rapide) sur la même structure ou la même couche : cette fonction d'échantillonnage associée à la coupe, évoquée déjà par Wheeler, est cruciale en archéologie préventive.

La nécessité d'une nouvelle organisation du travail

Deuxième aspect innovant : l'organisation du travail sur le chantier. L'identification stratigraphique continue liée à la fouille en aire ouverte, et la démultiplication de l'enregistrement ci-dessus évoquée, implique une déconcentration et un transfert de compétences vers les fouilleurs. C'est le terme d'une évolution qui, depuis l'archéologie sans stratigraphie, voit l'archéologue descendre progressivement dans la fouille.

Le fouilleur en effet ne peut plus être un simple terrassier exécutant des ordres ; la définition de son rôle et de son importance par André Leroi-Gourhan (1963) s'applique parfaitement à la méthode stratigraphique en aire ouverte : comparable au chirurgien en train d'opérer par rapport à l'ensemble de l'organisation hospitalière, le fouilleur, par rapport à l'ensemble du chantier, est la « pointe tranchante » du dispositif, dont dépend, sans appel, le recueil et en même temps la destruction de l'information. Il doit donc avoir la compétence nécessaire à l'identification et au suivi des unités stratigraphiques, et participer directement à l'enregistrement (ce qui par ailleurs n'exclut ni la présence éventuelle d'ouvriers de fouille chargés de taches techniques, ni de personnel en formation) : « *Les besoins d'un tel système sur un site urbain complexe donnent à chaque fouilleur une plus grande responsabilité que ce qui était auparavant demandé. Chaque équipier doit définir, relever, enregistrer et fouiller ses propres contextes* » (Spence 1993 p.25). Dans la gestion de la fouille elle-même, les niveaux d'encadrement des fouilleurs (direction de secteur, du chantier…) tendent à se concentrer sur des responsabilités de vérification et coordination d'enregistrement, et de conduite générale de fouille (notamment de choix de priorités et de vitesse de fouille). Comme le soulignent déjà M. et B. Biddle (1969) pour la fouille en aire ouverte, ce fonctionnement à compétences et responsabilités réparties nécessite un personnel bien formé et une organisation rigoureuse.

1.3.4. La diffusion du modèle de Harris et de la fouille stratigraphique en aire ouverte (1979 – 2008)

Dans les pays européens et au delà

La méthode stratigraphique en aire ouverte et la *Harris Matrix*, adoptées par les principales équipes de fouilles urbaines britanniques (Winchester, Londres, Wroxeter, York…), s'est assez tôt diffusée hors de Grande Bretagne, et s'est répandue en Europe dans les années 1970 et 1980. En Italie, Andrea Carandini applique dès 1976 la méthode de l'aire ouverte (après l'avoir vue mise en œuvre par des fouilleurs britanniques à Carthage) sur la fouille de la villa de Settefinestre, et en assure la diffusion en publiant un manuel méthodologique (*Storie dalla terra*) dont la première édition date de 1981 (Carandini 1981, 2000). C'est aussi en Italie que le principal ouvrage de E. Harris est pour la première fois traduit, en 1983, présenté par Daniele Manacorda. De là, la stratigraphie « harrissienne » atteint l'Espagne, où les fouilleurs catalans adoptent l'*open area* et la *Harris matrix*

48 cas qui, nonobstant l'affirmation quelque peu « intégriste » de Philip Barker (citée ci-dessus – *cf.* 1.3.2), peut se rencontrer (si l'on est confronté à des phénomènes d'altération notamment).

notamment sur les sites de Vilauba et d'Empuries (Trocoli 1993 ; Trocoli, Sospedra, éd. 1992). Parallèlement, ces nouveaux outils sont introduits dans d'autres pays, en particulier l'Allemagne (Bibby 1993 ; Herzog 1993), et la Pologne (Kobylinski 1993). Sur le continent américain, la *Harris Matrix* s'implante dès 1974 sur le site Maya de Nohmul (Belize) (Hammond 1991), et en Amérique du Nord sur les fouilles de Williamsburg (Virginie, USA) à partir de 1982 (Brown, Muraca 1993).

Depuis les années 1990, la réflexion sur la stratigraphie archéologique et les concepts proposés par E. Harris s'est poursuivie, en particulier avec les travaux d'un groupe informel d'archéologues britanniques, coordonné par Steve Roskams – le *Interpreting Stratigraphy Group* [49]– qui a tenu une dizaine de colloques entre 1992 et 2001, dont certains ont été publiés séparément (Steane dir. 1992, Barber dir. 1993, Shepherd dir. 1995, Roskams dir. 1996) et d'autres rassemblés dans le recueil *Interpreting Stratigraphy* paru dans les *British Archaeological Reports* (Roskams dir. 2000). Edward Harris lui-même a veillé à la diffusion de ses conceptions : après sa traduction en italien, *Principles of Archaeological Stratigraphy* connaît une nouvelle édition anglaise revue en 1989, et est traduit en polonais (1989), slovène (1989), espagnol (1991), japonais (1995) . Cette diffusion est aussi marquée par des ouvrages collectifs (Trocoli, Sospedra, ed. 1992 ; Harris, Brown, Brown, ed. 1993) ; et plus récemment par l'ouverture d'un site Internet[50] ; la dernière étape annoncée est un colloque tenu à Vienne en septembre 2008 (*International Conference on Archaeological Stratigraphy*) à l'occasion du 35e anniversaire de la *Harris Matrix*.

En France

En France, l'apparition de cette nouvelle méthode stratigraphique fut assez précoce, mais sa diffusion est d'abord restée limitée. L'expérience de fouille en aire ouverte à Winchester suscite l'intérêt des archéologues médiévistes ; elle est présentée par Michel de Boüard (bien qu'il soit lui même plutôt un stratigraphe d'orientation classique) dans son *manuel d'archéologie médiévale* (1975). L'enregistrement par unités stratigraphiques et la *Harris matrix* font leur apparition sur quelques fouilles urbaines menées par des équipes issues de cette nouvelle école française d'archéologie médiévale, en contact avec les chercheurs britanniques.

Au premier rang de ces pionniers, le laboratoire d'archéologie urbaine de Tours, fondé en 1973, avec en particulier la fouille du château comtal (1974-1978), dirigée par Henri Galinié, qui a joué un rôle important dans la diffusion des méthodes britanniques (Galinié et al. 2007). Cette fouille illustre l'article « *De la stratigraphie à la chronologie* » (Galinié 1980), première présentation publiée et largement diffusée, en France, de l'approche en aire ouverte et de la technique du diagramme stratigraphique. Cet article, paru dans *L'archéologie aujourd'hui*, (Schnapp dir. 1980) ouvrage collectif qui se voulait le manifeste d'un renouvellement méthodologique de l'archéologie française, affirmait, comme celui d'Alain Ferdière consacré à la fouille dans le même ouvrage (Ferdière 1980), la nécessité de dépasser la « méthode Wheeler » et la vision uniquement verticale de la stratigraphie. Autre important foyer de diffusion de l'actuelle méthode stratigraphique, les fouilles préventives menées à partir de 1974 par l'unité d'archéologie urbaine de Saint-Denis (Seine-Saint-Denis), dont les principes méthodologiques sont présentés dans la revue *Archéologie Médiévale* (Meyer *et al.* 1980) et détaillés dans les rapports de fouille publiés à partir de 1979. Citons aussi, en région parisienne, l'adoption de la fouille en aire ouverte et du diagramme stratigraphique sur un site médiéval non urbain, celui de l'abbaye cistercienne de Maubuisson, à partir de 1978 (Soulier *et al.* 1978)[51]. L'archéologie médiévale n'a cependant pas été la seule voie de diffusion de la stratigraphie harrissienne en France : le principal foyer dans le Sud en est le site protohistorique et antique de Lattara (Lattes, Hérault), dans le cadre de fouilles programmées menées par le CNRS à partir de

49 http://www.york.ac.uk/depts/arch/strat/

50 http://www.harrismatrix.com/ ; l'ouvrage *Principles of Archaeological Stratigraphy* y est désormais disponible en téléchargement gratuit

51 le responsable de la fouille (Philippe Soulier), préhistorien de formation, met explicitement en relation le principe de l'aire ouverte avec la vision spatiale proposée par André Leroi-Gourhan.

1983 (Bats *et al.* 1986).

Ces équipes pionnières jouent un rôle officiel ou officieux de chantier-école, suppléant ainsi à la prise en compte tardive et réduite de la nouvelle méthode stratigraphique dans les enseignements universitaires de méthodologie archéologique ; elles restent néanmoins relativement isolées jusqu'au milieu des années 1980. La situation évolue alors sous l'effet du développement de l'archéologie urbaine – premier terrain d'application de la stratigraphie harrissienne – lié à celui de l'archéologie préventive. Le chantier des abords de la cathédrale d'Orléans, débuté dès 1977 (Petit 1988 dir.) fut le prototype de ces fouilles urbaines préventives, professionnalisées et financées par le maître d'ouvrage d'un aménagement destructif, en application de nouvelles réglementations d'urbanisme et de protection du patrimoine[52]. L'année 1984 peut être considérée comme une date charnière pour cette nouvelle archéologie urbaine, porteuse des méthodes initiées en Grande Bretagne. Elle est en effet marquée par la création du Centre National d'Archéologie Urbaine (CNAU) à Tours, dont Henri Galinié est le premier directeur ; elle voit aussi le lancement des fouilles du métro de Lyon, à la suite d'une convention signée entre l'Etat et l'aménageur[53], et des fouilles parisiennes du Grand Louvre. À la suite de ces deux grands chantiers, des fouilles préventives préalables à de gros aménagements urbains se mettent en place dans de nombreuses villes. Ces opérations recrutent du personnel formé sur les premières fouilles urbaines françaises en aire ouverte telles Tours, Orléans, Saint-Denis… A la fin des années 1980 et dans la décennie suivante se propagent ainsi l'aire ouverte, l'enregistrement par unités stratigraphiques et la *Harris matrix* . Aujourd'hui, ces outils méthodologiques sont assez largement reconnus par la communauté archéologique française comme les plus adaptés à la fouille urbaine et par extension aux sites à stratification anthropique dense (même si l'emploi effectif de la *Harris Matrix* semble, comme on l'a dit en introduction, marquer nettement le pas depuis quelques années).

Cet essor de la méthode stratigraphique en aire ouverte est à son début marqué par un effort de réflexion d'ensemble, dont témoigne en particulier une table-ronde tenue au CNAU à Tours en 1986 (*enregistrement des données de fouilles urbaines* – Randouin éd. 1987), à laquelle participent sept équipes opérant sur des sites urbains utilisant les principes issus des fouilles urbaines britanniques (Lattes, Lyon, Paris, Saint-Denis, Tours, Bordeaux, Metz). Toutes les équipes ayant alors adopté cette approche ne sont pas représentées, mais on y retrouve les principaux foyers de diffusion (Tours, Saint-Denis, Lattes…). La synthèse générale de cette table-ronde, rédigée par Bernard Randouin, actait le principe de l'enregistrement par unités stratigraphiques et de la reconstitution de la chronologie relative par diagramme ; elle proposait des définitions communes, touchant notamment aux niveaux de regroupement des unités.

Malgré l'importance de ce document – qui reste à ce jour la seule tentative publiée de coordination entre les système d'enregistrement français suivant la méthode stratigraphique en aire ouverte – cette méthode s'est surtout diffusée par la pratique et l'apprentissage direct, aidés cependant par la publication de certaines des différentes procédures de fouille et d'enregistrement développés par les équipes de fouille urbaine (par exemple Meyer et al. 1983[54], Bats *et al.* 1986). En effet, ni l'ouvrage principal de E. Harris (*Principles of Archaeological Stratigraphy*), ni celui de Philip Barker (*Techniques of archaeological excavations*) n'ont été traduits en France.

52 Principalement l'article R 111-3-2 du code de l'urbanisme dont l'introduction en 1977 (Rigambert 1996) a permis l'intervention systématique des archéologues en amont des projets d'aménagement.

53 suivant un modèle auquel se référeront les procédures d'archéologie préventive jusqu'à la loi de 2001.

54 « *l'introduction à la fouille urbaine* » jointe au rapport 1982 de l'unité d'archéologie urbaine de Saint-Denis (Meyer et al. 1983) constitue en effet aujourd'hui encore, à notre connaissance et à notre avis, la meilleure présentation pédagogique (en langue française) de l'actuelle méthode stratigraphique et de son processus de fouille et d'enregistrement.

1.3.5. la stratigraphie de Harris aujourd'hui : un état de l'art face à des limites

Un succès apparent, mais une assimilation limitée

Cette diffusion surtout par la pratique, et le caractère relativement limité et parcellaire des publications méthodologiques françaises sur l'actuelle méthode stratigraphique expliquent peut-être en partie les résistances auxquelles elle s'est heurtée et, malgré son succès apparent, son assimilation parfois incomplète. En effet, alors que l'aire ouverte et la stratigraphie harrisienne ont été vécues en Grande Bretagne comme une évolution plus qu'une rupture – Harris (1992) a lui même souligné tout ce que devaient ses conceptions à Wheeler et Kenyon – leur introduction en France a suscité une opposition parfois vive, représentée en particulier par Paul Courbin (notamment dans sa préface à la traduction française de *Archaeology from the earth* de Wheeler). Refusant, avec une véhémence surprenante, toute évolution du système Wheeler (et montrant en cela un dogmatisme assez éloigné de l'approche pragmatique de Mortimer Wheeler lui-même), Courbin stigmatise la disparition des coupes et banquettes, sans comprendre ce qui les remplace : pour lui, l'aire ouverte n'est qu'un « …*retour…aux vastes dégagements continus d'autrefois, mais, parce qu'il faut faire du neuf, ou en avoir l'air, en compliquant inextricablement les procédés d'enregistrement*» (Wheeler 1954, 1989, préface p.9).

Sans partager l'opposition radicale de Paul Courbin à toute évolution de la stratigraphie classique, une grande partie des fouilleurs français n'a effectivement pas suivi les archéologues britanniques jusqu'au bout de leur mutation vers une perception tridimensionnelle de la stratification ; et même s'ils utilisent couramment la notion d'unité stratigraphique et connaissent la technique de la *Harris Matrix*, ces fouilleurs restent attachés au rôle central de la coupe de terrain, qu'ils continuent à lier aux fonctions d'identification, d'enregistrement et de représentation de la chronologie stratigraphique ; comme en témoignent, dans plusieurs écrits méthodologiques des vingt dernières années (Gallay 1986, Jockey 1999 ; Loustaud 1985, Pesez 1997…), la plus ou moins grande persistance de l'association de la stratigraphie à la vision verticale et à la coupe (ainsi opposée à la vision en plan), et du « postulat gravitaire» (c'est à dire la vision du processus de stratification comme une simple accumulation, localement « perturbée » par quelques phénomène latéraux), traits caractéristiques de la stratigraphie classique. Sans que l'on puisse donner autre chose qu'une impression générale – il faudrait pour aller plus loin un travail historiographique plus approfondi et une enquête sur la situation actuelle – il paraît prudent de nuancer l'idée d'une généralisation en France (sur les sites à stratification anthropique dense) de la méthode stratigraphique en aire ouverte ; il semble que beaucoup de fouilleurs français se situent actuellement plus dans une « stratigraphie classique évoluée » intégrant certains apports récents, que dans une pleine approche stratigraphique spatiale tridimensionnelle telles celles de Philip Barker et d'Edward Harris[55].

Concernant le cas spécifique de l'archéologie préhistorique, l'approche stratigraphique de E. Harris n'a pas du tout été adoptée, sauf quelques exceptions[56]. Cela s'explique d'une part par des raisons objectives : la stratification des sites préhistoriques est issue essentiellement de dynamiques naturelles dans lesquelles sont pris les vestiges humains, et non de modifications anthropiques du relief ; la création d'anthropo-reliefs, objet préférentiel de la stratigraphie de E. Harris, ne débute

55 Une cause plus sociologique a peut-être par ailleurs freiné la diffusion de la nouvelle méthode stratigraphique britannique : on a vu combien la primauté de la coupe en stratigraphie classique était liée à une forme d'organisation hiérarchique traditionnelle du chantier ; et combien la nouvelle approche génère un fonctionnement tout à fait différent, sous forme d'un processus à multiples niveaux de responsabilité, en rupture avec cette structure traditionnelle maître / disciples. Cela peut contribuer à expliquer les réticences de certains archéologues de haut niveau universitaire ou institutionnel, attachés à cette structure traditionnelle, tels Paul Courbin ; cela peut aussi contribuer à expliquer la diffusion préférentielle de la nouvelle approche par la voie des premiers grands chantiers préventifs urbains, peuplés de « hors-statut », et rapidement contraints d'adopter un mode de fonctionnement professionnel éloigné de cette structure traditionnelle.

56 Le diagramme stratigraphique a ainsi été employé pour la stratigraphie de la grotte des Renardières (Les Pins, Charente) caractérisée par des espaces distincts formant autant de bassins sédimentaires et des dépôts très localisés, incluant des vestiges paléolithiques (Dujardin 2002).

réellement qu'avec la sédentarisation et l'aménagement construit. D'autre part, la tradition institutionnelle de séparation entre la préhistoire (du côté des sciences naturelles) et le reste de l'archéologie (du côté des humanités) a certainement contribué au maintien des préhistoriens dans le cadre conceptuel de la stratigraphie géologique, comme on l'a vu plus haut (1.2.2).

L'apparition de limites opérationnelles

Si la méthode stratigraphique en aire ouverte ne s'est pas pleinement répandue en France, elle a déjà rencontré des limites. En premier lieu, un certain nombre de critiques (sur lesquelles nous reviendrons) ont porté sur l'outil principal proposé par E. Harris, la *Harris Matrix*, et son incapacité à exprimer toute les temporalités attachées aux successions stratigraphiques (Adams 1992, Carver 1990) ; ces critiques accompagnées de propositions alternatives, ne remettent cependant pas en cause les principes de la fouille en aire ouverte, ni (pour l'essentiel) de l'enregistrement par unités stratigraphiques.

Plus largement, l'existence des actuelles approches spatiales du terrain évoquées ci dessus (grands décapages, fouille « ethnographique »), qui, tout en montrant une incontestable efficacité, n'intègrent pas ou peu l'analyse stratigraphique au niveau de l'US telle que posée par E. Harris, nuance l'ambition de ce dernier de proposer une approche universelle et complète du terrain archéologique. La méthode stratigraphique en aire ouverte n'est, de fait, qu'une approche parmi d'autres, s'exerçant sur les sites urbains et à stratification anthropique dense ; ce qui pose le problème de l'articulation de cette méthode avec les autres approches du terrain.

C'est par ailleurs sur leur terrain de prédilection et de naissance, l'archéologie des sites urbains de l'Europe du Nord-Ouest, que les principes stratigraphiques de E. Harris ont rencontré leur limite la plus frustrante, sous la forme d'un problème apparu paradoxalement grâce aux progrès de l'archéologie urbaine. La stratification de ces sites urbains est en effet fréquemment marquée par d'épaisses couches sombres (*dark earthes* ou « terres noires »), organiques, apparemment homogènes ou du moins peu lisibles et ne présentant pas d'interfaces claires. Le problème stratigraphique est que cette « tranche » de terres noires – formant globalement une seule unité stratigraphique si l'on raisonne, comme l'exigent les principes de E. Harris, en interfaces bien définies – s'étend beaucoup trop dans l'espace urbain comme dans le temps (couvrant l'antiquité tardive et le Haut Moyen Âge) pour que l'on puisse se satisfaire de les enregistrer ainsi comme une seule unité stratigraphique. L'efficacité de la méthode stratigraphique est, en effet, basée sur sa capacité à identifier une succession suffisamment rapide d'unités suffisamment limitées pour suivre, au plus fin, l'évolution des aménagements et de l'occupation. Or, « *face aux terres noires, cette capacité, dont nous* (les fouilleurs urbanisants) *somme fiers, mélange d'expérience, de perception empirique et de stricte logique (les lois de la stratification archéologique), se trouve mise en échec de façon vexante... ...nos procédures habituelles, ainsi enrayées, ne permettent plus d'atteindre le degré de précision chronologique et " ethnographique " normalement attendu.* » (Cammas et al. 1995 p. 22). Le déficit d'information sur le Haut Moyen Âge urbain ainsi créé fait l'objet d'une prise de conscience, d'abord en Grande-Bretagne, puis notamment en France (Cammas et al. 1995). Les « terres noires » sont toujours un problème archéologique, sur lequel la recherche progresse activement (cf. Fondrillon 2007, Galinié 2004) ; mais qui met en évidence les limites de l'analyse proprement stratigraphique, quelles que soient par ailleurs la cohérence et l'efficacité que lui ont apporté les conceptions de E. Harris.

1.3.6. L'informatisation de l'enregistrement et du traitement stratigraphique (1980-2008)

L'informatisation des systèmes d'enregistrement de terrain

Le caractère analytique et relationnel des enregistrements de terrain recourant à la notion d'unité

stratigraphique et au *single context recording* rend ceux-ci plus aisément informatisables sous forme de bases de données que d'autres formes d'enregistrement (par exemple l'utilisation classique d'un cahier de fouille recueillant toutes les informations hors relevés). De fait, la répartition de l'information dans les rubriques définies d'une fiche d'unité stratigraphique préfigure celle des champs d'une table de base de données.

Après quelques premières expériences dans les années 1970, l'apparition de logiciels de base de données sur micro-ordinateurs dans les années 1980 a permis le développement de l'informatisation des système d'enregistrements de fouille stratigraphique en aire ouverte. En France, on peut citer parmi les premières applications de ce type celle des fouilles préventives du métro de Lyon à partir de 1984 (Burnouf 1986 ; Burnouf 1994), et celle de Lattes (Bats *et al.* 1986) ; applications dont se fait l'écho un premier bilan, non exhaustif, paru en 1986 à la suite d'une table-ronde tenue au centre national d'archéologie urbaine de Tours (*Expériences d'informatisation en archéologie urbaine* - CNAU 1986). En 1988, un appel d'offre ATP (action thématique programmée) sur l'informatisation des archives de fouille, lancé par les ministères de la Culture, de la Recherche et de l'Enseignement supérieur donne une impulsion institutionnelle au développement de systèmes d'enregistrement informatisés, et se trouve à l'origine des deux systèmes parmi les plus répandus actuellement en France, et dont le développement se poursuit toujours : ArcheoData (Arroyo-Bishop, Lantada Zarzosa, 1990 ; 2005) et Syslat (Py 1997).

Puis, dans les années 1990 et 2000, avec l'augmentation de la puissance des micro-ordinateurs et de l'offre logicielle, les bases de données d'enregistrement ont perdu leur caractère expérimental pour devenir des applications de routine ; de nombreux systèmes locaux sont mis en œuvre suivant les principes de l'enregistrement stratigraphique par US, mais adaptés à un site ou une équipe (ainsi le système bdB développé pour le centre archéologique européen de Bibracte - Chaillou, Moreau, Guichard, 2008).

L'évolution récente voit aussi l'intégration de l'information spatiale et graphique dans les systèmes d'enregistrement informatisés (allant d'ailleurs de pair avec le développement de la topographie et de la photo numériques sur le terrain), sous la forme de systèmes d'information géographique (SIG). Bien que les premières applications de SIG à l'enregistrement stratigraphique datent d'une quinzaine d'années (système britannique *Insight* – Alvey 1993 ; Lock 2003), l'utilisation des SIG à cette échelle intra-site de la fouille se développe de façon relativement limitée ; en France, on peut citer le système *Arsol* développé au laboratoire Archéologie et Territoires de Tours (Galinié *et al.* 2005) ou le projet *SIGRem* élaboré au sein du Centre Interinstitutionnel de Recherches Archéologiques de Reims (CIRAR 2005)[57]. Quelques expériences actuelles d'utilisation de représentations spatiales 3D annoncent une voie d'avenir, permettant aux SIG classiques de gagner la profondeur qui leur manque pour devenir pleinement des outils d'enregistrement stratigraphiques (par exemple : Katsianis *et al.* 2008, Losier, Pouliot, Fortin, 2007)

Sans entreprendre un bilan détaillé de ces applications ni rentrer dès maintenant dans les aspects méthodologiques mis en œuvre dans la conception de ces systèmes (aspects sur lesquels nous reviendrons dans le chapitre 4), il faut cependant noter, dès à présent, concernant en particulier la situation en France, que la plupart n'intègre pas encore, ou de façon très limitée, de véritables fonctions de traitement stratigraphique, incluant l'obtention automatisée de diagrammes stratigraphiques.

Premières recherches sur les outils d'aide au traitement stratigraphique

En effet, pratiquement, l'informatisation du traitement des données stratigraphiques est longtemps

57 Il faut aussi citer comme expérience prototype de SIG appliqué à la fouille le système Arkéoplan développé au début des années 1990, mais orienté vers le relevé d'objets, sans réelle prise en compte des notions d'US et d'interface (Gruel, Buchsenschutz 1994).

restée confinée à un stade expérimental, dont elle commence à peine à sortir ; et ces recherches se sont principalement développées hors de France. Pourtant, les travaux en vue de l'informatisation de la *Harris Matrix*, encouragées par le caractère analytique et logique de la méthode proposée par E. Harris (Lock 2003), ont débuté dès 1975. À cette date, au congrès annuel *Computer Applications in Archaeology* (*CAA*) à Birmingham, John Wilcock présente le programme *STRATA*, qui effectue le dépouillement et l'ordonnancement des US (mais ne trace pas le diagramme) ; la lourdeur d'utilisation du matériel informatique de l'époque ne lui conférait toutefois qu'un intérêt expérimental (Herzog 1993, Ryan 2001). La formalisation des relations stratigraphiques est entreprise notamment par Clive Orton (1980) qui les identifie comme une relation mathématique d'ordre large (*cf.* chap. 3). Plusieurs autres projets naissent dans les années 1980 ; Le congrès annuel *CAA* de 1990 tenu à Southampton en rend compte, et apparaît comme un bilan d'étape (Lockyear, Rahtz éd. 1991). Lors de ce congrès, Irmela Herzog présente le premier programme opérationnel incluant l'ensemble du traitement jusqu'à la production réelle d'un diagramme, développé à Bonn dans le cadre de l'équipe d'Irwin Schollar (Herzog et Schollar 1991, Herzog 1993), ancêtre de l'actuelle application *Stratify*.

Une décennie après Southampton, le 6e colloque *Archäologie und computer* à Vienne en 2001 marque les progrès accomplis, avec de nouvelles applications présentées : *Jnet*[58] de Nick Ryan (université du Kent) succédant au programme *Gnet*[59] élaboré en 1995, mettant l'accent sur les fonctions d'édition graphique et de visualisation du diagramme (Ryan 2001) ; *Arched*, d'utilisation simple et conviviale, développé depuis 1998 sous la direction de Petra Mutzel (professeure de mathématiques et spécialiste de la théorie des graphes) d'abord dans le cadre du *Max-Planck Institut für informatik* de Sarrebruck, puis de l'université de technologie de Vienne (Mutzel, Reitgruber, Schuhmacher, 2001) ; *Stratify*, développé par Irmela Herzog, succédant à l'application précédente présentée à Southampton (Herzog 2001 ; 2004 ; 2006).

L'évolution récente, dont rendent compte les congrés annuels *CAA*[60] et *Archäologie und computer*[61] a vu la poursuite du développement de ces outils. Actuellement, *Arched*[62] (dernière version : 1.3, 2002) et *Stratify*[63] (dernière version 1.5, 2008) sont tous deux opérationnels, téléchargeables gratuitement accompagnés de leur documentation (le premier toutefois ne semble plus avoir fait l'objet de mise à jour depuis cinq ans). Parmi les applications existantes et accessibles de réalisation de diagrammes stratigraphiques, on peut aussi mentionner le produit commercial *MatrixBuilder* de la société espagnole *Proleg*[64] apparu en 2003 ; et la toute récente application *Harris Matrix Composer*[65] . Les expérimentations actuelles tendent, elles aussi, à mettre en relation le traitement stratigraphique avec des représentations spatiales tridimensionnelle du terrain ; possibilité annoncée depuis quelques années (Bibby 2001) et explorée notamment par le projet *Tool for Stratigraphic Data Recording* inscrit au programme européen EPOCH[66] associant l'outil de traitement stratigraphique *Jnet* cité plus haut au programme de visualisation 3D *STRAT* (Day *et al.* 2005 ; EPOCH 2005).

En France, l'activité est bien moindre. On peut cependant citer, dès 1990, les fonctions d'aide logique (dépouillement des relations enregistrées et détection de fautes logiques) de l'application « archives de fouille » créée en 1990 par Elizabeth Zadora-Rio (1994), reprises dans le système

58 www.cs.kent.ac.uk/people/staff/nsr/arch/jnet/
59 www.cs.kent.ac.uk/people/staff/nsr/arch/gnet/
60 http://caa.leidenuniv.nl/
61 http://www.stadtarchaeologie.at/ ; (une intervention sur l'application « *Le Stratifiant* » contenue dans la présente thèse est prévue au programme du prochain congrès : Vienne, 3-5 novembre 2008).
62 www.ads.tuwien.ac.at/ArchEd/
63 http://www.stratify.org/ La dernière version inclut un ttaitement des datations absolues (quantifiées)
64 www.proleg.com/ ; l'éditeur annonce, outre l'intégration dans un système complet avec des capacités d'échanges avec des bases de données Access, le traitement de données de datation dans le temps absolu.
65 http://www.harrismatrixcomposer.com/
66 european research network on Excellence in Processing Open Cultural Heritage : http://www.epoch-net.org

ARSOL du laboratoire *Archéologie et Territoires* de Tours (Galinié *et al.* 2005) ; puis les fonctions d'aide au tracé du diagramme présentes dans Syslat (Py 1997).

Quant au présent travail, sa genèse, évoquée dans l'introduction, remonte à 1989 sous forme d'un algorithme de traitement permettant en principe d'obtenir un diagramme ; publié en 1990 (Desachy, Djindjian 1990) et présenté au congrès de Southampton en 1990 (Desachy, Djindjian 1991), cet algorithme n'avait pas fait l'objet d'une application informatique finalisée[67]. La reprise de ce travail avec un algorithme modifié et complété a permis l'élaboration d'une telle application (*Le Stratifiant*), dont la première version expérimentale a été présentée en 2005 (Desachy 2005 ; 2005b ; 2005c). La présente thèse expose l'état actuel de cette recherche.

67 Mis à part des essais de programmation par B. Desachy, ayant donné lieu à un test d'utilisation effectué en 1994 par Rebecca Peake dans le cadre d'un projet de séminaire de DEA (Peake 1994)

2. La stratigraphie archéologique : quelques notions actuelles

Le modèle fondé par Edward Harris, évoqué dans le chapitre précédent, constitue l'actuel état de l'art de la méthode stratigraphique en archéologie. En dépit des limites évoquées plus haut, c'est dans cette conception de la stratigraphie archéologique que nous inscrivons notre travail de formalisation : la position ici défendue est que la souplesse et la cohérence intellectuelle de ce modèle en font un cadre méthodologique toujours pertinent – à condition d'en reconnaître les limites, et d'y intégrer quelques précisions et mises à jour.

Cet « état de l'art » en effet n'est ni unanimement partagé (comme on l'a vu), ni totalement clarifié : il y subsiste des ambiguïtés (touchant notamment à la notion de synchronisme stratigraphique). Or, notre objectif de formalisation nous impose de préciser les notions mobilisées dans le processus de traitement des données stratigraphiques, en éliminant ces ambiguïtés. C'est l'objet du présent chapitre, qui ne se veut pas seulement un résumé des travaux de E. Harris : il en constitue aussi une relecture, parfois critique, tenant compte d'éléments apportés par d'autres archéologues et d'autres approches ; il contient donc des propositions d'ajouts ou de reformulation de certaines notions.

Les deux premières parties reviennent sur la méthode de fouille stratigraphique en aire ouverte, dont on a vu la naissance sur les sites urbains britanniques, et qui constitue l'application directe du modèle de E. Harris. À travers les différentes adaptations locales, aux terminologies variées[68], de cette méthode, on retrouve un même processus, comprenant une phase d'analyse du terrain basée sur la notion d'unité stratigraphique (2.1), suivie d'une phase de synthèse des données en vue d'une reconstitution historique, avec le diagramme stratigraphique comme outil central (2.2). Dans les cas de sites à stratification anthropique peu dense (sites érodés fouillés en grand décapage, ou sols d'occupation préhistorique par exemple), d'autres approches, évoquées au chapitre précédent, sont mises en œuvre ; dans ces cas, en effet, la stratigraphie, tout en restant un cadre nécessaire, n'est pas centrale dans l'analyse du terrain. Ces approches, dont on a vu qu'elles partagent avec l'aire ouverte urbaine la notion de lecture spatiale, ne sont pas contradictoires avec le modèle harrissien, mais s'articulent avec celui-ci dans une plus vaste panoplie méthodologique commune à toute l'archéologie de terrain (2.3).

68 Le vocabulaire d'enregistrement utilisée par les différentes équipes ayant adopté cette méthode est en effet très divers. Il s'agit parfois de mots différents pour les mêmes concepts, mais aussi de termes traduisant l'adaptation à des contextes et des problématiques spécifiques. Pourvu que chaque vocabulaire local soit en lui-même bien défini, cette diversité n'est à notre avis ni gênante, ni inutile, car elle reflète des choix et des savoir-faire multiples. Une analyse comparative de ces vocabulaires d'enregistrement, sur la base du plus grand nombre possible de systèmes réellement utilisés, serait d'ailleurs utile afin d'exploiter cette expérience cumulée de divers fouilleurs et équipes ; elle permettrait probablement de mieux repérer les termes et couples d'opposition dénotant des « universaux » – identifiés par tous les fouilleurs comme les questions de base, indispensables, à poser au terrain – ou des caractérisations liées à des études spécifiques. Le présent travail n'ambitionne pas d'entamer une telle étude, mais seulement de repérer et fixer quelques éléments nécessaires à la formalisation présentée dans le chapitre suivant.

2.1 L'analyse du terrain : la notion d'unité stratigraphique

Une fouille archéologique, au sens actuel du terme, n'est pas une opération de dégagement ou d'extraction de restes matériels, mais une analyse du terrain. Pour E. Harris, cette analyse est basée sur le concept d'unité stratigraphique (ici abrégée en « US »[69]). L'US est d'abord définie par l'identification de ses interfaces, c'est à dire des limites chronologiquement signifiantes observables sur le terrain (2.1.1). l'US est ensuite caractérisée sous plusieurs aspects : comme unité de constitution physique du site, c'est à dire en tant qu'étape dans un processus d'érosion et de sédimentation (ainsi que l'envisage E. Harris), mais aussi d'altération et de formation de sol (comme le suggèrent les apports de la géo-archéologie) (2.1.2) ; comme unité d'interprétation historique et culturelle, en proposant ici d'appliquer une telle interprétation non seulement aux unités, mais aussi aux relations (2.1.3) ; comme unité d'étude contextuelle des restes matériels recueillis (2.1.4) ; et comme unité de temps absolu – ce dernier point de l'inscription des unités stratigraphiques dans le temps quantifié nécessitant quelques précisions (2.1.5). Lorsque l'US est ainsi l'unité d'analyse et de recueil de l'information, elle constitue par conséquent l'unité pratique d'enregistrement autour de laquelle s'organise la documentation graphique et textuelle (2.1.6).

2.1.1. les concepts fondamentaux d'analyse : interfaces et unités stratigraphiques

Interfaces et identification des US : la définition première de l'unité stratigraphique

La notion d'interface est fondamentale ; elle désigne tout contact physique entre deux unités de terrain, d'où l'on peut déduire une relation d'antéro-postériorité : « …*c'est en commençant par l'identification des interfaces que l'analyse stratigraphique doit être entreprise… Penser aux interfaces, c'est penser à une abstraction, c'est être forcé de considérer la succession stratigraphique ; finalement c'est considérer l'évolution de la topographie du site.* » (Harris 1979 p. 121).

L'identification des interfaces est, en effet, primordiale, car elle détermine celle des unités stratigraphiques. De là se déduit une définition unique de l'unité stratigraphique, quelle que soit par ailleurs sa nature physique ou son interprétation culturelle ou historique : c'est la plus petite unité de terrain perceptible, qui soit situable antérieurement et postérieurement aux unités voisines par l'examen de ses limites physiques, c'est à dire des interfaces.

Pratiquement, le premier acte du fouilleur est donc de chercher et d'identifier ces interfaces. Il doit pour cela mobiliser sa compétence et son expérience afin de reconnaître, à partir d'indices d'aspect de terrain, les limites physiques (superposition, recoupement, etc.) grâce auxquelles il définit et situe chronologiquement l'unité ; unité qu'il peut ensuite caractériser et fouiller.

Dans les conceptions de E. Harris, c'est sur l'unité de terrain ainsi définie que doit reposer toute l'analyse ultérieure de l'information de terrain : chronologique, culturelle, historique. Cela a une conséquence, qu'il faut noter dès à présent : puisque seules les interfaces stratigraphiques sont considérées comme des variations signifiantes du terrain, l'unité stratigraphique est donc implicitement perçue comme isotrope du point de vue archéologique, c'est à dire relevant de la même interprétation culturelle et chronologique en tous points de son volume (même si elle est par ailleurs physiquement de composition hétérogène), sans variation d'information entre deux interfaces. En d'autres termes, l'analyse basée sur la perception des interfaces est une

69 « US » est l'appellation apparemment la plus répandue en France pour désigner l'unité stratigraphique, mais l'on trouve aussi par exemple « contexte » (Meyer et al. 1983) comme outre-Manche où « context » est fréquemment employé en ce sens, sur les fouilles urbaines de Londres notamment (Barker 1977, 1993 ; Spence, 1992 ; 1993), « UF » (unité de fouille - Chaillou, Moreau, Guichard 2008), ou « UC » (unité construite) dans le cas spécifique de l'archéologie du bâti (Journot 1999).

« discrétisation » du terrain en unités finies ; E. Harris exclut implicitement la possibilité d'existence de variations « continues » (ou du moins non matérialisées par une surface de contact) archéologiquement signifiantes. Or, comme nous le verrons, ce postulat ne se vérifie pas dans tous les cas, et constitue une limite du modèle.

Interfaces et relations d'antéro-postériorité : un saut dans l'abstraction chronologique

La traduction d'une interface physique observée en une relation d'antéro-postériorité est le moment crucial de l'identification stratigraphique. Les trois premières « lois » de Harris, inspirées de la géologie et liées à la loi de la gravité, se rapportent à cette signification chronologique des contacts physiques : les deux premières (loi de superposition – *dans une suite de couches et d'interfaces, tels qu'originellement créés, les unités de stratification supérieures sont plus récentes et les inférieures sont plus anciennes, car chacune a été déposée sur, ou créée par remaniement de la stratification préexistante* – et loi d'horizontalité originelle – *toute couche déposée à l'état meuble tend vers une disposition horizontale. Les strates trouvées en pendage ont été ainsi originellement déposées, ou reposent conformément aux contours d'un bassin de sédimentation préexistant* – Harris 1979b p.112) sont héritées de la géologie et concernent le processus d'accumulation simple ; la troisième (loi de continuité originelle – *un dépôt archéologique, tel que déposé à l'origine, doit être limité par un bassin sédimentaire, ou s'amincir en « bord de plume ». Donc si un bord de dépôt est exposé en vue verticale, une part de son extension d'origine a été perturbée par creusement ou érosion. Sa continuité doit être cherchée ou son absence expliquée* – Harris 1979b p.113) a pour objet l'identification des recoupements (et donc des négatifs).

Au-delà de la superposition et du recoupement évoqués ci dessus, bien d'autres types de contacts physiques correspondant à une relation d'antéro-postériorité peuvent être décrits. Ces types d'interfaces physiques font fréquemment l'objet d'un vocabulaire défini dans les systèmes d'enregistrement utilisés sur le terrain (recoupement, appui, occlusion, etc.) qui peut prendre un caractère spécialisé, par exemple en archéologie du bâti (dérasement, coup de sabre, etc.)[70].

Quels que soient le type d'interface d'où l'on induit une relation d'antéro-postériorité, et la variété des termes pour décrire cette interface, cette induction aboutit à une un seul et même type de relation stratigraphique, schématisé par E. Harris au moyen d'un trait vertical entre l'unité antérieur (en dessous) et l'unité postérieure (au dessus).

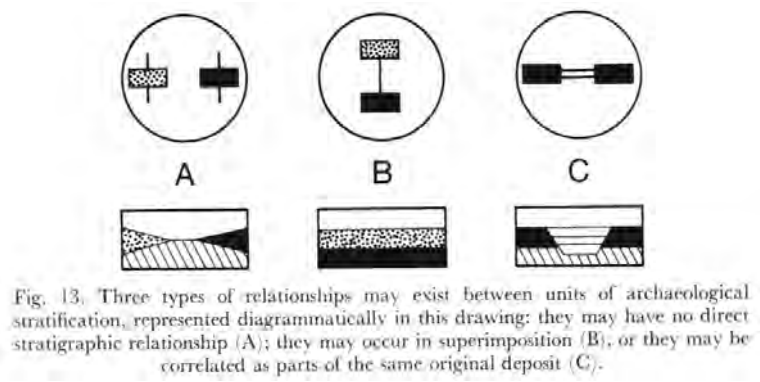


fig. 14: schématisation des relations stratigraphiques d'après E. Harris (extrait de Harris 1979)

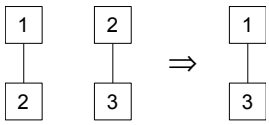
Dans cette schématisation, les caractères physiques et topographiques de l'interface n'ont plus d'importance, c'est la valeur chronologique de la relation qui est seule retenue, et qui servira seule à la construction de la chronologie stratigraphique exprimée par le diagramme. Le saut dans l'abstraction évoqué par E. Harris à propos des interfaces consiste en ce passage de l'interface

70 La liste de types d'interface utilisée dans l'application Stratibase (jointe en 2e partie de la thèse) qui reprend ou adapte des définitions couramment utilisées, est un exemple, non limitatif ni exclusif, de lexique de ce type.

proprement dite (physique et topographique) à la relation (purement logique et chronologique) qui en est tirée. La distinction entre interface physique et relation logique et la claire caractérisation de ces relations logiques sont fondamentales, car elles sont nécessaire à la réalisation du diagramme, et elles sont à la base de toute tentative de formalisation de traitement (Sharon 1995).

Précisons à ce sujet un point de vocabulaire : dans la suite de ce travail (ainsi que dans l'application *le Stratifiant* présentée en deuxième partie de la thèse), l'emploi de « sur » et « sous » concernant la position stratigraphique d'une US renvoie à la relation logique et non physique ; ces termes sont utilisés comme des synonymes (plus courts) de « antérieur à » et « postérieur à ». Parlant de l'aspect physique de la relation (pour distinguer une interface résultant d'une simple accumulation d'un recoupement par exemple), on utilisera « se superpose à »

Concernant ces relations logiques abstraites, il faut noter que les archéologues, en utilisant la stratigraphie comme un outil chronologique, établissent implicitement l'existence de relations supplémentaires, non matérialisées par des contacts physiques sur le terrain, obtenues par pure déduction logique. En effet la proposition suivante : « si la fosse 1 est postérieure au mur 2, si le mur 2 est postérieur à la fosse 3, alors la fosse 1 est postérieure à la fosse 3 » (même si il n'existe pas de contact direct entre les fosses), a pour tout fouilleur le caractère d'une évidence. En d'autres termes, elle est acceptée comme un syllogisme, que l'on peut exprimer par le schéma suivant :



le statut des relations logiques d'antéro-postériorité est donc clair : ce sont des relations de succession, qui ont sans équivoque la propriété d'être déductibles les unes des autres[71].

Interfaces et relations de synchronisme : une ambiguïté

E. Harris, et les fouilleurs qui appliquent ses principes, distinguent une autre catégorie de relations, qui se rapporte à la notion de synchronisme stratigraphique. Pour E. Harris, qui emploie le terme de « correlation » (dérivé de la stratigraphie géologique) et qui précise cette notion entre son premier article de 1975 et son ouvrage plus complet de 1979, des unités actuellement séparées mais résultant d'un seul dépôt divisé après sa formation (par exemple un sol postérieurement recoupé par une tranchée) peuvent être enregistrées comme synchrones, c'est à dire être considérées comme une même étape de la chronologie stratigraphique, dans la mesure où elles constituaient une même unité à l'origine.

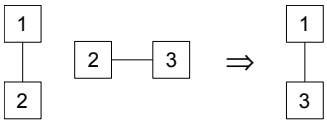
Cette sorte de synchronisation stratigraphique a une particularité, que pointe Steve Roskams (2001) : ce que le fouilleur a devant les yeux dans le cas de « corrélation » proposé par E. Harris, ce sont deux unités sans relation entre elles au moment de la fouille ; supposer qu'il s'agit d'une même unité à l'origine est une hypothèse, une extrapolation portant sur un état disparu de la stratification, et non une observation de l'état effectif de cette stratification. Le synchronisme ainsi enregistré ne se situe donc pas au même niveau d'information que la relation d'antéro-postériorité induite de l'interface directement perçue par le fouilleur.

Cette différence de niveau entre observation et interprétation transparait dans les pratiques d'enregistrement. En France, la synthèse rédigée en 1987 à partir de l'expérience croisée des principaux systèmes d'enregistrement de fouilles urbaines de l'époque (Randoin 1987, p.75), reconnaît, pour les relations de synchronisme (au sens large), non pas un seul type de relation à

71 Cette déductibilité des relations d'antéro-postériorité, que l'on pose ici comme un axiome, est importante, car nous verrons plus loin (chap. 3) qu'elle fonde la formalisation de l'antéro-postériorité stratigraphique en tant que relation d'ordre mathématique munie de la propriété de transitivité

figurer sur le diagramme (comme pour l'antéro-postériorité) mais deux[72] : d'abord la corrélation au sens de Harris, dite « équivalence » ; à quoi s'ajoute une relation dite « d'égalité » qui, elle, est basée sur l'observation et non l'interprétation, car elle « ne s'applique que lorsque la continuité physique de la couche a pu être observée » ; ce qui revient à « noter que deux numéros ont été attribués à une même couche ». Cette distinction, qui se ramène bien à la différence entre une continuité observée et un synchronisme extrapolé, est reprise par un grand nombre de systèmes d'enregistrement actuels. Sur le diagramme, elle se traduit par une représentation différente ces deux types de relation de synchronisme (par un simple ou un double trait horizontal par exemple).

Si cette différence de niveau d'information est bien perçue (ce qui est judicieux du point de vue de la validité scientifique de l'enregistrement), on constate que ses conséquences logiques posent parfois problème, ce qui fait des synchronismes (au sens large) des relations au statut moins clair que celui des relations d'antéro-postériorité. En effet, la proposition logique « si la fosse 1 est postérieure au mur 2 ; si le mur 2 est synchrone avec le mur 3; alors la fosse 1 est nécessairement postérieure au mur 3 », que l'on peut exprimer par la schématisation suivante,



semble difficile, pour beaucoup de fouilleurs, à accepter sans réticences et à exprimer ainsi sur un diagramme [73] ; et l'on verra qu'au niveau du traitement des relations « redondantes » (cf. 2.2.1), E. Harris lui-même refuse implicitement une telle proposition. Réticences qui s'expliquent à notre avis sans doute par une conceptualisation abstraite moins claire et moins poussée des relations de synchronisme, mais aussi par la conscience plus ou moins explicite qu'un synchronisme issu d'une extrapolation et non d'une observation directe de continuité comporte une part d'incertitude.

Les aléa de l'identification stratigraphique : proposition d'une modalité d'incertitude

Dans la perspective d'un traitement automatisé, il nous paraît nécessaire de ne pas ignorer cette distinction, importante du point de vue du statut de l'information, entre un synchronisme « fort » (continuité observée) et un synchronisme plus « faible » (extrapolation menant à l'hypothèse d'une continuité originelle). La façon la plus simple de la prendre en compte, qui soit logiquement et mathématiquement formalisable, est d'introduire une modalité d'incertitude, permettant de clarifier les déductions possibles à partir des relations enregistrées (ce qui est indispensable en vue d'un traitement formalisé).

Il s'agit alors bien d'une même relation logique de synchronisme dans tous les cas (dont nous verrons qu'elle est assimilable à une relation d'équivalence mathématique), mais affectée ou non de cette modalité d'incertitude :

- la relation de **synchronisme certain** s'applique à des unités liées, constituant la même plus petite étape identifiable de constitution de la stratification. Il s'agit soit d'unités dont la caractérisation physique ou l'interprétation sont distinctes, mais dont la mise en place dans la stratification est liée : par un exemple un cercueil et le corps qu'il contient[74] ; soit d'une

72 Une troisième sorte de synchronisation est même évoquée, de façon plus accessoire : « *...dans certains cas une relation de synchronie est introduite pour indiquer que deux dépôts de matériaux différents ou similaires ont été effectués sur une couche commune et scellés par une même couche et qu'ils occupent donc une même position stratigraphique* » (Randoin 1987 p.75) ; ce qui semble correspondre à une relation encore plus extrapolée et interprétative que « l'équivalence » ; pour E. Harris cependant, des dépôts formés séparément (par exemple les remblais de tranchée de fondation de part et d'autres de la maçonnerie de fondation) ne peuvent être mis en synchronisme stratigraphique. Ces divergences sur la synchronisation stratigraphique sont symptomatiques du problème intellectuel qu'elle pose.

73 En particulier pour la plupart des « pilotes d'essai » utilisateurs des premières versions de l'application *le Stratifiant* présentée en deuxième partie de la thèse.

74 mais pas une cuve de sarcophage, mise en place – en principe – avant le défunt, lui même mis en place avant le couvercle du sarcophage.

même unité à tous points de vue, mais qui a reçu plusieurs numéros pour des raisons techniques (mur traversant plusieurs secteurs et numéroté dans chacun d'entre eux par exemple). Dans tous les cas, il y a observation d'une continuité (continuité physique stricte ou intrication).

Cette relation correspond à la notion « d'égalité » décrite par B. Randoin (1987), mais avec une précision : la proposition ci-dessus exposée (si A est postérieur à B, et si B est certainement synchrone avec C, alors A est postérieur à C) s'applique pleinement.

- La relation de **synchronisme incertain** s'applique lorsque le synchronisme procède, non de l'observation d'une continuité, mais d'une supposition ou d'une extrapolation. Cette relation correspond aux notions « d'équivalence » ou de « corrélation » évoquées plus haut, et d'une façon générale aux cas où les unités concernées apparaissent discontinues. La différence essentielle avec le synchronisme certain est qu'ici, la déductibilité de l'antéro-postériorité « à travers » ce synchronisme ne s'applique pas : si A est postérieur à B , et si B est peut-être synchrone avec C (mais pas certainement), alors on ne peut affirmer que A est postérieur à C (sinon à titre incertain).

Une fois posée cette modalité d'incertitude pour les synchronismes, il est logiquement cohérent, et à notre sens utile d'un point de vue pratique, de l'étendre aux relations d'antéro-postériorité. Pratiquement, en effet, il existe pour ces relations d'antéro-postériorité des cas d'incertitude irréductible, mais dont ne pas tenir compte constituerait une perte d'information : par exemple les relations d'ordre dont l'existence apparaît certaine – distinguant ainsi deux US qui ne peuvent être synchrones – mais dont le sens est hypothétique (on ne peut percevoir que de façon douteuse quelle est l'US antérieure et quelle est la postérieure) ; ces cas, repérés par Soudsky (1970) pour les relations entre maisons néolithiques, sont fréquents en particulier en archéologie du bâti.

- À la relation d'antéro-postériorité « normale », c'est à dire certaine, exposée plus haut, nous proposons donc d'adjoindre une relation d'antéro-postériorité incertaine. La conséquence de cette modalité d'incertitude est, comme pour les relations de synchronisme, que des relations certaines ne peuvent être déduites au moyen de relations incertaines : si une relation d'antéropostériorité est déduite d'un ensemble de relations observées dont l'une au moins est incertaine, alors cette relation déduite sera elle-même incertaine.

La prise en compte de l'incertitude, proposée ici, est peu courante, et il faut revenir sur la question de son opportunité, tant pour les synchronismes que pour les relations d'antéro-postériorité. On peut en effet, d'un point de vue rigoriste, la rejeter : dans cette optique, un fouilleur doit savoir identifier une relation ; si il a des doutes, il nettoie et observe plus attentivement le terrain ; et si vraiment il ne sait pas, alors il n'enregistre pas car l'enregistrement ne doit comporter que des données sûres. C'est, implicitement, la position du « père fondateur » E. Harris, qui n'évoque à aucun moment cette possibilité d'enregistrement de relation incertaine. C'est aussi celle de la quasi-totalité des auteurs d'applications informatiques de création de diagramme stratigraphiques, pour qui les relations observées par les fouilleurs sont dans tous les cas directement assimilables à des relations d'ordre et d'équivalence, n'admettant pas d'incertitude (ce qui est effectivement plus simple à traiter d'un point de vue formel).

Cependant, telle n'est pas notre position. Outre l'utilité pratique de la modalité d'incertitude proposée ci-dessus – et que les fouilleurs utilisent déjà implicitement, sous la forme des différents types de synchronismes – reconnaître et gérer l'incertitude permet au fond d'améliorer la qualité des données de terrain. Il est inévitable, en effet, sur des fouilles d'une certaine ampleur, d'avoir sur le terrain et dans l'enregistrement des zones non éclaircies, des problèmes non résolus (relations de sens incertain évoquées plus haut, interfaces non précisément ou incomplètement situées, etc.). Même si bien sûr ces zones d'ombre doivent rester les plus limitées possibles, il est nettement

préférable de les traiter au moyen de relations explicitement incertaines plutôt que de vouloir les masquer par des fausses certitudes, qui altéreraient la qualité de l'information. Faire la part du doute – de cet « *air of uncertainty* » que Clive Orton (1980) détecte dans l'identification stratigraphique – en introduisant le double niveau de l'hypothétique et du certain, garantit donc mieux la fiabilité du diagramme stratigraphique (*cf.* chapitre 5).

2.1.2. L'US, unité physique de formation du terrain archéologique

La notion de négatif et les deux étapes du cycle de stratification anthropique de Harris

La définition première de l'US en tant qu'étape de la chronologie de constitution du terrain amène à considérer comme des unités à part entière non seulement les couches pourvues d'une épaisseur matérielle, mais aussi, plus abstraitement, certaines interfaces, indépendamment des couches qu'elles séparent, lorsqu'elles témoignent de phénomènes d'érosion. Ceux-ci peuvent en effet être situés comme des événements distincts dans la chronologie : ainsi le creusement d'une fosse, antérieur à son remplissage et postérieur aux couches dans lesquelles la fosse est creusée ; mais aussi la trace observable (maçonnerie arrachée) d'un dérasement d'un mur. Ces unités particulières sont appelées *feature interface* par E. Harris, habituellement traduit par « négatif » (les négatifs sont fréquemment indiqués sur le diagramme par un signe particulier : soulignement ou symbole de creusement sous leur numéro).

E. Harris (1979, 1989) insiste sur l'importance de l'enregistrement des négatifs pour obtenir une vue plus complète de la chronologie conservée par la stratification. La notion de négatif correspond aussi aux discontinuités stratigraphiques (actions érosives faisant disparaître une partie de la stratification, souvent marquées par des interfaces formant des troncatures horizontales : dérasements, récupérations de matériaux de sols, etc.), et permet de repérer ces parts manquantes de la chronologie du site (Yule, 1992).

Ces deux types d'US, négatifs (interfaces d'érosion) et couche « positive », correspondent au processus de constitution d'une stratification archéologique vu par E. Harris : c'est-à-dire un cycle sédimentaire d'érosion et de dépôt.

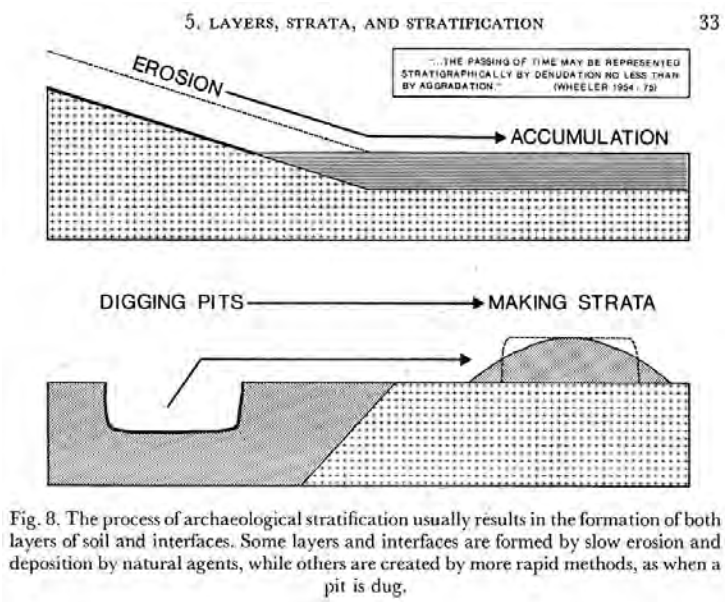


Fig. 8. The process of archaeological stratification usually results in the formation of both layers of soil and interfaces. Some layers and interfaces are formed by slow erosion and deposition by natural agents, while others are created by more rapid methods, as when a pit is dug.

fig. 15: le cycle de stratification anthropique d'après Harris (extrait de Harris 1979 fig.8)

La phase d'érosion correspond à l'origine des matériaux archéologiques, et elle est marquée par les négatifs. La phase de dépôt correspond aux couches classiques. Entre érosions (négatifs) et dépôts (couches), il faut en réalité ajouter un troisième temps intermédiaire de transport des matériaux, qui par essence ne se matérialise pas sous forme d'unités stratigraphiques ; mais qui peut être caractérisé – transport naturel ou dû à l'action humaine – au vu du dépôt correspondant.

Proposition d'un type spécifique d'US : l'unité d'altération, dans un cycle à trois étapes

Pour E. Harris, la stratification archéologique a donc une nature duelle, formé de négatifs et de couches « positives », qui témoigne d'un processus d'érosion et de dépôt. Cependant, les sciences de la Terre et les apports de la géoarchéologie amènent à considérer une troisième étape dans la formation d'un terrain, matérialisée dans la stratification de celui-ci : celle de l'altération de dépôts en place.

Il nous paraît utile d'introduire cette notion d'altération sur place en tant que type d'unité stratigraphique, au même titre que les unités de dépôt (couches) et d'érosion (négatifs), lorsqu'un phénomène d'altération peut être identifié et interprété comme une étape de la chronologie du terrain. Ce type d'US peut concerner non seulement de véritables sols pédologiques reconnus dans une stratification archéologique (paléosols anciens, voire pédogenèse développée sur un remblai artificiellement rapporté par exemple), mais aussi d'autres types d'altérations, dus à l'activité humaine : ainsi l'impact thermique affectant la paroi d'un four (rubéfaction, scorification…) constitue en soi une unité stratigraphique, postérieure à la paroi elle-même témoignant de l'étape de construction, et antérieure au comblement du four témoignant de son abandon ; dans ce cas, cette US d'altération permet de distinguer l'étape d'utilisation, entre construction et abandon.

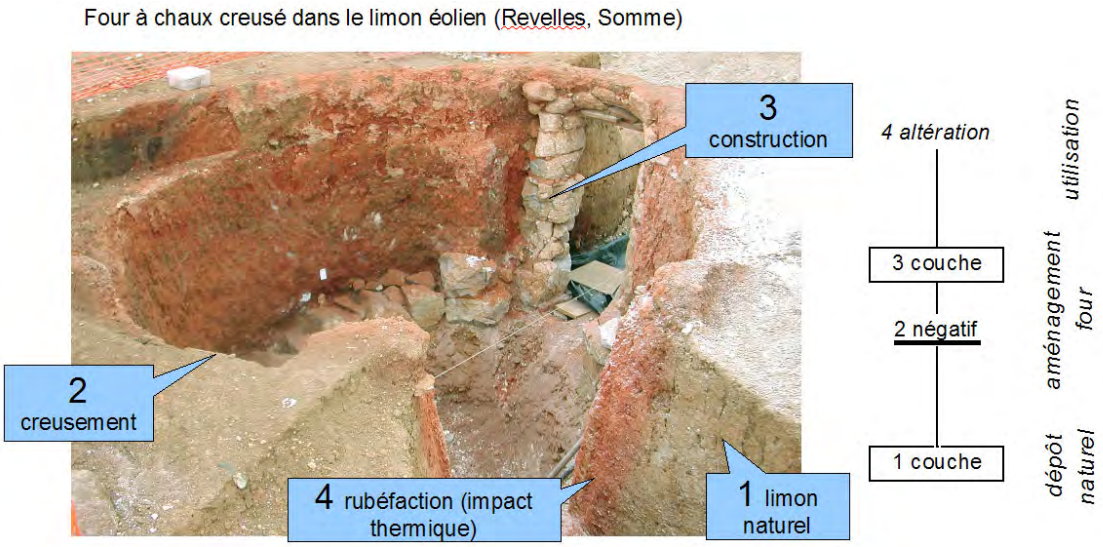


fig. 16: exemple d'unité d'altération (rubéfaction de la paroi d'un four)

Bien que E. Harris lui-même n'en fasse pas mention, ce concept d'unité d'altération s'insère dans la logique de son modèle stratigraphique. Il découle en effet directement du principe de décomposition du terrain en ses plus petites unités chronologiquement signifiantes, pour une chronologie la plus complète possible. Négliger les altérations, de même que négliger les négatifs, prive cette chronologie de certaines de ces étapes, comme le montre l'exemple du four. Par ailleurs, les US d'altération partagent avec les négatifs un certain caractère abstrait, car leur matérialité n'est pas distincte de celle des US altérées ; en effet l'interface entre l'US d'altération et l'US altérée n'est pas une surface (comme les interfaces simples et les négatifs), mais se développe dans le volume de l'US altérée, par exemple sous la forme d'horizons (pédogenèse) ou d'un gradient (impact

thermique). C'est cependant bien l'identification de cette interface qui détermine l'identification de l'unité et sa position chronologique, conformément au principe de définition des US à partir des interfaces.

En pratique, la notion d'unité d'altération permet de résoudre certains problèmes de logique d'enregistrement stratigraphique : ainsi, dans l'exemple du four, une datation par paléomagnétisme d'un prélèvement extrait de la paroi ne concernerait pas sa construction mais la dernière utilisation du four ; c'est donc bien à l'US d'altération (matérialisée par les traces d'impact thermique), témoin de l'utilisation de ce four, que se rapporte cette datation, et non à l'US désignant la paroi du four elle-même. Ou encore, dans le cas d'une couche labourée, avec des vestiges partiellement en place mais désorganisés par les labours ; dans ce cas, considérer la couche labourée comme un dépôt sédimentaire, apporté et superposé au terrain sous-jacent, est clairement faux : cette couche labourée – là encore témoignant d'une étape de l'occupation du site – peut être considérée comme une unité d'altération (l'impact destructif des labours étant d'ailleurs déjà qualifiable, d'un point de vue pédologique, d'horizon d'altération anthropique – Poupet 1999).

Toujours d'un point de vue pratique, l'unité d'altération peut aussi servir à qualifier, au moins dans un premier temps, les « terres noires » urbaines évoquées précédemment (la tranche peu lisible située stratigraphiquement entre les niveaux antiques et ceux du Moyen Âge central, fréquemment présente dans les villes du nord-ouest européen, dont on a vu qu'elle constituait un problème que l'approche en aire ouverte stratigraphique, et l'analyse stratigraphique de Harris n'ont pas réussi à résoudre – *cf.* 1.3.5). Sans entrer ici en détail dans le débat et la recherche sur ces « terres noires », il est néanmoins possible d'affirmer qu'une vision strictement sédimentaire, envisageant un apport massif de matériaux formant dès l'origine d'épais remblais sombres, à toutes les chances d'être fausse. Les travaux récents tendent à indiquer qu'il s'agit du produit d'interactions entre des apports anthropiques successifs (témoignant de modalités spécifiques d'occupation et non pas d'un abandon) et des activités naturelles de transformation biologique sur place, avec pour effet une perte de lisibilité (mais pas toujours la disparition totale) des interfaces de stratification autour des structures aménagées quelquefois repérables mais « flottant » dans ces terres noires. Considérer un niveau de terres noires du point de vue de ce processus de transformation sur place conduit à l'enregistrer comme une unité d'altération. Cette qualification globale en tant qu'unité d'altération ne résout évidemment pas le problème de l'étude et de l'interprétation de ces terres noires ; elle n'est que préliminaire[75], sous réserve d'une approche plus fine[76]. Elle permet néanmoins, en première approche, lorsqu'une tranche de terres noires est rencontrée dans un diagnostic urbain par exemple, de réinsérer celles-ci sans contresens stratigraphique dans la chronologie relative d'ensemble[77]. Ainsi une structure identifiable « flottant » dans les terres noires (alignement de pierres, calage de trou de poteau, etc.), qui pose un problème de localisation stratigraphique, peut être enregistrée (au moins) comme antérieure à (« altérée par ») l'unité d'altération désignant ces terres noires ; ce qui ne signifie pas que les sédiments qui entourent ces structures ont été apportés après, mais que le processus de transformation sur place qui a donné à ces sédiments leur aspect actuel et à première vue homogène de « terres noires », était encore actif pendant et après la mise en place de la structure « flottante » (sans quoi celle-ci surmonterait ou recouperait distinctement les terres noires).

75 Tout comme l'appellation même de « terres noires », qualifiée par Henri Galinié de « concept d'attente » (Galinié 2004).

76 Telles celles menées ou en cours sur plusieurs villes, et dont il est souhaitable qu'elles se poursuivent et s'étendent : Borderie 2006 ; David dir. 1997, Fondrillon 2007, Guyard dir. 2003

77 Ce risque de contresens stratigraphique lié au fait de considérer ces terres noires comme de simples dépôts sédimentaires est pointé par Henri Galinié ; celui-ci, pour situer archéologiquement le cas des terres noires, distingue deux principaux types de couche : celles « *qui ne subissent pas de transformations post-dépositionnelles intrinsèques* » (type A) de sorte qu'une lecture stratigraphique normale, restituant l'ordre de mise en place du terrain, est possible ; et celles (type B), telles les terres noires, « *sujettes à des évolutions taphonomiques radicales* », de sorte que leur « *lecture stratigraphique directe, rapide... présente de très forts risques d'inexactitude* » et que «*...ce que l'on observe et décrit stratigraphiquement est au mieux le résultat de cette transformation, et non la restitution de l'ordre de formation de la stratification observable* ». (Galinié 2004 p.20-21).

Plus généralement, d'un point de vue conceptuel, ces trois grandes catégories d'US (négatifs, dépôts et altérations) se réfèrent à un processus de formation de la stratification envisagé de façon plus large que les deux seules étapes d'érosion et de dépôt : les matériaux issus de l'érosion anthropique (dont témoignent les négatifs) forment de nouveaux dépôts, lesquels, ensuite, subissent éventuellement une altération sur place (là encore ce cycle inclut une étape de transport des matériaux entre érosion et dépôt, mais non matérialisée dans la stratification observable). Ce cycle intègre dans les catégories de la stratigraphie archéologique la double approche de la géoarchéologie (Goldberg, MacPhail, 2006) : celle du sédiment (c'est à dire de l'apport de matériaux déplacés), et celle du sol (au sens pédologique, c'est à dire de la transformation sur place des matériaux). Les stratifications anthropiques denses de type urbain résultent en effet de ce mélange de dynamique sédimentaire, et de formation de sol au sens de l'évolution *in situ* des sédiments (Fondrillon 2007).

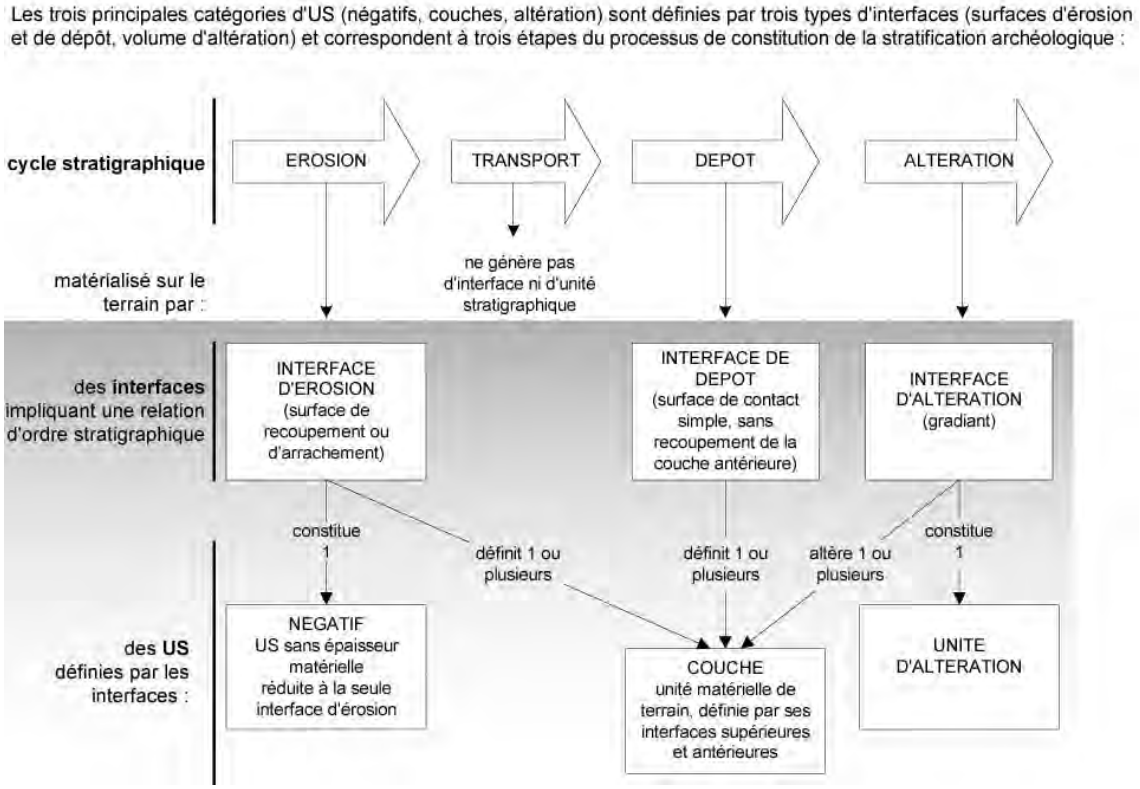


fig. 17: schéma du processus de stratification (érosion - dépôt - altération)

Les caractères « non historiques » des unités stratigraphiques

A la base de l'analyse du terrain selon E. Harris, se trouve donc l'identification purement stratigraphique de chaque unité, en amont de toute interprétation fonctionnelle, cuturelle ou historique. Cette identification, qui consiste d'abord en la définition de l'US au moyen de ses interfaces, se prolonge en ce que E. Harris appelle les « aspects non historiques » de la stratification (*cf.* ci-dessus 1.3.2), c'est à dire la nature géomorphologique de l'US, du point de vue du processus de mise en place du relief formé par chaque état successif du site archéologique. Pour E. Harris, ce processus inclut le relief préexistant et les agents naturels, mais elle est spécifiquement caractérisée par l'intervention de l'homme, sous trois aspects : par la capacité des hommes à s'opposer à la loi naturelle de la gravité lors du dépôt des matériaux constitutifs de la stratification ; par leur intervention comme agent de transport de ces matériaux ; et corollairement par leur capacité à créer des bassins sédimentaires : « *L'histoire de l'Humanité, depuis le campement autour du foyer primitif jusqu'au territoire d'une cité moderne, est largement une histoire de la mise en place de nouveaux bassins sédimentaires, ou de limites à propriétés stratigraphiques* » (Harris 1979 p. 35).

Ces différents aspects permettent à E. Harris de détailler sa dichotomie de base dépôt / négatif en plusieurs catégories d'US. D'après ses définitions, il est possible de restituer cette catégorisation sous forme d'une arborescence :

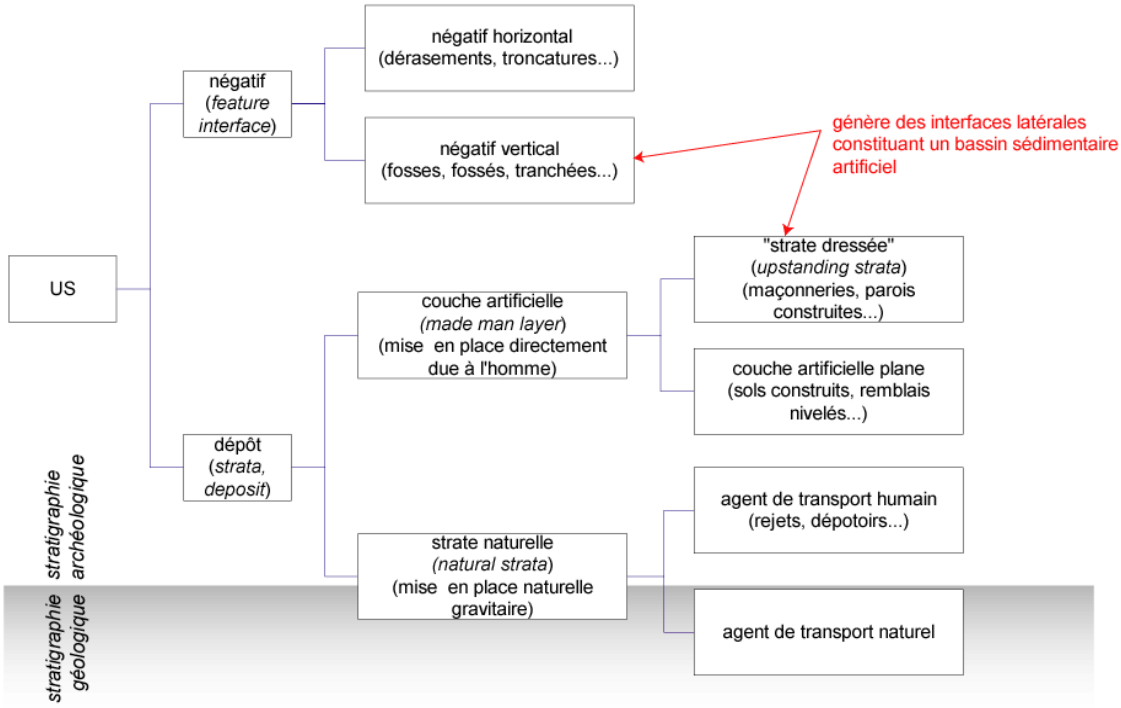


fig. 18: les types d'unités stratigraphiques d'après Harris (1979, chap. 5 et 6)

- Du point de vue de la loi de la gravité d'abord, E. Harris (1979) subdivise les dépôts en « artificiels » et « naturels ». Les couches artificielles (*made man layer*) se caractérisent par des matériaux dont la disposition n'est pas exclusivement due à une mise en place gravitaire naturelle, mais qui ont été au moins en partie disposés ou façonnés sur place par l'homme ; par exemple une construction maçonnée, ou un dépôt funéraire ou votif aux éléments intentionnellement disposés. Au contraire, la disposition des matériaux des dépôts « naturels » (*natural strata*) est entièrement naturelle et gravitaire ; par exemple l'accumulation des rejets dans un dépotoir ; cette catégorie de dépôt est la seule à s'inscrire totalement dans le paradigme de simple accumulation qui sous-tendait la stratigraphie classique : « *De tels dépôts naturels tendent à s'accumuler suivant le schéma classique de superposition des couches. Les strates créées par l'homme (man-made layer) ne suivent pas nécessairement ces tendances* » (Harris 1979 p.35).
- Ces dépôts, « naturels » du point de vue de leur disposition, peuvent néanmoins être des couches archéologiques : pour E. Harris, c'est l'identification de l'agent de transport des matériaux en amont de leur mise en place – deuxième aspect fondant la caractérisation des couches – qui sépare les dépôts relevant de la stratigraphie archéologique (transport dû à l'homme, comme pour un dépotoir), de ceux relevant de la stratigraphie géologique (agent de transport naturel).
- Du point de vue de la création de nouveaux bassins sédimentaires, E. Harris distingue dans les dépôts artificiels ceux dont la disposition forme une nouvelle limite de sédimentation : les murs et parois construites (*upstanding strata*). Il subdivise de même les négatifs en deux types : « vertical », générant un bassin sédimentaire (c'est à dire les creusements ou trous

de toute nature : fosses, fossés, etc.), et « horizontal », correspondant à un phénomène d'érosion ne générant pas de limites de bassin sédimentaire ; pour E. Harris il s'agit des destructions par dérasement des *upstanding strata*, mais on peut logiquement étendre cette catégorie à toute troncature de dépôts préexistants (due à un nivellement par exemple).

Les équipes de fouille ayant adopté la stratigraphie « harrissienne » ont en général développé leurs propres vocabulaires, recouvrant leurs propres systèmes de caractérisation des unités. Ces derniers reprennent fréquemment des éléments formulés par E. Harris (en particulier la notion *d'upstanding strata*, que l'on retrouve dans plusieurs systèmes d'enregistrement français comme « unité construite » ou UC), en y intégrant des apports plus récents ou plus spécialisés.

D'une façon générale, on peut retenir de la démarche de E. Harris et de sa notion « d'aspects non historiques » le principe d'un questionnement en relation avec le processus de formation de l'unité : quelle est l'origine des matériaux ? Le type de transport, de mise en place ? Avec pour ces deux dernières étapes de transport (pour les sédiments) et de mise en place, une première distinction élémentaire entre agent naturel ou action humaine de transport, et disposition artificielle (par empilement pour constituer un mur par exemple) ou naturelle (gravitaire le plus souvent) des matériaux. Conduire la caractérisation des unités au moyen d'un questionnement de ce type est une façon d'éviter les descriptions « neutres », non reliée à une signification en termes de processus de formation ou d'interprétation culturelle ou historique, et par conséquent inexploitables.

Fixer des catégories définies d'enregistrement en fonction de ce questionnement n'est pas inutile, car ces catégories constituent un cadre pour structurer la description et l'interprétation, et ensuite forment un jeu de mots-clé qui facilite la manipulation de l'information. Mais elles ne doivent pas figer ou limiter l'interprétation, ni économiser l'observation et la description documentant cette interprétation.

« Anthropo-relief » et « anthropo-sol »

La catégorisation des US proposée par E. Harris, très cohérente formellement, a pour objet essentiel « l'anthropo-relief » ; en effet, elle analyse prioritairement le processus de création de relief par l'homme. La limite de cette approche est, comme on l'a vu, qu'elle est exclusivement sédimentaire ; l'étape de transformation sur place des sédiments, et donc la notion de sol au sens pédologique, n'est pas prise en compte. Suppléant à cette lacune, le développement (en particulier grâce aux apports de la géo-archéologie), de l'étude de la formation de sols liée à l'occupation humaine, explorée par les préhistoriens depuis les années 1960, est aujourd'hui, un axe de recherche en archéologie historique urbaine (notamment à travers l'étude des terres noires).

La notion de « sol » est prise ici dans le sens des sciences de la terre et de la pédologie, c'est à dire d' « *entité superficielle et souvent meuble, résultant de la transformation au contact de l'atmosphère et des êtres vivants... d'un matériau minéral... sous l'influence de processus physiques, chimiques et biologiques* » (Girard et al. 2005 p.4). L'Homme, de même qu'il peut être un agent du processus sédimentaire d'érosion et de dépôt, peut en effet être un agent de pédogenèse à travers les processus biologiques, physiques et chimiques de transformation des matériaux ou sols précédents générés (volontairement ou non) par la circulation, les activités, les rejets ; on peut alors parler « d'anthropo-sol » (Girard et al. 2005). L'attention nouvelle portée à l'analyse de « l'anthropo-sol », complétant celle de « l'anthropo-relief » systématisée par E. Harris, représente une évolution conceptuelle majeure pour la stratigraphie archéologique.

Cette évolution récente très positive a, cependant, pour effet d'aggraver la polysémie de l'expression « sol archéologique », qu'il est nécessaire de clarifier : le « sol archéologique » peut désigner, globalement, toute la stratification archéologique ; il peut désigner, plus localement, des unités archéologiques qui du point de vue de leur processus de formation sont des sédiments, et non des

sols. C'est le cas des sols construits ou aménagés, formés par apport de matériaux volontairement disposés (sable, carreaux glaçurés, béton, bitume, gravier, mosaïque polychrome, etc.), de façon à régulariser et stabiliser une surface destinée à la circulation (éventuellement en lui donnant une valeur esthétique, sociale ou symbolique particulière). Il peut aussi désigner un anthropo-sol, tel qu'évoqué ci dessus, résultant principalement d'un processus de pédogenèse ; ou encore des cas intermédiaires d'unités formés par apports de matériaux encore identifiables, mais ayant subi des transformations sur place du fait par exemple du piétinement et de la circulation (« couche d'occupation »). Le « sol archéologique » signifie aussi dans certains cas la seule surface sur laquelle une occupation humaine a laissé des traces directes sous forme d'aménagements ou d'éléments volontairement ou involontairement déposés ; dans ce sens, il correspond à une interface stratigraphique et non à une unité. La notion de « sol archéologique » ne se confond donc pas avec le sol au sens pédologique : la première relève de l'interprétation fonctionnelle et culturelle des unités distinguée par l'archéologue (cf. ci-dessous 2.1.3) ; le second de leur processus de formation. Nous utiliserons ici les termes « sols construits », « sols aménagés » dans le premier sens (fonctionnel et culturel), les termes « sol » tout court ou « anthropo-sol » dans le second sens (processus de formation par transformation sur place), et l'expression « niveau de sol » dans le troisième sens évoqué ci-dessus, celui d'une simple surface.

La stratigraphie archéologique, une science autonome ?

E. Harris a beaucoup insisté sur le caractère spécifique de la stratigraphie archéologique. Pour lui, l'étude du processus de formation des stratifications anthropiques relève non de la géologie ou des sciences de la Terre, mais de la stratigraphie archéologique, qu'il érige en science pleinement autonome : « …*la stratification produite par l'homme constitue un phénomène entièrement distinct dans l'univers de la connaissance. En tant que tel il a ses propres lois, qui doivent être découvertes et définies, et nous suggérons, comme indiqué dans Harris 1979, que ces lois, sont différentes des maximes géologiques, bien qu'elles en dérivent en partie.* » (Brown, Harris 1993 p.12).

L'insistance avec lequel E. Harris affirme la nécessité d'une séparation de la stratigraphie archéologique d'avec la géologie et les sciences de la Terre (Harris 1979 ; 1992 ; 1998 ; Harris, Brown 1993) appelle de fortes nuances. E. Harris ne se réfère en effet qu'à la géologie des grandes formations sédimentaires. Les lois stratigraphiques de superposition et d'horizontalité originelle issues de celle-ci ne rendent effectivement que partiellement compte du processus de stratification anthropique ; de ce point de vue, E. Harris avec sa conception de l'occupation humaine comme créatrice de relief, a su dépasser l'idée que les vestiges d'occupation humaine ne sont que le contenu « passif » de strates entièrement soumises à ces lois naturelles. Néanmoins la stratigraphie archéologique a beaucoup à voir avec les différents domaines des sciences de la Terre que sont l'étude de la mise en place des formes du relief et du paysage (géomorphologie), l'étude de la formation sur place des sols (pédologie), et les études paléo-environnementales. Vouloir séparer la stratigraphie archéologique du contexte général d'étude du milieu, donc des sciences de la Terre, est d'autant moins judicieux que, comme E. Harris le dit lui-même, la constitution d'une stratification archéologique (comme d'ailleurs à plus grande échelle les formes de l'occupation humaine d'un territoire) est le produit d'interactions incessantes entre l'activité humaine et les facteurs naturels.

On peut néanmoins retenir de cette « revendication autonomiste » le fait que les stratifications anthropiques ont effectivement des caractères spécifiques, qui peuvent être insuffisamment pris en compte si l'on considère qu'il s'agit simplement d'un cas particulier des dynamiques naturelles qu'étudient habituellement les sciences de la Terre.

Ainsi, un regard exclusivement lithologique, emprunté à la géologie (qui marque encore fréquemment les sondages et études géotechniques opérés dans des stratifications anthropiques, centres-ville historiques ou monuments historiques par exemple) peut conduire à des

représentations intellectuelles erronées, ou du moins incomplètes, de cette stratification anthropique, perçue comme une simple accumulation de couches horizontales, ou comme un vaste remblai hétérogène non structuré, peuplé de maçonneries, blocs et artefacts erratiques...

Par ailleurs, sans remettre en cause les apports de l'étude des sols évoqués plus haut, un regard exclusivement pédologique porté sur la stratification anthropique peut conduire à une certaine dissolution de cette dernière dans la notion de sol[78]. L'expression « production de sol » fréquemment utilisée pour le processus de formation du sous-sol anthropique urbain, ne doit pas faire oublier que l'occupation humaine ne produit pas que du sol, au sens des sciences de la Terre : elle produit aussi du relief, succédant aux niveaux de sols préexistants : en profondeur, avec de multiples creusements (jusqu'aux actuels parkings souterrains de plusieurs dizaines de mètres de profondeur), et en hauteur , avec des bâtiments en élévation (élévation qui ne l'oublions pas, est aussi un objet d'analyse archéologique et stratigraphique). Même enfoui, ce relief reste un relief, avec ses éléments structurants : creusements, *upstanding strata*, formant de multiples volumes et espaces clos (avec notamment d'importantes conséquences géotechniques). C'est, on l'a vu, un apport important des travaux de E. Harris que d'avoir développé ce point.

Il nous paraît donc judicieux d'envisager la stratification anthropique dans cette double approche, de « l'anthropo relief » et de « l'anthropo-sol », sans que l'une fasse disparaître l'autre[79]. Anthropo-relief et anthropo-sol constituent donc le domaine d'étude de l'archéologie de terrain et de la géo-archoélogie, et ne peuvent totalement se ramener aux concepts et échelles de travail (d'ailleurs variables) des différentes sciences naturelles de la Terre. En d'autres termes l'étude du processus de formation du terrain archéologique n'est pas la seule affaire des spécialistes formés aux sciences de la Terre ; et l'archéologue de terrain « généraliste » ne doit pas renoncer à son point de vue (Galinié 2004).

Ce point de vue spécifique de l'archéologue est en particulier exprimé par une conception de la stratigraphie qui n'est pas identique à la stratigraphie géologique (Stein 2005). Le champ de cette dernière, à travers l'ensemble de ses disciplines, est très large (cf. 1.2.1). La stratigraphie archéologique a un champ plus restreint : l'étude des relations chronologiques entre unités de terrain ; champ encore plus précisément défini par E. Harris, qui en a fait l'étude des relations chronologiques à partir des seules interfaces observables sur le terrain (en excluant l'idée d'une détermination stratigraphique à partir du contenu culturel des couches par exemple).

Cette spécialisation du champ de la stratigraphie archéologique est utile, car elle fait de l'analyse stratigraphique une source d'information bien définie, qui peut, au stade de la synthèse, être confrontée aux autres sources. Mais elle a pour corollaire que la stratigraphie n'est pas la seule voie d'analyse du terrain, et – même si E. Harris laisse entendre le contraire, et si les fouilleurs urbanisants ont pu un moment le croire – qu'elle n'est pas suffisante pour éclairer l'ensemble des processus de formation du terrain archéologique (comme le montre le cas des terres noires).

78 Ainsi certains archéologues préhistoriens et protohistoriens aiment employer le terme « horizon » emprunté à la pédologie pour désigner les couches archéologiques, même lorsque ce sont des unités sédimentaires

79 On peut noter qu'envisager l'occupation humaine sous ce seul angle « géo-archéologique » de production d'anthropo-relief ou d'anthropo-sol est déjà culturellement révélateur : cela permet même d'esquisser une périodisation large des villes d'origine antique du nord-ouest européen concernées par le phénomène des terres noires : l'occupation urbaine du Haut Empire est principalement productrice de relief. Puis l'épisode urbain qui suit reflète une occupation produisant, globalement, plus d'anthropo-sol (les terres noires) que d'anthropo-relief (ce dernier est limité aux bâtiments religieux, à l'entretien des murs, à quelques autres aménagements insignes ; mais il est ponctuel). Puis au second Moyen Âge et à l'époque moderne, l'occupation urbaine est à nouveau principalement productrice d'anthropo-relief (dans lequel des anthropo-sols prennent localement place) ; relief valorisé dans les représentations de la ville, figurant de hauts murs et d'encore plus hauts clochers et flèches d'églises : la ville est alors effectivement perçue comme un élément du paysage qui dépasse, et s'élève au dessus de l'espace environnant. Enfin, l'occupation urbaine contemporaine voit une formidable multiplication de la production d'anthropo-relief, jusqu'à saturation parfois de la perception de ses habitants, marquée, en France, par le sentiment négatif qui prévaut aujourd'hui à l'idée de construction de grandes tours (mais cette forme paroxysmique d'anthropo-relief est encore ressentie comme une parure urbaine à Shangaï, Singapour ou aillleurs... et comme un symbole à détruire, focalisant la haine, à New-York en 2001).

Ainsi, s'il ne doit pas abdiquer son point de vue, le fouilleur « stratigraphe » a beaucoup à perdre à ne pas le confronter avec ceux des sciences de la Terre. En effet, il faut remarquer que si les apports de la géoarchéologie – entendue comme l'interface entre l'archéologie et les sciences de la Terre (Goldberg, MacPhail, 2006) – peuvent aller dans le sens de l'analyse « harrissienne » du terrain en déterminant ou en confirmant des interfaces (c'est le cas en particulier de la micromorphologie dont, comme le dit Jean-Paul Bravard, l'échelle d'étude se situe directement au niveau de l'unité stratigraphique telle qu'elle est étudiée par l'archéologue de terrain – Bravard *et al.* 1999 p.7)[80], ils peuvent aussi dépasser cette analyse, au delà de l'isotropie chronologique et culturelle de l'US qu'elle postule implicitement, en mettant en évidence des variations archéologiquement significatives à l'intérieur même d'une unité stratigraphique (définition de microfaciès, par exemple à partir d'analyses de taux de phosphate permettant de repérer des zones de stabulation du bétail – Goldberg, MacPhail, 2006).

C'est donc dans l'interdisciplinarité marquée par l'émergence actuelle de la géoéarchéologie, mobilisant les sciences de la terre dans des problématiques archéologiques, et dans les questionnements croisés, influant en retour les pratiques et les problématiques des fouilleurs et des géoarchéologues, que résident les plus fortes possibilités actuelles de progrès de la stratigraphie archéologique, et de la connaissance des processus de formation du terrain archéologique.

2.1.3. L'US unité d'interprétation culturelle et historique du site

Interprétation culturelle et historique des unités

Outre sa caractérisation du point de vue du processus de formation de la stratification, l'unité est interprétée d'un point de vue culturel, comme un événement de base de l'histoire de l'occupation du site. Cette interprétation culturelle et historique est par exemple celle d'une couche construite (c'est à dire formée de composants artificiellement disposés et empilés) comme « mur de chevet d'église », ou celle d'une couche anthropique mais non artificiellement aménagée, formée par simple accumulation gravitaire de déchets rejetés dans un espace défini, comme « dépotoir ». Il y a bien sûr un aspect artificiel à décomposer ainsi l'analyse en plaçant l'interprétation culturelle de l'unité après son identification en termes de processus de formation : certaine couches sont d'interprétation culturelle évidente et immédiate pour le fouilleur (les unités constitutives d'un mur ou d'une sépulture à inhumation par exemple) ; et beaucoup de systèmes d'enregistrement, pour décrire l'US, ne retiennent pas cette distinction entre nature relative au processus de formation, et interprétation culturelle et historique de l'US. Processus de formation et interprétation culturelle et historiques sont d'autant moins à isoler l'un de l'autre que les apports de la géoarchéologie et des études paléoenvironnementales éclairent fréquemment les deux à la fois.

Cette distinction correspond néanmoins à celle entre « aspects non historiques » et « aspects historiques » proposée par E. Harris. Si elle n'a à notre avis rien d'obligatoire, elle a le mérite, comme toute approche analytique, d'obliger le fouilleur à expliciter et systématiser ses observations ; et elle est pratique pour organiser le questionnement car elle revient à s'interroger sur « l'effet » (le processus de formation) puis sur la « cause » (l'évènement, les activités, les comportements à l'origine de ce processus).

80 Un exemple de définition d'aide à la définition d'unités stratigraphiques grâce la géoarchéologie (micromorphologie et analyses chimiques) est la mise en évidence, en Grande Bretagne et en Suède, de dépôts témoignant de l'occupation de fonds de cabane, à la base et distinct de leur remplissage d'abandon (Goldberg, MacPhail, 2006, p.244).

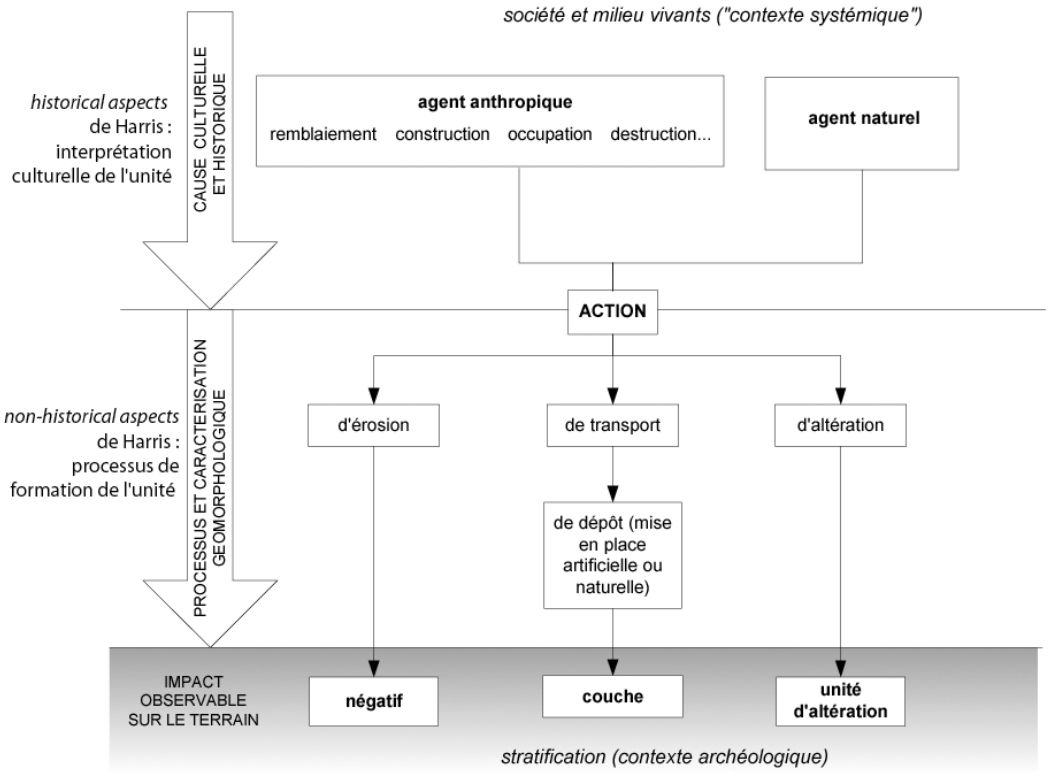


fig. 19: de l'évènement à l'US : interprétation culturelle et processus de formation

Sous ces aspects d'interprétation historique et culturelle, les US peuvent aussi être classées en grandes catégories, tels les six types proposés dans la synthèse de 1987 (Randouin éd. 1987) : construction, occupation, destruction, abandon, remblai, terrain naturel. Cette catégorisation était essentiellement destinée à faciliter le regroupement des US en macro-unités (séquences) témoignant du même évènement ou de la même étape dans l'évolution de l'occupation. Elle a été rassemblée par H. Galinié (1999) en cinq sortes : unités liées à la construction, à l'occupation, à la destruction, aux aménagements par creusement et remblaiement, et enfin aux apports naturels. Les rapports entre processus de formation et interprétation des unités ont été étudiés récemment par Mélanie Fondrillon, avec pour point de départ un tableau typologique à deux niveaux de l'interprétation fonctionnelle des couches élaboré par M. Fondrillon et Amélie Laurent (Fondrillon 2007).

Type fonctionnel	Sous-type fonctionnel
Occupation extérieure	Circulation
	Jardin
	Mise en culture
	Mise en herbe, pacage, pâturage
Occupation intérieure	Occupation intérieure
	Foyer
Construction	Structure construite
	Terre battue
	Cailloutis
	Empierrement
	Déchets de taille
	Préparation torchis
	Aire de gâchage
Destruction	Décomposition/dégradation lente
	Démantèlement/récupération
	Destruction *in situ*
Remblai-aménagement	Obstruction
	Remblai de démolition
	Nivellement/assainissement
Comblement/remblai-usage	Rigole/égout
	Mises en eau
	Fosse-dépotoir
	Zone dépotoir
Naturel anthropisé	Alluvial-dépotoir
	Alluvial-circulation
	Colluvial anthropisé
Naturel	Alluvial
	Colluvial
	Eolien

fig. 20: typologie fonctionnelle des couches (extrait de Fondrillon 2007 p.158)

Ces catégories interprétatives font là encore l'objet de nombreux systèmes, plus ou moins détaillés, en usage dans les équipes de fouille. Dans tous les cas, comme les catégories relevant du seul point de vue du processus de formation, elles ne constituent qu'une caractérisation minimale et ne doivent pas limiter une éventuelle analyse interprétative détaillée de l'unité considérée.

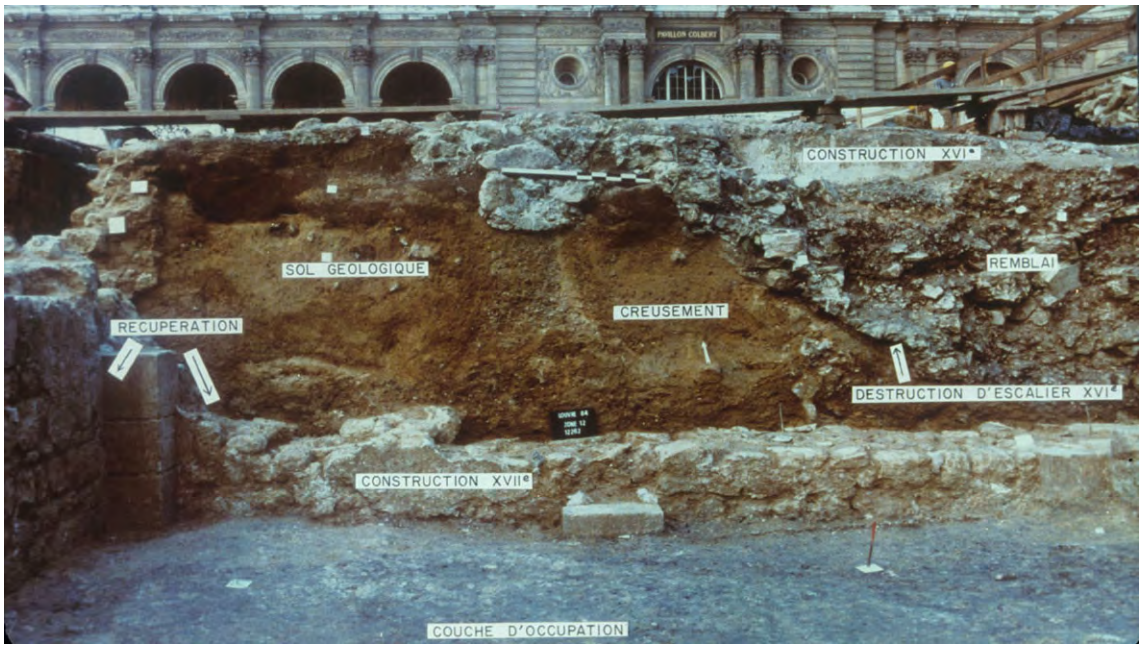


fig. 21: exemple d'interprétations des unités - Paris, fouilles du Louvre, cour Napoléon, 1985 (document AFAN CRDP)

Vers une interprétation culturelle et historique des relations stratigraphiques : rupture ou continuité d'occupation ?

Quelles que soient les catégories d'interprétation utilisées et le caractère plus ou moins détaillé de cette interprétation, interpréter les unités stratigraphiques en termes historiques et culturels est une condition nécessaire de la construction du discours de synthèse sur l'évolution du site, au delà de la stricte chronologie.

Nous souhaitons ici proposer l'idée que cette question de la signification culturelle et historique, que l'archéologue se pose systématiquement (à juste titre) concernant l'US, est aussi à poser pour la relation stratigraphique entre deux US. En effet, une relation n'est pas seulement un type de contact physique (superposition, recoupement, etc...) renvoyant au processus de formation du terrain, ni seulement un élément de stricte chronologie relative (avant /après). La relation n'est pas culturellement et historiquement « neutre » : elle témoigne d'une forme de passage d'un état historique du site à un autre.

Dans cette perspective d'interprétation culturelle des relations, une première question peut être posée, portant sur le couple d'opposition rupture/continuité : s'agit-il d'une relation signifiant la destruction ou l'abandon de l'aménagement ou du type d'occupation dont témoigne l'unité antérieure (rupture), ou signifiant au contraire le maintien de l'aménagement ou du type d'occupation dont témoigne l'unité antérieure (continuité) ?

Le premier cas, de rupture, correspond par exemple à l'installation d'un nouvel aménagement, qui entraîne la condamnation des structures précédentes : ainsi le remblai d'un ancien puits, sur lequel on reconstruit un sol ; ou encore la destruction d'une ancienne fondation, recoupée par une cave. Dans le dernier exemple, entre les deux unités interprétables comme liées à un acte de construction que sont la fondation et le creusement de cave postérieur, il existe une relation qui, elle, est une

relation de destruction (la notion de « destruction », de notre point de vue, porte en effet au moins autant sur l'interprétation des relations que sur celle des unités). Le second cas, de continuité, est par exemple celui d'une reprise de construction ou d'une réparation d'un mur, postérieure à sa construction, mais qui signifie le maintien de l'existence de cette construction dans le paysage fonctionnel et matériel de la société concernée.

Cette question rejoint celle soulevée par Martin Carver (1990) et Patricia Paice (1991) sur l'insuffisance de la seule chronologie stratigraphique exprimée par la *Harris Matrix* à rendre compte de ce que l'on peut appeler la « durée de vie culturelle » des unités stratigraphiques (et des faits ou structures dont elles font partie). Prenant l'exemple du sol construit d'un espace bâti, postérieur aux murs dans l'ordre de mise en place et indiqué comme tel sur le diagramme stratigraphique, M. Carver estime que la seule expression de cette relation « sol postérieur aux murs » est insuffisante, voire trompeuse, alors que le sol et les murs ont fonctionné ensemble : mis en place certes l'un après les autres, ils ont néanmoins eu ensuite une « durée de vie » commune, correspondant à l'occupation de l'espace bâti ainsi aménagé. L'archéologue peut percevoir quand cette « durée de vie » des murs prend fin : avec la plus ancienne unité stratigraphique qui non seulement est postérieure aux murs, mais qui implique aussi la destruction de ceux-ci (par exemple le négatif de dérasement des murs pour laisser place à un nouvel aménagement). Effectivement, la *Harris Matrix*, du point de vue de cette « durée de vie » des US, ne montre que leur « naissance » (leur ordre de mise en place), mais pas leur « mort » culturelle. M. Carver propose donc une représentation de la chronologie stratigraphique tenant compte de cette « durée de vie » des unités, exprimée par des traits fléchés qui vont de la « naissance » à la « mort » culturelle du fait auquel se rapporte l'unité[81].

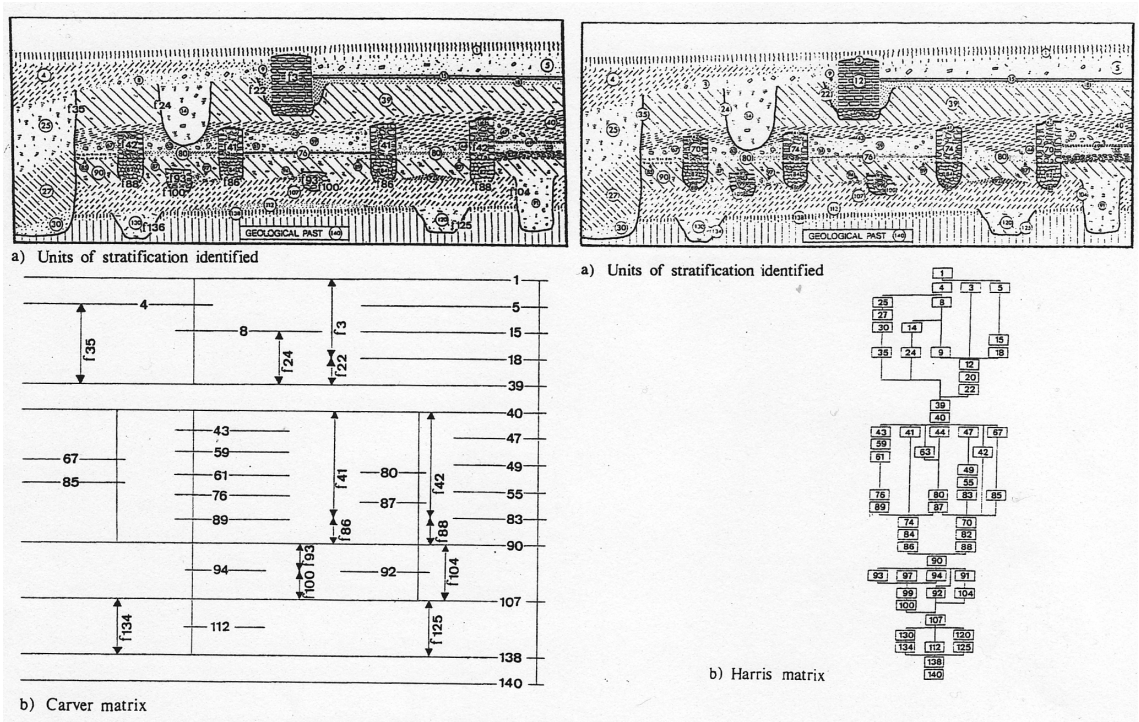


fig. 22: « Carver Matrix » (extrait de Carver 1990 fig 24 et 25)

Les remarques de Patricia Paice (1991) rejoignent celles de Martin Carver ; elle propose d'exprimer sur le diagramme stratigraphique la « durée de vie » de certaines unités (ce qu'elle qualifie de « *locus longevity* »), en particulier les murs, par la hauteur du cadre de l'unité, et des traits de relation horizontaux vers les autres unités postérieures d'installation mais contemporaines d'utilisation.

81 Représentation appliquée à l'étude du baptistère Saint-Jean de Poitiers par Brigitte Boissavit-Camus

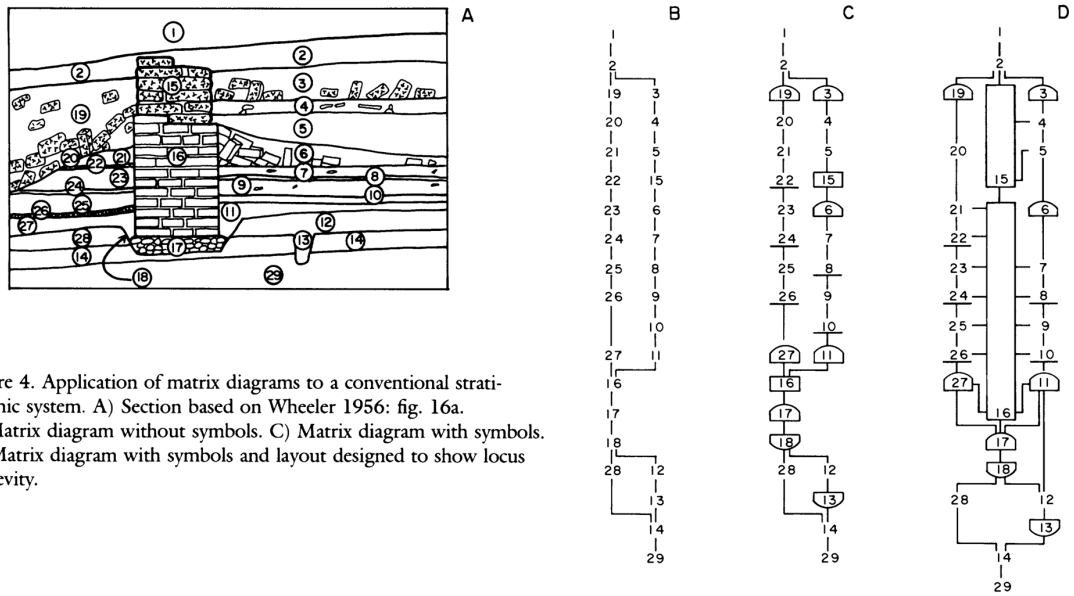


Figure 4. Application of matrix diagrams to a conventional stratigraphic system. A) Section based on Wheeler 1956: fig. 16a. B) Matrix diagram without symbols. C) Matrix diagram with symbols. D) Matrix diagram with symbols and layout designed to show locus longevity.

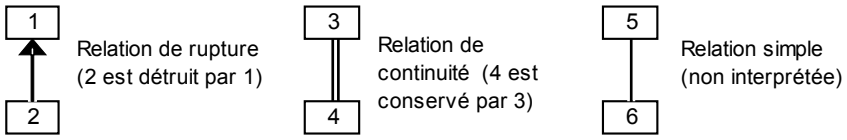
fig. 23: « Paice Matrix » (extrait de Paice 1991)

Cette notion de « durée de vie » culturelle des unités correspond à la distinction opérée par l'archéologue américain Michael Schiffer (1987) concernant les objets : ceux-ci sont en « contexte systémique » tant qu'ils sont « actifs », fabriqués, utilisés (ou réutilisés) au sein d'une société ; puis ils passent en « contexte archéologique » lorsque, perdus ou rejetés, ils se trouvent isolés du système culturel vivant et intégrés dans un dépôt archéologique, jusqu'à ce que, éventuellement, un archéologue les retrouve (et les réinjecte ainsi dans un nouveau « contexte systémique » : la société dont fait partie l'archéologue). On peut appliquer cette distinction contexte systémique / contexte archéologique aux structures et aux unités stratigraphique elles-mêmes : la « durée de vie » dont parle M. Carver correspond à l'existence de l'unité « en contexte systémique » : ainsi un mur qui continue à exister dans le paysage bâti de la société étudiée. Cette durée de vie prend fin, on l'a dit, avec la « destruction » de l'unité concernée : non pas exactement sa destruction totale – sans quoi l'archéologue n'en retrouverait plus de vestiges – mais son passage en « contexte archéologique », c'est à dire sa disparition du paysage « vivant » de la société étudiée (impliquant fréquemment son enfouissement).

Pour plusieurs auteurs, la prise en compte de cette « durée de vie » des unités au delà de leur seule mise en place relève d'un stade ultérieur à celui du traitement stratigraphique proprement dit (et donc de la réalisation de la *Harris Matrix*), c'est à dire du stade des regroupements chronologiques et culturels d'US permettant de synthétiser l'évolution du site (la mise en séquence – au sens français du terme – ou en phases) (Roskams 2001, Sharon 1995, et M. Carver lui-même, pour qui la représentation qu'il propose est une forme de traitement en aval de la réalisation d'un simple diagramme stratigraphique – Carver 1990 p.97). La proposition ici formulée de poser cette question dès l'enregistrement sur le terrain, comme un caractère à attribuer à chaque relation (lorsque c'est possible), est complémentaire : elle vise à intégrer au niveau de l'analyse, en amont, les données qui permettront ou guideront ces regroupements synthétiques.

Bien qu'au stade actuel de notre travail, ce point de l'interprétation culturelle et historique des relations soit encore à l'état de perspective (il n'est pas encore intégré dans les fonctions de l'application *le Stratifiant* présentée en deuxième partie de la thèse), une première proposition de représentation graphique simple est possible : un double trait vertical pour les relations de continuité ; un trait fléché (reprenant ainsi la proposition de Martin Carver) pour les relations de rupture ; le simple trait vertical demeurant pour les relations non interprétées (en effet la réponse à

la question « rupture ou continuité ? » est dans certains cas – comme les exemples pris ci-dessus – très claire, mais dans d'autre moins, et peut rester en suspens)



2.1.4. l'US unité d'étude des vestiges matériels recueillis

La concordance entre enregistrement des couches et recueil du mobilier

Dans la fouille stratigraphique en aire ouverte, L'US constitue l'unité normale de gestion et de traitement des éléments matériels recueillis sur la fouille (artefact, écofact prélèvements...) ; ces éléments sont habituellement identifiés par le numéro de la couche de provenance (Harris 1979). Au delà de cette identification minimale par US, l'enregistrement peut réserver, si besoin, la possibilité de repérer individuellement un objet au sein de l'US (technique de l'isolation : *cf.* par exemple Meyer *et al.* 1983). Sans rentrer dans le détail de l'enregistrement et du traitement du mobilier[82], plusieurs remarques doivent être faites quant à son importance dans l'analyse stratigraphique.

En premier lieu, il faut signaler un avantage pratique important de la fouille stratigraphique en aire ouverte : elle n'entraîne aucune rupture entre l'enregistrement du mobilier et l'enregistrement stratigraphique, à la différence de la méthode classique avec ses temps d'identification stratigraphique (sur coupe) séparés des temps de fouille et recueil du mobilier. En effet, dans une stratification anthropique dense, les inconvénients de la coupe de référence concernent aussi le mobilier ; les conseils de Wheeler lui-même – « *toutes les trouvailles doivent être enregistrées couche par couche, avec référence à la coupe levée la plus proche, en principe avec la paroi la plus proche du carré* » (Wheeler 1954, 1989, p.85) – laissent percevoir le flou et l'ambiguïté qui pouvaient accompagner l'attribution du mobilier à une couche, compte tenu des possibles variations latérales de la stratification entre les axes de coupe[83].

Caractériser la relation matériel recueilli/ contexte

Ensuite, au-delà de la bonne attribution du mobilier à son US de provenance, préciser la relation entre l'US et le mobilier qu'elle contient est un point essentiel de l'analyse stratigraphique, et de la construction des raisonnements archéologiques ; il s'agit en fait de la relation fondamentale objet / contexte archéologique, l'US étant l'unité d'analyse du terrain, c'est à dire la plus petite subdivision du contexte archéologique des découvertes[84]. Cette relation, qui a fait l'objet de réflexions initiées par les protohistoriens d'Europe du Nord au XIXe s. dont on a vu l'importance dans l'élaboration de la stratigraphie archéologique (cf. 1.2.3), et qui apparaît dans plusieurs termes fréquemment utilisés dans le vocabulaire des fouilleurs (tels ceux de « dépôt primaire », « d'ensemble clos », ou la dichotomie « remblai » / « occupation »), a été spécifiquement étudiée pour les contextes de stratification anthropique dense (*cf.* Harris 1979, Carver 1985, Roskams 1992). Elle peut être

82 Sauf indication contraire, nous prenons ici le terme « mobilier archéologique » dans le sens général de «éléments matériels recueillis » et non dans son nouveau sens réglementaire de « artefacts uniquement » (arrêté ministériel du 16 septembre 2004).

83 Les cas d'attribution douteuse existent bien sûr aussi avec l'actuelle méthode stratigraphique ; mais ils ne sont dus (en principe) qu'à des limites réellement imprécises entre couches (ou à des mélanges à la suite d'erreurs dans le traitement) ; dans ce cas, la part de mobilier de provenance douteuse peut être (ré)enregistrée séparément, en « risque d'interférence » entre les US concernées.

84 D'où le terme « contexte » utilisé en Grande Bretagne et par certaines équipes françaises pour désigner l'unité stratigraphique.

caractérisée sous trois aspects.

Premier aspect : la position chronologique de chaque objet au regard de l'US qui constitue son contexte. En effet, le passage d'un objet dans la stratification archéologique n'est pas nécessairement synchrone de la formation de l'unité dans laquelle il a été trouvé. Ce passage, comme on l'a vu plus haut, a été défini par Michael Schiffer (1987) : rappelons que pour M. Schiffer, un objet en usage dans une société est en « contexte systémique »[85] ; lorsqu'il est déposé de sorte qu'il n'entretient plus aucune interaction avec le système social existant, il est passé en contexte archéologique[86]. Dans ce dernier cas, il existe trois possibilités, bien connues des archéologues travaillant sur les mobiliers, par lesquelles ces objets s'intègrent au processus de constitution de la stratification.

- l'élément matériel contenu dans la couche peut être, suivant le terme utilisé par E. Harris, « indigène » (*indigenous remains* – Harris 1979 p.97) : le passage de l'objet du « contexte systèmique » au contexte archéologique est synchrone de la formation de la couche dans laquelle il a été trouvé (ainsi un déchet directement jeté dans un dépotoir) ; ce que E. Harris exprime de façon plus imagée en qualifiant l'objet de « contemporain » de la couche (mais cette expression doit être précisée : pour un artefact, c'est la fin de l'usage de l'objet qui est contemporaine de la formation de la couche, et non sa fabrication). Nous emploierons ici l'expression « dépôt primaire » pour désigner ce cas de figure[87].
- Le mobilier peut être remanié (ou « redéposé ») : dans ce cas, le passage de l'objet du « contexte systémique » au contexte archéologique est plus ancien que la formation de la couche dans lequel il a été recueilli. C'est le cas d'objets provenant d'une couche plus ancienne recoupée dont le matériau remanié forme celui d'une couche plus récente, fréquemment désignés par les fouilleurs français comme objets « en remblai » (car passés de déblai en remblai). L'objet est dit par E. Harris « plus ancien » que la formation de l'unité (mais il s'agit toujours de la date de fin d'usage de l'objet). Ce cas est chronique dans les stratifications anthropiques denses telles les sites urbains en raison de la fréquence des recoupements d'unités stratigraphiques[88].
- Le mobilier peut enfin être intrusif (qualifié « d'infiltré » – *infiltrated remains* – par Harris), lorsque les objets ont été introduits dans la couche après sa formation (par exemple par l'action d'animaux fouisseurs), de sorte qu'ils peuvent être plus récents que cette dernière. Ce cas de figure est le plus gênant, car il est susceptible d'entraîner des fautes de datation (le principe de la date-plancher de la couche obtenue à partir du plus récent des objets qu'elle contient – *cf.* ci-dessous 2.1.5 – n'étant dans ce cas plus applicable) ; par conséquent, les éléments intrusifs ou soupçonnés de l'être doivent être écartés de tout raisonnement chronologique.

85 La durée d'existence de l'objet en « contexte systémique », plus ou moins longue, peut elle-même être analysée en temps différents et succcessifs (fabrication, usage, recyclage, etc.).

86 Ce passage de l'objet du « contexte systémique » au contexte archéologique peut s'effectuer suivant différentes modalités (rejet, dépôt intentionnel, perte...) ; il faut noter que la définition par M. Schiffer du caractère archéologique de l'objet, de nature effectivement systémique (interruption des interactions avec le contexte social et culturel) et non topographique (de type « objet enfoui dans le sol ») ou chronologique (de type « objet plus ancien que telle date »), permet d'étendre le champ de l'archéologie aux sociétés contemporaines : le contenu d'une poubelle actuelle – telles celles fouillées par William Rathje (1980) – peut relever d'un passage en contexte archéologique ainsi défini.

87 sous réserve de la discussion que les différentes acceptions possibles de ce terme (par ailleurs utilisé avec un sens précis en anthropologie de terrain) peuvent entraîner.

88 Le terme « remanié » a ici été préféré à « résiduel » employé par E. Harris (1979). Sous ce terme (*residual remains*), E. Harris confond, en effet, les objets réellement remaniés, et ceux qui ont eu un temps d'usage très long avant de passer en contexte archéologique (par exemple des bijoux conservés et transmis sur plusieurs générations avant d'être déposés dans une sépulture) ; ceux-ci sont certes de médiocres indicateurs de datation, mais ils sont bien en dépôt primaire, quel que soit le temps qu'ils ont passé en « contexte systémique » (cette longue durée d'usage étant par ailleurs culturellement signifiante). Remaniements et résidualité ont fait l'objet de nombreux travaux (Brown 1995 ; Carver 1985 ; Rauxloh 2000 ; Meyer dir. 1981 ;Vince 1995) incluant des tentatives de modélisation mathématique (Rantingham, Surovell, Waguespack 2007).

Le deuxième aspect de la relation contexte-objet est l'association que forment tous les éléments recueillis dans la même US. Ces objets, réunis dans le même contexte archéologique, étaient-ils aussi liés au sein du même « contexte systémique », et donc forment-ils une association chronologiquement et culturellement représentative de la culture matérielle de la société étudiée ? Si, sur la base de critères observés sur les objets (par exemple objets intacts ou brisés en place, faible taux de fragmentation, fort taux de remontage…) et sur la couche (sédiment caractéristique d'un dépôt d'occupation de type dépotoir ou latrine, disposition intentionnelle d'objets….), la réponse est oui, la contemporanéité d'usage des objets permet de fonder ou valider des raisonnements typo-chronologiques (comme l'ont fait les protohistoriens du XIXe siècle), et plus largement d'induire des discours d'ordre ethnographique à partir des échantillons de culture matérielle ainsi caractérisés, considérés comme des systèmes culturels fossiles, reflet des systèmes économiques et sociaux « vivants »[89]. Suivant l'usage courant (Ferdière 1980 ; Giot, Langouet 1984), nous emploierons ici le terme « d'ensemble clos » pour désigner ce type d'association témoignant de la culture matérielle d'un même lieu et d'un même temps[90]. Le lien de cette notion avec le premier aspect – la position chronologique de chaque élément – est clair : le mélange, ou le risque de mélange d'objets de diverses origines (remaniés et en dépôt primaire) au sein d'une même couche (par exemple le remblai d'une tranchée de réseau ayant recoupé une fosse médiévale, comprenant des tessons de céramique du XIIe s. et de canette de bière du XXIe s.), exclut que cet ensemble mobilier soit considéré comme ensemble clos.

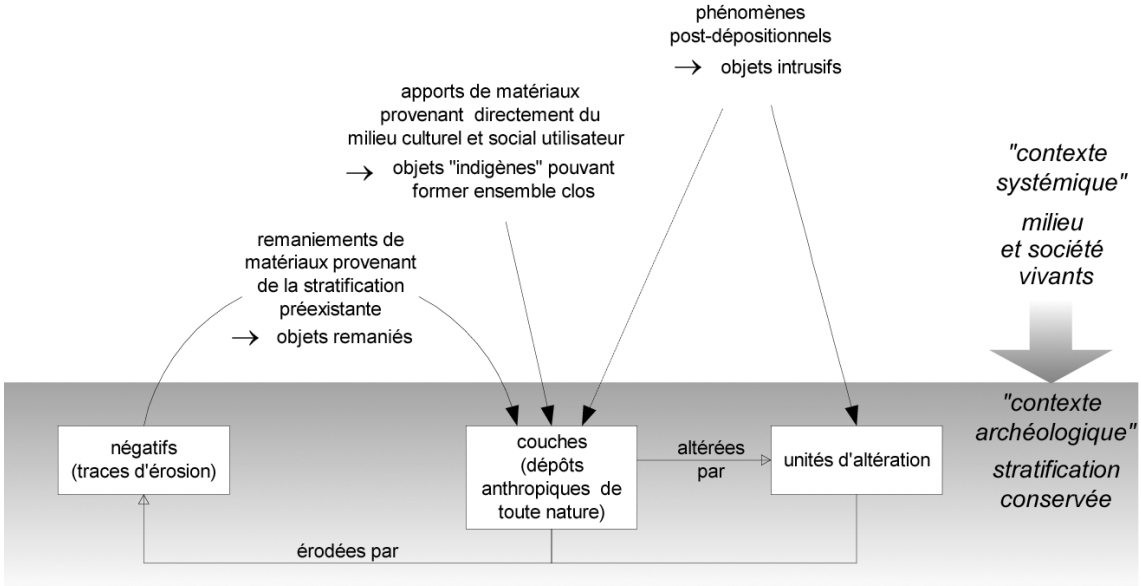


fig. 24: cycle de stratification et objets archéologiques

Il faut aussi mentionner un troisième aspect de cette relation des objets à leur contexte, qui correspond au cas où leur position topographique est chargée d'informations. Ce cas est par exemple celui de la répartition spatiale de déchets et autres éléments constitutifs de sols d'occupation paléolithiques, révélant les emplacements d'unités domestiques. La détection de telles « structure latentes » est l'objet de la méthode de terrain « ethnographique » développée par André Leroi-Gourhan à partir de 1964 sur le gisement magdalénien de Pincevent (*cf.* plus haut 1.3.1).

89 Ce concept de culture matérielle révélatrice des systèmes économiques et sociaux a notamment fondé l'archéologie des pays d'Europe de l'Est, en particulier l'école polonaise d'archéologie médiévale développée après la seconde guerre mondiale ; cette tradition de l'archéologie vue comme étude de la culture matérielle a été représentée en France notamment par le médiéviste Jean-Marie Pesez (1929-1998).

90 La notion d'ensemble clos ainsi définie correspond aussi à celle « d'assemblage » développée de façon plus formalisée par David Clarke (1968).

Rappelons enfin que la relation entre le mobilier archéologique et l'unité stratigraphique est un élément important de la distinction entre stratigraphies archéologique et géologique. En effet, la stratigraphie géologique, incluant lithostratigraphie et biostratigraphie, intègre directement les lois d'évolution paléontologiques, permettant de définir, corréler et situer des couches et formations, en fonction de leur faciès, c'est à dire de leurs caractéristiques incluant les types et proportions de fossiles contenus (Bernard *et al.* 1995). Dans le cas des stratifications anthropiques, et bien que l'expression de « faciès mobilier » soit utilisée par certains fouilleurs, il n'est pas possible d'utiliser le mobilier archéologique de la même façon : la formation des ensembles mobiliers dans les couches archéologiques et la répartition des types au sein de ces ensembles correspond à des processus culturels complexes, et non pas nécessairement à des lois d'évolution naturelle. En stratigraphie archéologique, la définition des unités et des relations s'effectue donc exclusivement à partir de l'observation des interfaces.

2.1.5. l'US unité de temps quantifié

Durées et instants : proposition d'inscription du cycle stratigraphique dans le temps quantifié

Le processus de stratification s'inscrit dans le temps « absolu » (c'est-à-dire quantifié, par opposition au temps « relatif », ordonné mais non quantifié, de la chronologie stratigraphique). Mais à la différence de l'ordre chronologique fourni par la stratigraphie, les quantités de temps que représentent US et relations ne sont pas (sauf exception) conservées par la stratification ; le fouilleur n'a plus d'accès direct à cette information. Retrouver une approximation de ce temps quantifié perdu, nécessite des indicateurs de chronométrie (au sens de la mesure quantifiée du temps – Giot, Langouët 1984) fournis par des données historiques, des études de mobiliers ou des analyses physicochimiques ; indicateurs qui doivent être mobilisés dans un raisonnement de datation de l'unité stratigraphique, et non plaqués directement sur cette US, sous peine de conclusions erronées (*cf.* notamment Evin *et al.* 1998 ; Ferdière 1980 ; 2007 ; Giot, Langouët 1984 ; Orton 1980).

Ce raisonnement de datation repose sur la « temporalité » du processus de stratification, qu'il faut en premier lieu tenter de préciser. Il ne s'agit pas ici d'entreprendre une réflexion théorique sur la nature du temps archéologique[91], mais seulement d'examiner l'aspect chronométrique des notions d'US et d'interface. Cet examen n'est pas inutile, car les modalités précises d'inscription de la chronologie relative stratigraphique dans la chronologie absolue restent étonnamment floues et lacunaires dans la bibliographie (en particulier, E. Harris lui-même n'a que très peu traité le problème), et la pratique archéologique actuelle n'est pas exempte de quelques confusions quant aux notions de datation (Ferdière 2007). Or, là encore, notre objectif de formalisation nous impose d'arrêter quelques définitions indispensables, y compris concernant des notions très fréquemment utilisées (*terminus post quem* et *terminus ante quem*).

Le temps quantifié est ici envisagé suivant sa représentation dans la physique classique, et dans la vie quotidienne : c'est à dire comme un phénomène linéaire, continu et mesurable, que l'on peut donc représenter par une droite, comme les trois dimensions de l'espace. Sur cette droite du Temps, nous considérerons des « instants » et des « durées » :

- Un **instant** est un point sur la droite du Temps, c'est à dire à une limite, dépourvue de durée propre ; c'est une coordonnée temporelle (l'heure précise que donne une montre par exemple). En principe, le terme « date » utilisé par les archéologues correspond à un instant, et c'est dans ce sens que nous l'emploierons.
- Une **durée** est un espace de temps mesurable (en siècles, années, mois, heures...),

91 par ailleurs objet de travaux récents : cf. Lucas 2005 ; Murray éd. 1999, Olivier 2001 ; Olivier 2008 ;

correspondant à un segment sur la droite du Temps. Une durée est logiquement limitée par un instant d'origine et un instant final (par exemple, le « top-départ » et le franchissement de la ligne d'arrivée constituent les instants d'origine et final limitant la durée d'une course).

Il est assez simple d'inscrire la stricte succession stratigraphique sur cette droite du temps quantifié. On voit en effet que cette succession est rythmée par deux instants, et deux durées.

Première durée à prendre en compte : la **durée de formation** attachée à chaque unité stratigraphique : durée de construction d'une maçonnerie, temps de terrassement nécessaire au creusement d'une fosse… Des indices de terrain et des résultats d'étude permettent parfois d'estimer cette durée, au moins comme brève (de l'ordre de quelques heures ou quelques jours) ou longue (de l'ordre de quelques années à quelques siècles) ; par exemple l'épaisseur d'un dépôt de tartre à l'intérieur d'une canalisation (unité de formation naturelle mais dont la durée de formation témoigne de la durée d'utilisation de la canalisation), ou l'usure des marches d'un escalier (enregistrable comme négatif – il s'agit d'un phénomène d'érosion – témoignant là aussi d'une durée d'utilisation plus longue que brève). La durée de formation de la couche est un élément important de caractérisation d'un ensemble clos : si sa formation est immédiate ou très brève, le passage des objets du « contexte systémique » au contexte culturel est quasi strictement contemporain (dépôt funéraire, destruction violente telle celle de Pompéi…), et les objets forment alors un ensemble clos strict (Ferdière 1980) ; une formation plus étalée dans le temps, en plusieurs apports (formation progressive d'un dépotoir par exemple) ne génère pas le même potentiel d'interprétation de l'ensemble clos.

Deux instants limitent nécessairement cette durée : **l'instant d'origine,** et **l'instant final** de la formation de l'US. Il est important de noter que c'est ce dernier instant qui est situé en chronologie relative par les relations stratigraphiques observées, et qui est donc « saisi » par le diagramme stratigraphique (et non l'instant d'origine ou la durée de l'US). C'est aussi à cet instant final de la formation de l'US que se référent le plus souvent (mais rarement explicitement) les archéologues, lorsqu'ils parlent de la « date d'un contexte », ou de « dater une couche » ; car c'est cet instant final que borne la date-plancher donnée par le mobilier (voir ci-dessous). Conformément à l'usage et à l'importance particulière de cet instant final de la formation de l'US, c'est lui que l'expression « **date de l'US** » désigne dans le présent travail.

Il existe une deuxième durée à prendre en compte : la durée attachée à la relation d'antéro-postériorité induite de chaque interface, que nous qualifierons ici « **d'entretemps** » stratigraphique. Cette durée est aussi limitée par les instants de début et de fin de formation d'unités, mais à l'inverse, entre la fin de la formation de l'US antérieure et le début de la formation de l'US postérieure. Elle peut être nulle (ou quasi-nulle) si le processus de stratification est continu et enregistre toutes les étapes de l'occupation[92]. Dans le cas contraire, elle couvre le temps d'évènements non enregistrés par la stratification, ou dont la trace stratifiée a disparu : par exemple le temps d'occupation d'une pièce dont on faisait soigneusement le ménage, entre la fin de formation d'un sol construit et le début du dépôt du remblai qui repose directement sur ce sol, ou le temps séparant une couche néolithique de la tranchée de fondation moderne qui la recoupe. Comme le temps de formation de l'US, cette durée intermédiaire peut parfois faire l'objet d'estimations.

92 on peut concevoir dans certains cas que cet entretemps soit non seulement nul, mais de durée négative ; c'est-à-dire que la formation de l'unité postérieure débute avant la fin de la formation de l'US antérieure, bien que l'interface entre les deux soit bien d'ordre chronologique ; par exemple une couche de remblai étalée sur une certaine surface, que l'on a pas fini de mettre en place à un bout alors que l'on a commencé à la recouvrir par une deuxième couche à l'autre bout (le résultat observable à la fouille donne bien deux remblais séparés par une interface de superposition). En fait, ce paradoxe temporel illustre (comme d'autres cas, par exemple les reprises de construction en sous-œuvre...) les limites de l'observation stratigraphique comme source de reconstitution chronologique, discutées plus loin (chapitre 5) ; en effet, ici, le contact physique de superposition ne traduit pas le fait que la formation des deux couches est en partie simultanée, auquel cas, en stricte logique stratigraphique, il faudrait les considérer comme une même US.

Le rythme du temps absolu qui s'applique à un processus de stratification est donc celui de l'alternance des durées de formation des US (la part de temps qui s'est matérialisée sous forme d'étapes conservées de modification du terrain) et des « entretemps » intermédiaires, entre la fin de la formation d'une US et le début de la formation de l'US suivante (la part de temps qui ne s'est pas matérialisée dans la stratification, et qui correspond à la notion de discontinuité stratigraphique des géologues), logiquement attachés aux relations.

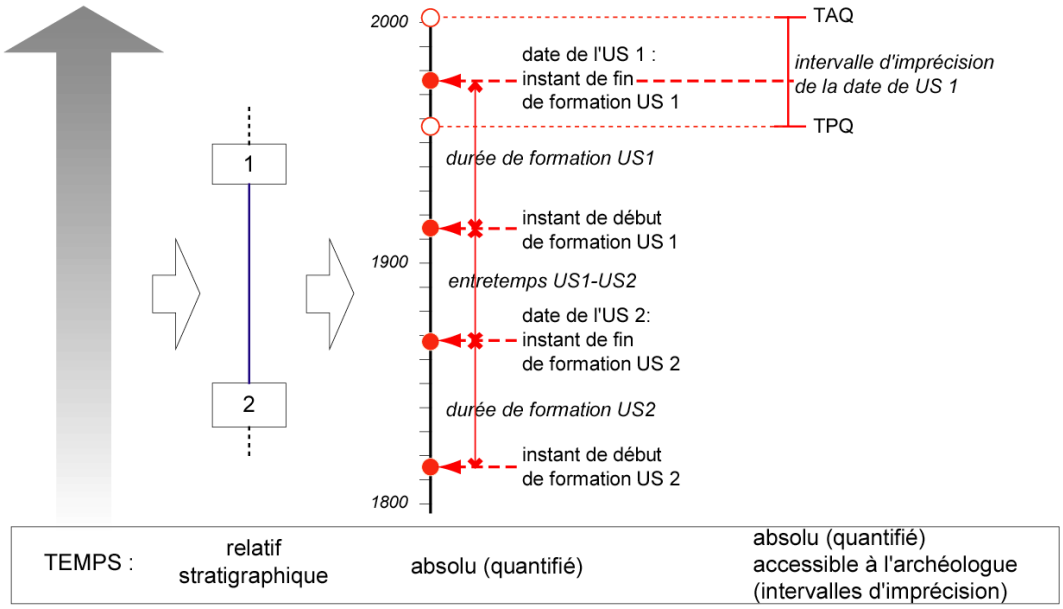


fig. 25: inscription du temps stratigraphique dans le temps quantifié

Borner l'instant final : les indicateurs TPQ et TAQ

Ces instants et durées caractérisant US et relations sont rarement directement connus des fouilleurs. Le plus fréquemment, ils ne peuvent être qu'approchés et situés dans des « fourchettes », c'est à dire dans des intervalles d'imprécision, au moyen de ce que nous nommerons ici des **indicateurs** de datation. Les plus connus de ces indicateurs sont la date-plancher (ou *terminus post quem*, ou TPQ) et la date-plafond (ou *terminus ante quem,* ou TAQ). En raison de leur caractère indirect, l'utilisation de ces indicateurs n'est pas simple, et peut facilement entraîner des erreurs.

Le TPQ et le TAQ d'une unité sont les bornes d'un intervalle d'imprécision qui contient l'instant final de formation de cette US ; de sorte que cet instant final ne peut pas être antérieur au TPQ, ni postérieur au TAQ.

Le TPQ est en général fourni par les datations d'objets ou d'éléments recueillis dans l'US. En effet, le plus récent de ces éléments (pourvu qu'il ne soit pas intrusif) donne la date-plancher de l'US, c'est-à-dire la date avant laquelle cette US n'a pu achever de se former. Lorsqu'il s'agit d'un artefact, la date plancher qu'il fournit est celle de sa création (date avant laquelle cet objet n'a pu exister) ; ce qui signifie – conséquence parfois négligée par les fouilleurs (Giot, Langouët 1984) – que l'intervalle d'imprécision que borne ce TPQ est au moins aussi large que la durée d'usage de l'objet concerné (ce TPQ peut être précisé – c'est à dire rajeuni – si on dispose d'indications fiables de durée d'usage de l'objet avant son dépôt). Il faut remarquer que la date-plancher s'applique bien à l'instant final de formation de l'US, et non à son instant d'origine ; en effet, dans le cas par exemple d'un dépotoir résultant de plusieurs années d'utilisation, et si la date-plancher provient d'un objet datable, fabriqué, utilisé puis jeté lors de la dernière année d'utilisation du dépotoir, la formation du dépotoir a effectivement pris fin après cette date-plancher, mais elle a débuté avant.

Le TAQ, date après laquelle l'unité n'a pas pu achever de se former, est une information moins fréquente, et habituellement extrinsèque à l'US ; elle peut être fournie par un événement historiquement connu (par exemple l'éruption du Vésuve en 79, date qui constitue le TAQ de tous les vestiges enfouis sous les cendres et dépôts de cette éruption).

L'intervalle d'imprécision ainsi borné peut être très large ; et en particulier, l'espace de temps qui sépare le TPQ de la date non connue de l'US (son instant final de formation) peut être très long, lorsque l'élément porteur de la date-plancher n'est pas en dépôt primaire (objet remanié : par exemple un tesson de céramique antique dans le remblai d'une tranchée de réseau contemporaine qui a recoupé une fosse gallo-romaine). La faute de raisonnement consistant à assimiler le TPQ à la date de l'US est alors particulièrement dommageable[93].

Deux remarques restent à formuler, importantes pour notre propos de formalisation :

- d'abord, il est toujours possible de définir le TPQ et le TAQ d'une unité stratigraphique : le TAQ est au pire la date de début de la fouille ; et le TPQ, l'apparition de l'Homme (mettons, pour la France, 2 millions d'années avant le susdit TAQ). Certes, l'intervalle d'imprécision est colossal, néanmoins il s'agit incontestablement d'un TPQ et d'un TAQ. En d'autres termes, il est toujours possible de fermer un intervalle d'imprécision ;
- ensuite, si l'on dispose d'une date précise[94] directement applicable à l'instant final de formation d'une unité (ce qui est le cas par exemple des dépôts d'occupation de Pompéi brutalement clos par l'éruption de 79), alors l'intervalle d'imprécision est nul (à l'échelle de temps considéré par l'archéologue) et TPQ et TAQ se confondent ; la date de l'instant final constitue donc à la fois un TPQ et un TAQ.

En perspectives : un jeu plus étendu d'indicateurs de datation, la prise en compte des durées de vie culturelle…

Les définitions exposées ci-dessus s'appliquent à l'usage courant, actuel, des indicateurs de datation, c'est à dire le couple TPQ-TAQ et l'intervalle d'imprécision qu'ils forment. Sur la base des définitions de durées et d'instants de temps quantifié dans lesquels s'inscrit la chronologie stratigraphique relative, nous pensons possible d'améliorer les possibilités de datation en étendant la gamme des indicateurs. Il ne s'agit pour le moment, comme l'interprétation historique et culturelle des relations, que d'une perspective de travail (pas encore implémentée dans l'application l*e Stratifiant* présentée en deuxième partie de la présente thèse).

Le principe est d'utiliser des couples d'indicateurs formant des intervalles d'imprécision, non seulement pour l'instant final de la formation d'une US (borné par le TPQ et le TAQ), mais aussi pour l'instant d'origine de la formation de l'US, et pour les durées (de formation de l'US, et « d'entretemps » attachée à la relation d'antéropostériorité entre deux US). Trois couples d'indicateurs constitueraient ainsi trois intervalles, apportant la possibilité d'estimer tous les éléments formant l'ancrage de la stratigraphie dans le temps absolu :

- un intervalle [date au plus ancien de l'instant d'origine, date au plus récent de l'instant d'origine] encadrant l'instant de début de la formation de l'US ;

93 L'auteur de ces lignes a travaillé au sein d'un service régional de l'archéologie ; la lecture des rapports de diagnostic en milieu rural le conduisait à rencontrer fréquemment des raisonnements chronologiques quelque peu elliptiques, de type : « cette fosse est datable La Tène car on y a recueilli de la céramique de La Tène » ; le raisonnement complet est en fait : 1) le mobilier donne un TPQ ; 2) la durée d'usage de ce mobilier est courte ; 3) ce mobilier est en dépôt primaire (non remanié) ; 4) la durée de formation cumulée des US formant la fosse (creusement puis couche de remplissage d'où provient la céramique) est courte ; 5) donc le TPQ est proche de la date de l'US. Ce raisonnement est pertinent si le terrain correspond à ces conditions (site à stratification anthropique discontinue avec peu de recoupements entre structure, donc peu de matériel remanié, structures à durée de vie courte...) ; mais il n'est pas inutile de l'expliciter et de l'argumenter.

94 Précise à l'échelle de temps de l'archéologue, c'est à dire d'une précision rarement inférieure à l'année

- un intervalle [durée de formation minimum, durée de formation maximum] encadrant la durée de formation de l'US ;
- un intervalle [entretemps minimum, entretemps maximum] encadrant la durée entre la fin de la formation d'une US, et le début de la formation d'une US postérieure (durée attachée à la relation entre les deux US).

Les quatre indicateurs définissant les deux premiers intervalles d'imprécision sont des attributs de l'unité stratigraphique ; les deux indicateurs définissant le dernier intervalle sont des attributs de la relation stratigraphique.

Cette gamme étendue d'indicateurs nous semble utilisable, car si il est très rarement possible d'estimer précisément et directement une durée de formation d'US ou « d'entretemps » entre deux US, les fouilleurs peuvent parfois, peut-être plus fréquemment qu'ils ne le croient, donner des fourchettes et des durées minimum. En effet, comme on l'a dit plus haut, des indices de durée brève ou longue sont fréquemment observables sur le terrain, qui, avec l'aide éventuelle de géo-archéologues et d'autres spécialistes (archéologie expérimentale, possibles indicateurs physico-chimiques...), pourraient faire l'objet de cet exercice encore inhabituel d'estimation quantifiée. Cela permettrait de valoriser ces indices observables (qui actuellement restent largement inutilisées dans les raisonnements de datation[95]) en les intégrant dans le raisonnement logique de datation s'appuyant sur la stratigraphie et les TPQ et TAQ pour attribuer une fourchette de dates à chaque US (raisonnement exposé plus loin, cf. 2.2.3).

Notons en vue d'un tel calcul que, comme pour les TPQ et TAQ, il est toujours possible de fermer les intervalles. En effet, concernant l'instant d'origine de la formation d'une US, il est toujours possible de trouver une borne au plus ancien et une borne au plus récent, dans les mêmes conditions qu'un TPQ et un TAQ ; quant aux durées minimum, elles sont, par défaut, nulles ; et les durée maximum, par défaut, sont égales à l'intervalle entre le plus récent TAQ et le plus ancien TPQ.

Autre perspective, une quantification particulière est à envisager pour la « durée de vie culturelle » des US évoquée plus haut (2.1.3). Dans certains cas, cette durée de vie d'une unité au sein du système culturel et social qui l'a produite se confond avec sa durée de formation (par exemple un dépotoir ou une latrine) ; de sorte que l'instant final de formation de l'US correspond à sa sortie du contexte systémique et au passage au contexte archéologique (suivant la terminologie de M. Schiffer). Du point de vue de l'interprétation historique et culturelle de l'US, cette identité de la « durée de vie » et de la durée de formation est une définition possible des unités d'occupation. Dans d'autre cas, cependant, ceux soulevés par M. Carver (1990), la durée de vie de l'unité s'étend au delà de son instant final de formation ; ce qui est une caractéristique des US de construction et d'aménagement. Dans ces cas, une estimation quantifiée de cette durée de vie, si elle est possible, pourrait aussi prendre la forme d'un intervalle d'imprécision.

2.1.6. l'US unité d'enregistrement

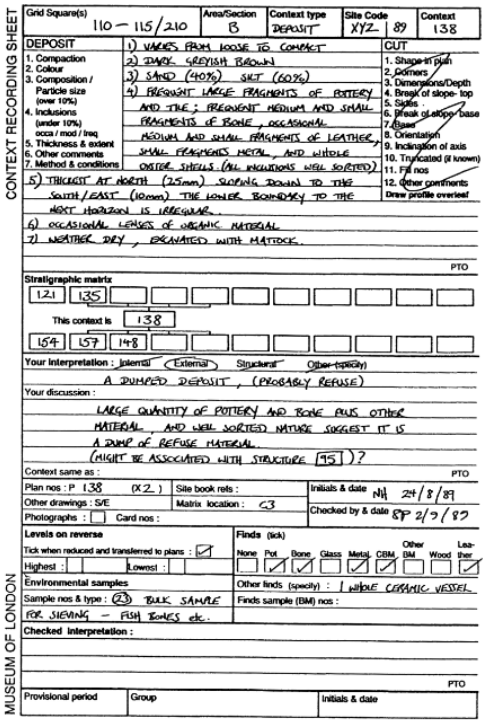
Unité et système d'enregistrement

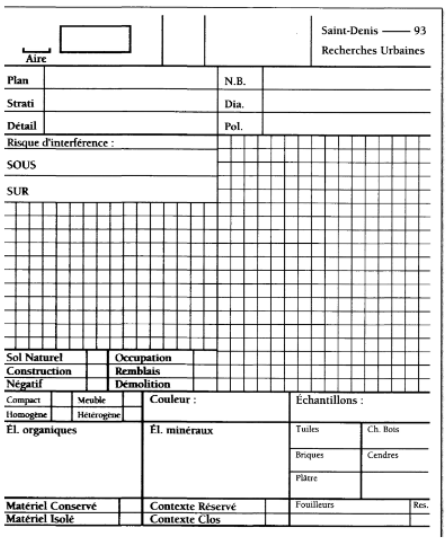
Dans la fouille stratigraphique en aire ouverte, l'US est l'unité d'analyse du terrain ; le document central du système d'enregistrement est donc la fiche d'US. Chaque US reçoit un identifiant porté sur cette fiche, en général un numéro attribué par ordre de découverte. Il existe une grande variété

95 Parmi les essais déjà réalisés de calculs chronométrique basés sur la stratigraphie, intégrant des dates-plafond et des estimations chiffrées de durées correspondant aux indicateurs ici proposés, on peut citer les fouilles de Saint-Denis (Meyer dir. 1981 p.75-82), et de la grotte des Planches-près-Arbois (Pétrequin *et al.* 1985).

de modèles de fiches d'US, adaptés aux différents sites et fonctionnements d'équipe, démultipliés ou non en plusieurs variantes suivant la nature de l'unité. Dans tous les cas, le premier rôle de cette fiche est de recueillir dans les rubriques *ad hoc* les indications relatives aux différents aspects descriptifs et interprétatifs de l'US, que l'on vient de parcourir (2.1.1 à 2.1.5) ; avec en premier lieu les relations entre l'unité et ses voisines. Les fiches d'US constituent, en effet, la documentation de base pour l'élaboration du diagramme, donc de la chronologie stratigraphique du site : ces fiches « *doivent être considérées comme l'enregistrement stratigraphique primordial d'un site* » (Harris 1979 p. 52).

La fiche d'US est d'autre part la plaque tournante de l'enregistrement de terrain, renvoyant aux autres documents du système – qui peuvent être eux aussi plus ou moins détaillés et démultipliés – et en particulier à l'enregistrement graphique (relevés et photos).





À gauche : fiche en usage au *Department of Urban Archaeology* du musée de Londres en 1990 (Spence 1993) ; ci-dessus fiche utilisée par l'unité d'archéologie urbaine de Saint-Denis (Meyer dir. 1983)

fig. 26: exemples de fiches d'unité stratigraphique

Le caractère de système documentaire très organisé et détaillé (voir « paperassier ») de ce type d'enregistrement, avec ses différents éléments entre lesquels se répartit l'information, et ses procédures strictes, ne doit pas faire oublier qu'il n'est pas destiné à recueillir des descriptions « objectives » ou « neutres », mais des observations et des interprétations signifiantes archéologiquement, qui peuvent être multiples ; ni que le contenu de l'enregistrement est le résultat des choix de conduite de fouille. Plusieurs chercheurs, en particulier Martin Carver (1990 ; 2005) ont donc souhaité introduire ou réintroduire la possibilité d'enregistrer la variabilité des interprétation (*multi vocality*) ainsi que l'explicitation des choix effectués (*reflexivity*) avec leurs conséquences (niveau de finesse de fouille par exemple). Ce « méta-enregistrement » qui porte sur le déroulement de la fouille elle-même plus que sur le terrain fouillé peut justifier des rubriques et des documents spécifiques, par exemple le maintien, à côté du *single context recording*, de «carnets de fouille » séquentiels consignant choix et hypothèses d'ensemble.

Remarques sur l'enregistrement graphique

Sans rentrer dans le détail ou la comparaison des nombreux systèmes d'enregistrement existants[96], la nature stratigraphique de la fouille et le choix de l'US comme unité d'analyse ont des

96 Le système du *DUA* puis du *MoLAS* de Londres en est un exemple de référence (Spence 1992 ; Spence 1992b ; Spence 1993)

conséquences qu'il faut préciser, concernant en particulier l'enregistrement graphique. Celui-ci, dans une fouille stratigraphique en aire ouverte, est liée à l'analyse stratigraphique, et complémentaire du diagramme (un diagramme ne « remplace » pas un relevé de coupe, ni l'inverse).

D'abord, l'analyse du terrain est fondée sur les interfaces distinguées par le fouilleur ; les relevés dessinés (plans et coupes) doivent donc obligatoirement figurer ces interfaces, sans confusion possible avec des traits ou contours non signifiants stratigraphiquement (Harris 1979). Il n'est pas besoin d'insister sur l'inanité de la principale objection autrefois émise à la représentation de ces interfaces, celle de leur caractère subjectif : un relevé ne peut pas être autre chose que « subjectif » puisqu'il est issu d'une sélection et d'une interprétation de la réalité. Si le fouilleur a identifié des interfaces, il doit les représenter ; s'il n'en est pas certain mais qu'il juge utile de figurer cette information incertaine, il peut la représenter de façon spécifique (pointillés par exemple). Si le relevé ne figure aucune interface, alors qu'il a comme objectif de représenter la stratification, il ne sert à rien. Si par ailleurs le but est une représentation « réaliste », au plus prés de l'aspect du terrain tel que le fouilleur l'a vu, le bon medium n'est peut-être pas le relevé dessiné, mais plutôt la photo[97].

Ensuite, la représentation sur un relevé des détails internes aux interfaces ajoute une information autre que stratigraphique, dont la nature doit être clarifiée : elle peut être soit spatiale, soit être « attributaire » ;

Sur ce dessin de coupe (extrait de Barker 1977 p. 54) coexistent trois types d'information graphique :

- la **délimitation des interfaces** (séparation entre les couches numérotées), qui est l'information stratigraphique elle-même, d'où l'on peut déduire une chronologie relative (on remarque ici que les négatifs - la tranchée de fondation du mur 20 et le dérasement de celui-ci - qui dans la logique de Harris sont en soi des unités stratigraphiques bien que réduites seulement à des interface, ne sont pas numérotés)

- les détails internes aux unités stratigraphiques ("**information spatiale**" autre que stratigraphique) : ainsi le parement et le blocage du mur 20 vus en coupe

- des codes graphiques symboliques de la nature ou de l'interprétation de l'unité ("**information attributaire**") : ici les mises en grisé des unités 3, 21 et 23.

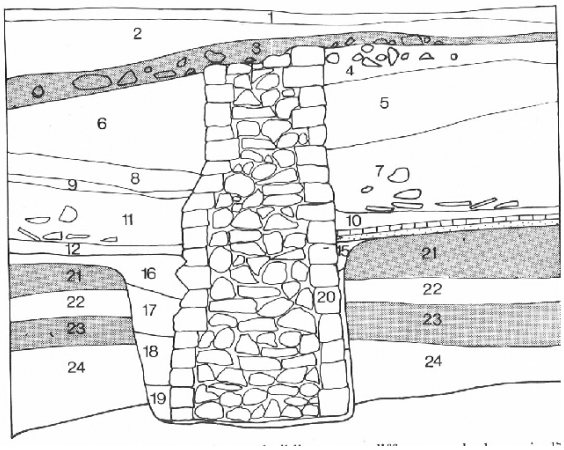


fig. 27: information stratigraphique, spatiale et attributaire sur un relevé de coupe

- L'information de nature spatiale désigne ici des éléments existant réellement sur le terrain, figurés sur le relevé car jugés culturellement signifiants. Cette information varie suivant le choix du type de représentation géométrique : s'il s'agit d'une projection sur un plan horizontal ou vertical – par exemple le relevé pierre à pierre d'un mur (projection sur un plan vertical) ou le relevé d'une inhumation (projection sur un plan horizontal) – c'est plutôt l'épiderme, l'aspect de surface d'une ou plusieurs US qui est représenté. S'il s'agit d'une stricte coupe sur un plan vertical (tel un relevé de coupe stratigraphique) ou sur un autre plan, c'est plutôt la structure interne des US qui est représentée.
- Quant à l'information que nous qualifions ici «d' attributaire », elle correspond à la représentation symbolique – fréquente dans les relevés de coupes – de la nature ou du type de couche sous forme d'un motif de remplissage ; cette information caractérise l'entité spatiale qu'est l'US, mais n'est pas en elle-même spatiale. Les outils informatiques, et plus

97 Voire plusieurs photos, pour mettre en évidence différents aspects (par exemple en lumière frontale – sans ombre – pour mettre en évidence les couleurs, et en lumière rasante pour mettre en évidence reliefs et texture) ; d'une façon générale la photo est effectivement un document d'enregistrement majeur (surtout en incluant les actuelles possibilités de redressement numérique d'image) dont, comme le disait déjà Wheeler (1954, 1989) la qualité dépend plus de celle de la fouille que de technique photographique.

précisément les systèmes d'information géographique rendent possibles l'utilisation dynamique de cette information attributaire sur des documents numériques.

Concernant plus précisément les relevés en plan, il faut revenir sur la technique du *single context plan* (*SCP*) évoquée plus haut, mise au point par Laurence Kern au sein du *Department of Urban Archaeology* du Musée de Londres en 1974. Le *SCP* est peu répandu en France, mais il est considéré par ses initiateurs comme un outil majeur de la méthode stratigraphique (Harris 1979 ; Harris 1992 ; Brown, Harris 1993). Chaque US est relevée indépendamment, sur une fiche-plan qui lui est propre (référencée en coordonnées par rapport à l'ensemble du chantier), qui forme le correspondant graphique de la fiche d'US. La série des relevés d'US ainsi obtenus se substitue au fond de plan commun précédemment en usage. Le *SCP* figure l'extension spatiale de l'US ; c'est à dire la projection en plan de l'extension maximum de la surface de l'US, avec des prises de niveau indiquant la ou les altitudes de cette surface, et non l'extension de l'US à un niveau horizontal donné. Ce relevé, intégré dans le déroulement de la fouille en aire ouverte, est effectué au moment où cette extension maximale est visible, c'est-à-dire après la fouille de toutes les unités postérieures (qui, se superposant à l'US à relever, pouvaient masquer tout ou partie de son extension), après le repérage des limites de cette US, et avant le début de sa fouille (qui réduit puis fait disparaître son extension spatiale)[98]. L'avantage principal de cette technique réside dans la facilité de reconstitution ultérieure de plans par phase, en combinant les *SCP*. En effet dans les sites à stratification dense de type urbain, l'élaboration du diagramme et sa mise en phase, puis la réalisation de plans par phase sont des opérations indispensables ; car la superposition des structures rend le plus souvent illisible un plan général figurant toutes ces structures. Les *single context plans* permettent de recomposer aisément ces plans par phase, dans un processus lui aussi informatisable à l'aide d'un SIG (Harris 1998). De plus, les *SCP* sont un moyen de contrôle de l'enregistrement des relations sur fiches : superposés dans l'ordre stratigraphique (ou en fonction des altitudes indiquées), ils visualisent les superpositions et recoupements observés sur le terrain (Roskams 2001). Les promoteurs de cette méthode y voient de ce fait un enregistrement graphique de la stratification réellement tridimensionnel, plus complet qu'un jeu de coupes (Harris 1979).

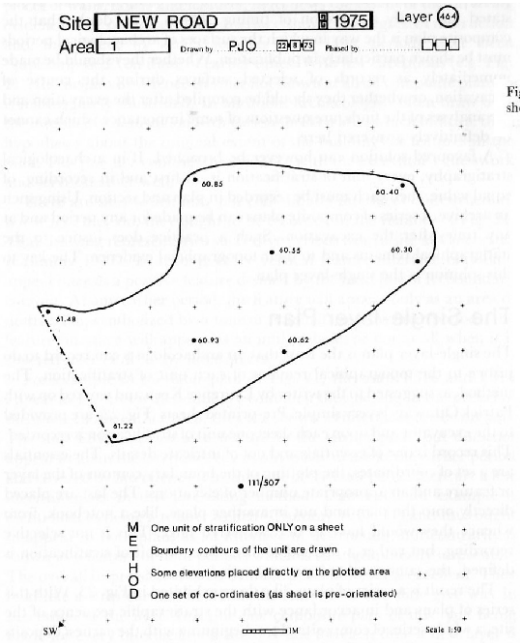


Fig. 22. This drawing is an example of a single-layer plan which is drawn on pre-printed sheets and aims to record the basic stratigraphic and topographical data of each unit of stratification (Harris and Ottaway 1976).

(extrait de Harris 1979 : figure 22)
Dans ce système utilisé notamment à Londres, l'extension spatiale et les altitudes de surface de chaque unité sont prises en plan sur des relevés individuels du type de celui ci-contre, servant ensuite à recomposer les plans par phases.

fig. 28: Single context plan

98 Le relevé doit donc être effectué par le fouilleur lui-même (ou sous sa responsabilité directe) : à l'instar de la décomposition du cahier de fouille en fiches d'US, la décomposition du fond de plan commun en relevés séparés pour chaque US correspond à la délégation plus grande des compétences d'enregistrement, dans le cadre d'une organisation plus collective du chantier, qui marque l'aire ouverte par rapport au système Wheeler (*cf.* 1.3.4).

Quant au relevé en coupe, sa fonction dans la fouille stratigraphique en aire ouverte est réduite, mais précise : donner l'image du terrain vue en coupe suivant un plan vertical. Comme on l'a vu, ce n'est pas sur ce type de relevé que repose principalement l'enregistrement proprement stratigraphique, et il n'est pas nécessairement lié à une coupe réellement pratiquée dans le terrain. La méthode de la coupe cumulative (par prise de niveau de la base de chaque US sur un axe prédéfini, lorsque la fouille de cette US est achevée, avant le début de la fouille de l'US suivante), proposée par Philip Barker en 1977, s'intègre comme le *SCP* au mouvement de la fouille, en permettant des vues en coupe générales, d'un bout à l'autre du chantier et de haut en bas de la stratification, sans nuire à la vision spatiale ; raison pour laquelle cette technique a la préférence de E. Harris : «*Plus qu'aucune autre méthode d'enregistrement des coupes, la coupe cumulative correspond aux exigences d'une théorie moderne de la stratigraphie archéologique* » (Harris 1979 p. 55). Elle suppose évidemment que l'interface que l'on relève ait été reconnue et suivie au préalable : elle est donc bien un outil de pur enregistrement graphique et non d'identification stratigraphique. Inversement, une coupe réelle pratiquée dans le but d'aider à l'identification d'une interface ou afin d'examiner la structure interne d'un dépôt – coupe dans ce cas le plus souvent locale et implantée en fonction d'une structure ou d'un problème précis – peut ne pas faire systématiquement l'objet d'un relevé dessiné (là encore la meilleure solution d'enregistrement graphique peut être la photo).

Le développement des techniques numériques de relevés et des outils de représentation spatiale 3D conduisent aujourd'hui à l'apparition du *single context recording* tridimensionnel, où la distinction entre plans et coupes laisse la place à l'enregistrement du volume de chaque US, dans un modèle numérique de stratification d'où l'on peut ensuite tirer plans, coupes et vues 3D. Encore expérimentaux, ces outils – qui permettent l'aboutissement intellectuel du principe du *single context recording* apparu il y a plus de trente ans – sont vraisemblablement destinés à devenir rapidement les technique courantes d'enregistrement graphique des sites à stratification anthropique dense.

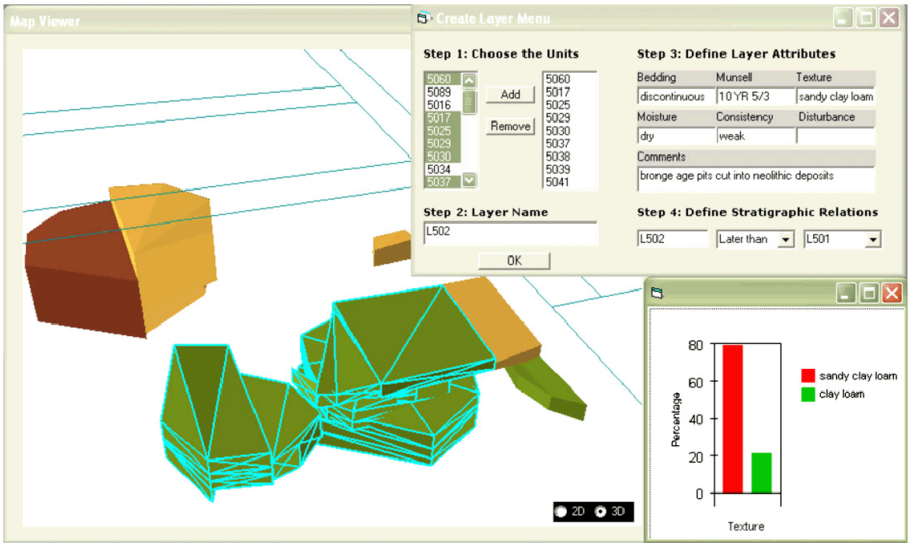


fig. 29: système informatisé d'enregistrement par US et relevé 3D sur le site de Paliambela Kolindros (Grèce) (Katsianis et al. 2008 p. 665)

2.2. La synthèse chronologique : le diagramme stratigraphique

Les données ainsi recueillies font l'objet d'un travail de synthèse, en plusieurs étapes. Dans les fouilles stratigraphiques en aire ouverte, ce processus de synthèse s'appuie sur le diagramme stratigraphique. Dans son état de base, celui-ci représente complètement, mais uniquement, la chronologie

stratigraphique définie à partir des seules observations de terrain (2.2.1). Une fois la succession stratigraphique établie, elle devient un outil de référence permettant de guider, à l'étape suivante, l'étude chronologique des témoins matériels (artificiels ou naturels) recueillis ; de la première sorte de temps que traitent les archéologues – le temps ordonné de la stratigraphie – on passe ainsi à la seconde : le temps relatif des évolutions culturelles (2.2.2). La chronologie relative stratigraphique est aussi la base permettant, lorsque que l'on dispose d'au moins quelques indicateurs de datation quantifiée (dates plancher ou dates plafond), d'inscrire chaque unité dans une fourchette de datation. Ce passage de la chronologie stratigraphique au temps calendaire, troisième sorte de temps traitée par les archéologues, peut être intégré au diagramme stratigraphique sous forme de paliers datés ; il est cependant utile de compléter le diagramme – qui ne peut représenter le temps que décomposé en unités discrètes – par un graphique de datation, sur l'échelle continue du temps quantifié (2.2.3). Les unités stratigraphiques elles-même peuvent être regroupées, en états plus synthétiques de l'occupation du site, et en étapes plus globales de son évolution. Ces niveaux de regroupement structurels ou chronologiques peuvent être visualisés sur le diagramme, renforçant son rôle d'outil de synthèse (2.2.4).

Il faut préciser que cette présentation comme deux temps séparés et successifs des phases d'analyse (2.1) et de synthèse (2.2), adoptée ici pour plus de clarté, est en fait largement abstraite. En pratique, il existe un mouvement d'aller-retour entre analyse et synthèse : en effet certains aspects ce travail de synthèse peuvent, et même ont intérêt à, démarrer dès la fouille (en particulier l'élaboration du diagramme) ; et la caractérisation de chaque US, ici abordée au niveau de l'analyse, si elle débute dès l'identification de l'unité sur le terrain, peut être ensuite approfondie au moyen de nouvelles données livrées par les études spécialisées qui suivent la fouille.

2.2.1. L'établissement de la chronologie stratigraphique : le diagramme nu

Représentation graphique

Le diagramme stratigraphique, résulte de la fusion en un seul document de toutes les relations enregistrées, représentées sous leur seule forme logique d'antéro-postériorité (trait vertical) ou de synchronisme (trait horizontal – *cf.* 2.1.1).

Dans la plupart des cas, le diagramme n'est pas linéaire ; il se ramifie lorsque une unité se trouve postérieure ou antérieure à plusieurs autres US n'entretenant pas de relations entre elles. Nous appellerons ici « convergence » une US immédiatement postérieure à plusieurs US sans relation entre elles, et « divergence » une US immédiatement antérieure à plusieurs US sans relation entre elles. Une même US peut être à la fois une divergence et une convergence (couche de remblai, recouvrant plusieurs constructions non adjacentes, et elle-même recoupée par plusieurs fosses distinctes par exemple).

Pour figurer cette ramification des successions stratigraphiques, le tracé de la *Harris Matrix* classique utilise une représentation arborescente (bien que, du fait de l'existence de convergences et de divergences dans une même stratification, le diagramme stratigraphique ne soit pas un arbre).

Proposition de représentation : le graphe ortho-linéaire

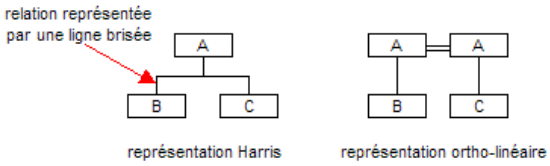
Nous utiliserons ici une représentation un peu différente de la forme traditionnelle, précédemment proposée (Desachy 1989 ; Desachy, Djindjian 1990). Cette représentation suit plus fidèlement les règles graphiques définies plus haut :

- un trait vertical représente toujours une relation d'antéro-postériorité. Chaque relation d'antéro-postériorité est représentée par un et un seul segment de droite du bord supérieur de l'étiquette de l'US antérieure au bord inférieur de l'étiquette de l'US postérieure.

- un trait horizontal représente toujours une relation de synchronisme. Chaque synchronisme est représenté par un et un seul segment de droite horizontal, d'un bord latéral d'une étiquette d'US à un bord latéral de l'étiquette de l'US synchrone.

En d'autres termes, dans cette représentation, une relation n'est jamais exprimée par une ligne brisée mélangeant segments verticaux et horizontaux (comme c'est le cas dans la représentation Harris classique).

Quand une US a plusieurs antérieures ou postérieures directes (lorsqu'il s'agit d'une divergence ou d'une convergence), son étiquette est répétée sur la même ligne autant de fois que nécessaire pour se situer sur le même axe vertical que chaque postérieure ou antérieure directe[99]. Cette répétition d'étiquettes de la même US est autorisée par le fait qu'une US est synchrone à elle-même[100].



Ce type de représentation que nous qualifierons « d'ortho-linéaire » (composée de lignes droites verticales et horizontales, sans lignes brisées) nous a semblé graphiquement plus lisible (meilleure logique graphique de l'opposition des traits verticaux et horizontaux, suppression des lignes brisées et par conséquent du risque de confusion des relations avec les croisements de traits parfois inévitables), et plus facile à construire, en particulier pour les diagrammes de grande taille.

le choix de cette représentation correspond aussi à la possibilité d'exprimer graphiquement des caractères attachés aux relations ; par exemple la modalité d'incertitude (cf 2.1.1) ou l'interprétation culturelle et historique de la relation (cf 2.1.3). En effet, comme chaque relation est matérialisée par un segment de droite distinct (un et un seul segment correspond à une et une seule relation – ce qui est par ailleurs la caractéristique d'un graphe au sens mathématique), les attributs graphiques de ce segment de droite (trait continu ou pointillé, simple ou double, couleur, etc.) peuvent varier pour représenter des attributs de la relation. Cette représentation des attributs de la relation est plus malaisée dans le cas d'une représentation de type Harris où un même segment de droite peut être partagé par plusieurs relations (les attributs du trait correspondant devant alors refléter les attributs, même dissemblables, de toutes les relations qui l'empruntent).

Les relations d'antéro-postériorité incertaines (cf. 2.1.1) sont ainsi représentées par des traits verticaux pointillés. Quant aux synchronismes incertains, ils sont marqués par un cadre horizontal (hachuré) qui entoure les unités synchrones[101].

Par ailleurs, les étiquettes d'unités présentent un aspect variable, pour exprimer les trois types fondamentaux d'US définies plus haut (*cf.* 2.1.2) : les dépôt (cadre autour de l'identifiant), les négatifs (absence de cadre, identifiant souligné) et les unités d'altération (absence de cadre, identifiant en italiques) (cf fig. 16 p.65)

99 L'ensemble horizontal ainsi formé par les étiquettes d'une même unité peut visualiser le rôle de « pivot » stratigraphique de certaines unités (témoignant d'un nivellement général par exemple).

100 Du moins lorsque le fouilleur est à jeun.

101 Ce cadre peut parfois s'étendre sur plusieurs lignes, car dans certains cas toutes les unités synchrones ne peuvent être disposées sur la même ligne.

De la stratigraphie physique à la stratigraphie abstraite : le traitement des relations redondantes

Le diagramme « nu », limité à la représentation de la chronologie relative, est déjà une première étape de synthèse des données de terrain. En effet, toutes les relations existantes et observables sur le terrain n'y sont pas figurées.

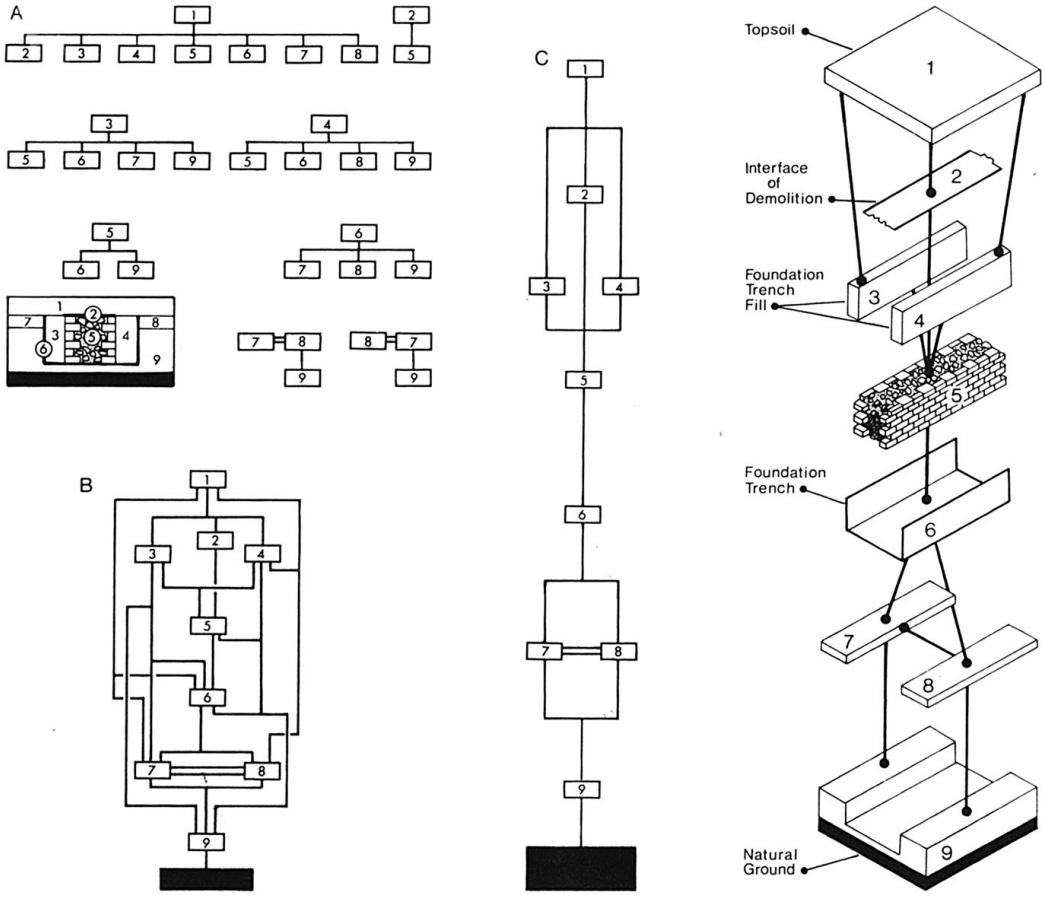
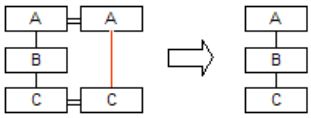


Fig. 28. This diagram illustrates the making of a stratigraphic sequence by the Harris Matrix method and in accord with the law of Stratigraphical Succession: In A all the superpositional relationships of the units of stratification of the site are given in section and in the matrix form; in B they are all shown in a diagram which is an abstract version of the section; according to the Law of Stratigraphical Succession, the superfluous relationships are removed and C is the stratigraphic sequence of the site, shown graphically in D

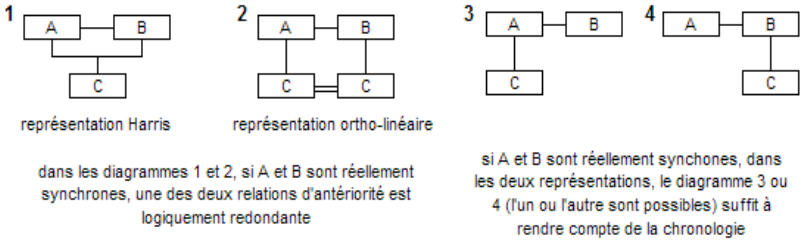
fig. 30: le processus de dépouillement des relations observées pour arriver à la Harris Matrix (dépouillement des relations non redondantes) (Harris 1979 fig.28)

Lorsqu'une US A est postérieure à une US B elle-même postérieure à une US C, la relation A sur C n'est pas représentée, même si elle a été enregistrée, car elle est, comme on l'a vu plus haut (2.1.1) logiquement déductible des deux premières. L'élimination des relations déductibles, dites « redondantes », fait l'objet de la quatrième loi de Harris, dite de succession stratigraphique : «*une unité stratigraphique donnée prend sa place dans la succession stratigraphique d'un site entre la plus ancienne de toutes les unités postérieures et la plus récente de toutes les unités antérieures, et avec lesquelles elle a un contact physique, toute autre relation étant considérée comme redondante*» (Harris 1979b p. 113)[102]. Le diagramme ainsi simplifié représente toute la chronologie stratigraphique, et rien que celle-ci.

102 Nous verrons ultérieurement (chap 4) qu'il s'agit en fait d'une conséquence de la propriété mathématique de transitivité qui caractérise les relations d'ordre.

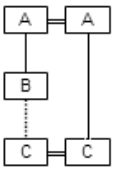


De même, comme on l'a dit plus haut (cf. 2.1.1), la règle d'élimination des redondantes doit logiquement prendre en compte les relations de synchronisme certain :



Concernant les relations incertaines (synchronismes et antéro-postériorités), nous avons défini plus haut (2.1.1) les conséquences de cette modalité d'incertitude : une relation certaine ne peut être déduite d'une relation incertaine.

Cette non-déductibilité s'applique logiquement, mais à l'inverse, à l'élimination des relations redondantes. Si l'on a observé et enregistré les trois relations suivantes : A est postérieur à B, B peut-être postérieur à C (relation incertaine), et A postérieure à C, la dernière relation, redondante si on ne tient pas compte de la modalité d'incertitude, ne doit pas être éliminée. Car si l'on tient compte de l'incertitude qui affecte la seconde relation, la troisième relation « A (certainement) postérieur à C », n'est pas déductible des deux premières (on ne peut déduire une relation certaine d'une relation incertaine). Cette troisième relation doit donc apparaître sur le diagramme, où elle maintient le fil de la chronologie certaine.



De fait, sur l'exemple simple de stratification proposé par E. Harris pour illustrer le principe du diagramme stratigraphique, on remarque que la règle d'élimination des relations redondantes n'est pas appliquée concernant la relation de synchronisme figurée entre les unités 7 et 8 (cf. fig.30 ci-dessus).

Cela constitue une anomalie au regard du principe d'élimination des relations redondantes ; en effet si la « correlation » entre ces unités était une relation à part entière, la représentation des relations « 7 sous 6 » et « 9 sous 7 » suffirait, les relations « 8 sous 6 » et « 9 sous 8 » étant alors redondantes en raison du synchronisme 7-8 (cf. 2.1.1).

Bien que cette anomalie ne soit pas expliquée par son auteur, nous l'interprétons ici comme une application intuitive du principe de précaution que constitue la non-déductibilité des relations incertaines. E. Harris ne tient pas compte de la « correlation » entre 7 et 8 pour appliquer la règle d'élimination des relations redondantes, vraisemblablement en raison de l'absence de continuité observable entre 7 et 8 ; ce qui correspond à un synchronisme incertain.

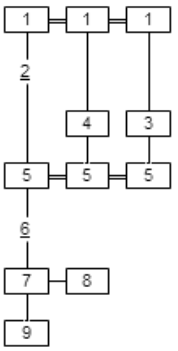


diagramme de l'exemple de Harris dans le cas d'un synchronisme certain entre 7 et 8

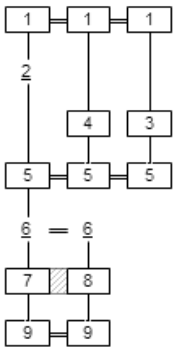
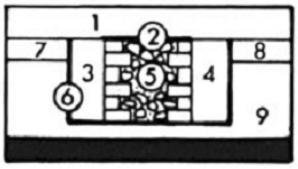


diagramme de l'exemple de Harris dans le cas d'un synchronisme incertain entre 7 et 8

Notons enfin, dans la perspective de la prise en compte de l'interprétation culturelle et historique des relations (notamment en termes de rupture ou continuité) évoquée plus haut (*cf.* 2.1.3), que la règle d'élimination des relations redondantes devra dans ce cas être aménagée. Elle pourra, en effet, être segmentée, et appliquée à l'intérieur de chaque catégorie interprétative de relations, mais pas d'une catégorie à l'autre (par exemple, une relation de « rupture », étant de nature différente, devra continuer à apparaître même si elle est redondante par rapport à des relations de « continuité »).



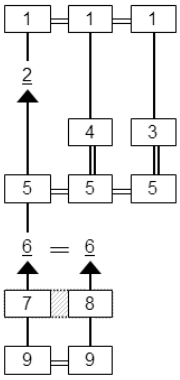


diagramme de l'exemple de Harris avec expression de l'interprétation des relations : rupture entre le sol 7-8 et le creusement 6 (le premier est détruit par le second), et entre le dérasement 2 et le mur 5 (idem) ; continuité entre les remblais 3 et 4 et le mur 5 (les premiers complètent la construction du second)

2.2.2. La stratigraphie et le temps relatif des évolutions de la culture matérielle

Stratigraphie et sériation chronologique : une dialectique pérenne

L'importance dans l'histoire intellectuelle de la discipline archéologique, de la rencontre entre la stratigraphie et l'étude des objets (visant à définir l'évolution de ces objets) a été évoquée plus haut (1.2.2 et 1.2.3). Sur le plan conceptuel, cette confrontation des contextes et des objets correspond aux deux sortes de chronologies relatives que manie l'archéologue : le temps relatif ordonné, discontinu, des unités stratigraphiques, et le temps relatif continu des évolutions culturelles et naturelles du contenu de ces unités. Sur le plan pratique, elle correspond à une étape du processus de traitement des données issues d'une opération archéologique de terrain : celle de l'exploitation de l'information stratigraphique dans l'étude des éléments matériels recueillis.

L'étude de ces évolutions de traits matériels observés par l'archéologue est l'objet des recherches de sériation. Ce domaine a suscité de nombreux travaux[103] (commentés notamment dans Djindjian 1991, Giligny 2002). D'une façon générale, le modèle chronologique de sériation est celui d'une évolution continue : un type d'objet ou un trait culturel apparaît, se développe, puis disparaît définitivement. Ce modèle de courbe unimodale, supposée être celle de l'évolution dans le temps

103 Parmi lesquels certains se sont attachés à la sériation d'ensembles issus de sites urbains densément stratifiés (Carver 1985)

de tout trait culturel (et naturel), remonte aux origines de la typologie archéologique, depuis Caylus, en passant par les chrono-typologues évolutionnistes tels Montelius ou Pitt-Rivers. Pour les archéologues actuels héritiers de cette tradition, il s'agit d'une « théorie intermédiaire » (*middle range theory*), c'est à dire, suivant la définition des archéologues « processuels » américains des années 1960 et 1970, une théorie qui sans présenter le caractère général d'une loi, est corroborée dans un nombre de cas suffisants pour constituer un modèle de référence (Demoule 2002). Du point de vue qui nous intéresse ici, celui du rôle de la stratigraphie dans la sériation, on peut distinguer deux stades.

Dans un premier stade, celui des recherches typologiques intrinsèques à l'étude des objets, la stratigraphie n'intervient pas directement. Cette étape correspond à la construction de tableaux de données portant uniquement sur des objets (objets en individus et traits observés sur ces objets en variables). Notons que si cette démarche peut mettre en évidence par exemple des types technologiques, une recherche de sériation chronologique limitée à ce stade, sans confrontation avec des données de contexte ou des éléments de datation, ne donne lieu qu'à une interprétation incontrôlée (ce que Jean-Claude Gardin (1979) appelle une « construction libre ») ; quelle que soit la complexité mathématique ou informatique des outils employés, une telle recherche en reste sur le fond au stade aujourd'hui dépassé de la philologie archéologique du XIXe siècle (cf. 1.1.2).

La stratigraphie intervient de manière active dans une deuxième étape de recherche sérielle, celle du croisement de l'information contextuelle avec les traits matériels étudiés, ou avec des types définis dans la première étape. Les individus des tableaux de données à traiter ne sont alors plus directement des objets, mais des ensembles d'objets ou de traits matériels correspondant à des contextes identifiés sur le terrain (US, structures, sépultures...). Traités dans le cadre d'une recherche de sériation chronologique, ces objets ou traits matériels sont considérés comme contemporains (à l'échelle de temps étudiée par l'archéologue) au sein d'un même ensemble archéologique : l'information stratigraphique mise en œuvre est alors celle du synchronisme entre les constituants de chaque ensemble (ce qui suppose une critique de ces ensembles du point de vue de leur caractère réellement primaire et clos).

En l'absence d'une succession stratigraphique qui ordonne ces ensembles dans le temps (ce qui est le cas par exemple de structures – fosses, sépultures, etc. – identifiées sur des sites érodés, sans relations stratigraphiques conservées entre elles ; ou d'ensembles provenant de sites différents), l'hypothèse de sériation est appliquée pour les situer chronologiquement, en fonction des présences et proportions des traits matériels considérés. Le résultat peut être a posteriori corroboré à l'aide d'éléments de datation disponibles (datations 14C par exemple). Cette démarche principalement inductive mais construite sur la relation objet-contexte, donc réfutable et corrigible – « construction guidée » de Jean-Claude Gardin, conforme au critère scientifique de « falsifiabilité » proposé par le philosophe et logicien Karl Popper (1902-1994) (Popper 1935, 1973) – correspond à la riche tradition intellectuelle qui, depuis les travaux de Montelius jusqu'à l'actuelle définition des groupes culturels du Néolithique, en passant par la méthode du *cross dating* de Petrie et Childe, a permis de structurer et d'ordonner la chronologie protohistorique européenne.

Dans cette démarche, l'intérêt de l'existence d'une stratification dense et d'un diagramme qui en rend compte est de pouvoir obtenir une structuration des données dont la signification chronologique est issue de l'ordre stratigraphique préalablement connu, donc contrôlée *a priori*. L'information contextuelle stratigraphique est dans ce cas exploitée dans sa double dimension : les synchronismes définissant les ensembles, et la succession ordonnée de ces ensembles. Pratiquement, l'ordre des US (ou regroupements d'US) donné par le diagramme (ordre dont nous verrons qu'il peut être exprimé par un rang ou une distance stratigraphique – *cf.* chap. 3) sert à fixer celui des lignes du tableau de données. La recherche d'associations signifiantes entre unités (ensembles) et traits étudiés se fait en fonction de cet ordre. Ce cas de figure de raisonnement

chronologique totalement déductif (« constructions imposées » de Jean-Claude Gardin) ne nécessite pas de mettre en œuvre *a priori* un modèle d'évolution chronologique ; mais il peut servir à tester un tel modèle. Il est ainsi possible non seulement de sélectionner les variables conformes au modèle de sériation, mais aussi d'examiner celles qui se comportent différemment, reflétant par exemple des phénomènes d'évolution cyclique.

En effet-retour vers l'étude des contextes et de leur processus de formation, l'examen de la répartition des éléments recueillis dans le cadre de l'ordre donné par la succession stratigraphique dans les contextes permet aussi d'approcher les phénomènes de remaniement ou d'intrusion.

Un outil : le sériographe (examen des écarts à l'indépendance sous contrainte de l'ordre stratigraphique)

Parmi les nombreuses techniques de sériation existantes (qu'il serait hors de propos de passer ici en revue), nous en mentionnerons ici une (proposée il y a quelques années – Desachy 2004b), en raison de son adaptation particulière au traitement sous contrainte stratigraphique (c'est à dire dans le dernier des cas de figure évoqués ci-dessus, lorsque l'ordre chronologique est fourni par le diagramme stratigraphique).

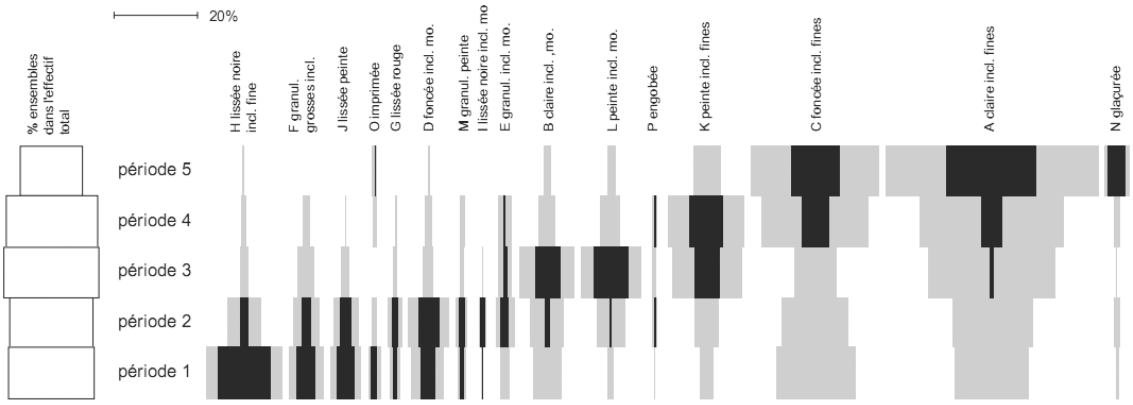
Il s'agit d'un outil simple (dit sériographe EPPM), dont le principe est celui, bien connu, du « diagramme de Ford[104] » ou diagramme en bateaux, appelé *seriograph* par les archéologues britanniques. Le tableau de données de départ correspond au deuxième stade évoqué ci dessus : il croise des ensembles archéologiques (individus, en lignes) avec des traits matériels observés et décomptés dans ces ensembles (variables, en colonnes ; par exemple, des types de céramiques, décomptés en nombres de fragments, nombres équivalents vases, ou autre technique de comptage). Le graphique visualise les proportions calculées à partir de ce tableau, en ramenant à 100 % l'effectif total de chaque ensemble (cette opération exprimant l'hypothèse, pas anodine et qui doit donc être argumentée, de l'égale représentativité de chaque ensemble) ; proportions exprimées sous forme de bandes horizontales centrées sur chaque axe vertical correspondant à une variable. Une évolution correspondant au modèle de sériation prend ainsi l'apparence d'une série de « bateaux » régulièrement échelonnés ; apparence que l'on peut mettre en évidence par permutation des colonnes (axes verticaux), ainsi que des lignes (si l'on de dispose pas d'un ordre chronologique préalablement connu des ensembles).

La spécificité du sériographe EPPM est de superposer, à la visualisation de la proportion de chaque variable pour chaque ensemble (en gris), celle de la part supérieure à la moyenne de la variable (en noir). Cette visualisation des écarts positifs aux pourcentages moyens (EPPM) est une expression de la notion statistique d'écarts à l'indépendance[105] ; elle permet de repérer les associations signifiantes entre ensembles et traits matériels (présence de valeurs noires) et de mieux guider ainsi la recherche de sériation (qui peut être automatisée par l'algorithme simple des « moyennes réciproques »).

Cet outil n'est pas concurrent des techniques d'analyse des données plus sophistiquées (telle l'analyse factorielle des correspondances, à laquelle il est d'ailleurs techniquement apparenté) ; il est destiné à intervenir en amont, pour examiner rapidement, « en routine », la répartition du matériel dans les unités stratigraphiques (ou regroupement d'US). Le blocage de l'ordre des lignes, que permet l'ordonnancement des US fourni par le diagramme stratigraphique, permet d'assurer l'interprétation chronologique et d'examiner les évolutions des traits matériels étudiés en relation avec la stratigraphie.

104 Lequel diagramme de Ford est lui même un cousin des diagrammes palynologiques.

105 Visualisation inspirées des travaux de Jacques Bertin (« matrice pondérée » - Bertin 1977) et de ceux de Philippe Cibois sur la représentation des écarts à l'indépendance dans le cadre de son logiciel libre d'analyse statistique Tri-Deux : http://pagesperso-orange.fr/cibois/SitePhCibois.htm



Sériation déduite (ordre des lignes donné par la succession stratigraphique des US regroupées en périodes) de comptages de types céramiques du IX au XIIIe s. (site des Halettes, Compiègne, Oise)

fig. 31: utilisation du sériographe EPPM sur des données de fouille urbaine (extrait de Desachy 2004 b)

Nous mentionnons ici cet outil, déjà existant et publié, car nous le concevons principalement comme une extension fonctionnelle du diagramme stratigraphique (plus que comme un outil de recherche de sériation « libre », rôle pour lequel il présente des limites), permettant d'utiliser systématiquement l'information stratigraphique dans le comptage et le traitement du matériel provenant des sites très stratifiés, concernant les artefacts, les écofacts, voire les constituants sédimentologiques des US (Fondrillon 2007).

Il faut noter de ce point de vue que les données issues des opérations d'archéologie urbaine constituent des gisements d'information particulièrement denses et statistiquement intéressants, en raison de la quantité importante de matériel recueilli, du nombre d'ensembles archéologiques dans lesquels se répartit ce matériel, et de l'ordonnancement stratigraphique de ces ensembles. Si l'exploitation de cette information est assurée dans les cas de sites bénéficiant d'un suivi archéologique de long terme (tels, pour prendre des exemple parmi les plus anciens, Tours[106] ou Saint-Denis), dans bien des cas, des opérations préventives importantes, mais plus ponctuelles ne peuvent inclure cette phase de croisement systématique de l'information stratigraphique et de l'étude des éléments recueillis (ou ne peuvent le faire que de façon partielle).

2.2.3. L'inscription de la chronologie stratigraphique dans la chronologie quantifiée

La correction stratigraphique des intervalles de datation

Comme indiqué plus haut, aucun élément autre que l'observation des interfaces, et en particulier aucun élément de chronologie quantifiée (études typologiques, monnaies, textes, datations physico-chimiques...), ne doit intervenir dans l'élaboration de la chronologie relative stratigraphique, sous peine notamment de cercles vicieux dans les raisonnements chrono-typologiques : « *Aucun de ces éléments des études post-fouille ne modifie la succession stratigraphique elle-même car elle est basée sur les seules relations stratigraphiques* » (Harris 1979 p. 91). Afin d'éviter toute ambiguïté dans le discours et de bien maintenir cette distinction entre les deux ordres d'information chronologique que sont d'une part les indications chronométriques et d'autre part l'observation stratigraphique, nous réserverons ici les termes « avant » ou « après » à la position d'une US au regard de la chronologie absolue, les

106 Un processus formalisé de traitement chronologique a été développé par Philippe Husi avec la collaboration de Lise Bellanger pour le traitement de la céramique tourangelle, fondée sur la sériation sous contrainte de l'information stratigraphique d'ensembles clos (« CRI » : Chronologie Relative Intégrante), opérée à l'aide d'analyses statistiques multidimensionnelles, et aboutissant à un modèle permettant la réaffectation chronologique de nouveaux ensembles (Husi, Bellanger 2003),

termes « sur » et « sous » exprimant sa position en stricte chronologie relative stratigraphique (cf. 2.1.2). Par exemple pour deux US sans relation stratigraphique entre elles, mais dont l'une a 1250 comme date plafond et l'autre 1500 comme date plancher, on dira de cette dernière qu'elle est « après », mais pas « sur » la première. De même on réservera ici le terme « synchrone » à la chronologie stratigraphique et le terme « contemporain » à la chronologie quantifiée : deux US peuvent être contemporaines mais non synchrones (formées à la même date, mais séparément) ; par contre le synchronisme de deux US implique leur contemporanéité.

Mais à l'inverse, une fois la chronologie stratigraphique établie, celle-ci peut permettre le report des indications chronométriques, afin de dater des US dépourvues en propre de date plancher ou plafond. Ce raisonnement mis en œuvre à partir des relations stratigraphiques et des TPQ et TAQ est connu et pratiqué, mais de façon plus ou moins empirique et intuitive (Ferdière 2007). Il n'est donc pas inutile d'en rappeler précisément les règles :

- le TPQ d'une US est logiquement aussi celui des US postérieures, sauf si des TPQ plus récents sont attribués à ces dernières ;
- de même le TAQ d'une US est aussi celui des US antérieures, sauf si ces dernières disposent de TAQ plus anciens ;
- mais attention, inversement, le TPQ d'une US ne peut pas constituer un TAQ pour les US antérieures ; et le TAQ d'une US ne peut pas constituer le TPQ des US postérieures ;

Notons que l'application de ces règles entrainent non seulement le report, mais aussi dans certains cas la correction (c'est à dire la diminution de l'imprécision) des intervalles de datation TPQ-TAQ des US. En effet, dans le cas où le TPQ d'une US est plus récent que le TPQ d'une US postérieure, le TPQ propre de l'unité postérieure est logiquement remplacé par un TPQ déduit, celui provenant de l'unité antérieure (cas possible, notamment si le TPQ de l'US postérieure est donné par un mobilier redéposé : par exemple une couche d'occupation médiévale surmontée par un remblai contenant du matériel romain remanié) ; l'intervalle d'imprécision de la date de cette unité postérieure est ainsi réduit. Dans le cadre de ce raisonnement de report et de recalage des TPQ et TAQ, l'intérêt d'une date d'US précisément connu (c'est à dire d'un instant final de formation d'US précisément daté – *cf.* 2.1.5) est clair : celle-ci peut servir à la fois de TPQ pour les couches postérieures, et de TAQ pour les couches antérieures.

Bien que E. Harris lui-même ait peu développé cet aspect, le diagramme stratigraphique peut ainsi devenir un outil de datation. En effet, il est possible, à partir d'éléments de datation connus pour quelques unités seulement, d'affecter à toutes les unités une fourchette TPQ – TAQ. Nous avons vu plus haut qu'il est toujours possible, dans l'absolu, de trouver un TAQ (le présent) et un TPQ. Avant toute indication chronométrique, l'ensemble des US du diagramme, et donc le diagramme lui même, s'inscrivent donc dans un seul et très large intervalle d'imprécision correspondant à ce TPQ et à ce TAQ « absolu » (mettons, s'il s'agit de la fouille d'un habitat sédentaire : TPQ : -6000 ; TAQ : 2008). L'introduction d'un seul TPQ (par exemple une monnaie frappée en 1600, attribuable à l'unité X) va déjà préciser cette inscription du diagramme dans le temps absolu ; en effet, le sous-ensemble du diagramme formé par X et toutes les US postérieures prend alors l'intervalle d'incertitude [1600 – 2008]. Au fur et à mesure que des éléments de datations sont apportés par les différentes études, l'inscription du diagramme dans le temps absolu peut ainsi être détaillée et développée, par la subdivision du diagramme en multiples sous-ensemble chacun pourvu d'une fourchette de datation.

Notons, à titre de perspectives, que la prise en compte des indicateurs supplémentaires proposés plus haut (2.1.5) dans le report stratigraphique des datations permettrait (dans certains cas) d'augmenter la précision des intervalles TPQ TAQ. Par exemple, si l'on dispose d'indications

minimales de durées, la date de fin de formation d'une US est nécessairement postérieure ou égale au TPQ de l 'US antérieure, augmenté de la durée minimale « d'entretemps » entre les deux US et de la durée minimale de formation de l'US postérieure ; si l'une de ces deux durées minimales est supérieure à 0, le TPQ peut ainsi être rajeuni au cours de son transfert stratigraphique. De même, l'indication de durées maximales permet, en une manœuvre interdite avec les seuls TPQ et TAQ, de reporter des TPQ vers des couches antérieures ou des TAQ vers des couches postérieures. On peut ainsi rationaliser des reports de datation intuitivement pratiqués : par exemple une sépulture à inhumation disposant d'un TPQ donné par le matériel déposé dans la fosse avec le corps ; considérant que la durée de formation maximale du dépôt funéraire est courte (de l'ordre de quelques heures), et que la durée maximale écoulée entre le creusement de la fosse et le dépôt du corps et des objets est elle-même courte (de l'ordre de quelques jours), on peut considérer que le TPQ du dépôt funéraire s'applique, à peu de choses près, au creusement de la fosse qui lui est stratigraphiquement antérieur. En effet, le creusement de la fosse est nécessairement postérieur au TPQ du dépôt funéraire moins les durées maximales cumulées de formation du dépôt funéraire et d'entretemps entre la fosse et le dépôt funéraire.

Représentation graphique : mise en palier du diagramme, graphique des intervalles de datation

La situation des US dans le temps absolu peut alors, dans une certaine mesure, être exprimée par leur hauteur sur le diagramme : ainsi sur son exemple de diagramme, E. Harris place le négatif 2 (dérasement de la maçonnerie 5) plus haut que les remblais 3 et 4, car il est supposé plus récent (2, 3 et 4 ayant par ailleurs la même position stratigraphique relative).

Cependant, il n'est pas possible utiliser la dimension verticale du diagramme stratigraphique comme une échelle quantifiée du temps donné par les indicateurs chronographiques habituels (TPQ-TAQ), sous forme d'intervalles d'imprécision. En effet, en raison de l'inégalité de ces intervalles d'imprécision, il n'est pas possible de figurer à la fois les TPQ et TAQ sous une forme respectant la logique du diagramme et de l'échelle du temps verticale, c'est à dire sous forme de divisions horizontales[107].

Nous proposons donc le principe de deux représentations : une mise en paliers chronologique du diagramme stratigraphique portant soit sur les TPQ, soit sur les TAQ, dans laquelle ceux-ci deviennent des seuils qui s'insèrent dans la chronologie ordonnée ; et parallèlement, une visualisation simultanée des TPQ et TAQ sous forme d'un graphique des intervalles des dates d'US, qui lui s'inscrit dans l'échelle du temps quantifié (en l'occurrence figurée à l'horizontale, comme un planning).

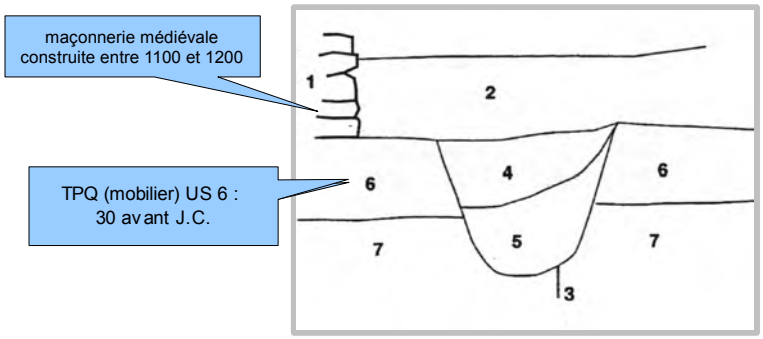


fig. 32: exemples d'éléments de datation

Ces représentations graphiques sont destinées à permettre une exploitation plus systématique et plus aisée de l'information stratigraphique croisée avec les éléments de datation disponible ; ainsi,

107 Cette irrégularité du temps stratigraphique par rapport au temps historique est commentée notamment par Laurent Olivier (2001).

de la même façon que le diagramme stratigraphique peut constituer un outil de sériation, il constitue aussi un outil de datation. En particulier, les deux formes possibles de diagramme mis en paliers (sur les TPQ ou sur les TAQ), en illustrant les deux dispositions extrêmes chronologiquement possibles, constituent une aide à la mise en forme finale du diagramme par l'utilisateur.

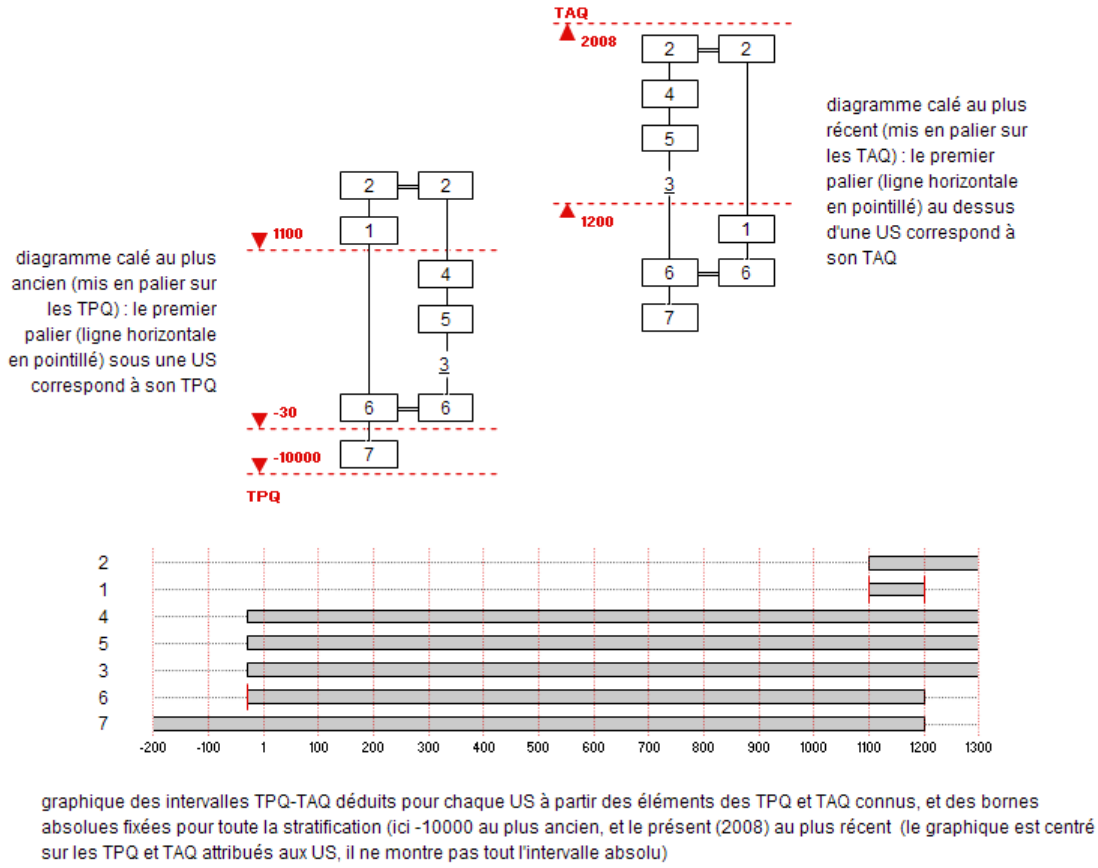


fig. 33: diagrammes mis en paliers, et graphique des intervalles TPQ-TAQ d'après la stratification et les éléments de datation de la figure 32

2.2.4. les regroupements synthétiques d'unités stratigraphiques

La pratique des regroupements d'unités dans le traitement des données stratigraphiques

Sur la base de la stricte information stratigraphique (le « diagramme nu »), l'interprétation de nature culturelle et historique effectuée au niveau des US (voire des relations), issue de l'observation de terrain et des différentes études liées à la fouille, fonde l'élaboration de regroupements d'unités. Ces regroupements synthétisent l'évolution de l'occupation sur le site étudié, par exemple sous forme de phases successives. Cette opération de « *passage d'un modèle ordinal* (le diagramme nu) *à un modèle agglomératif* (le diagramme mis en phase) » (Sharon 1995 p.753), construisant la synthèse (la mise en phases) à partir de l'analyse (au niveau de l'US), s'oppose à une mise en phases définie et figée *a priori* (sur la base d'un sondage préalable par exemple) dans laquelle sont ensuite obligatoirement répartis les vestiges découverts au fur et à mesure de la fouille ; mise en phase *a priori* qui est un caractère hérité de la « protostratigraphie » évoquée au chapitre 1 (1.2.4).

E. Harris lui-même (1979) a distingué deux niveaux de regroupements : les « phases » (*phase*), elles mêmes regroupées en « périodes » (*period*) ; à ce dernier niveau il rattache le concept de *period interface*, c'est-à-dire de surface combinée de toutes les US, témoignant d'un état d'ensemble de l'occupation (par exemples les sols et murs contemporains d'utilisation). Les fouilleurs britanniques

ont ensuite développés diverses hiérarchies synthétiques ; par exemple les trois niveaux de distingués par M. Carver (2005) : *context* (US), *feature* (« fait » : ensemble d'US), *structure* (ensemble de faits) ; ou les trois niveaux adoptés par le *Scottish Urban Archaeological Trust* (SUAT) : le *set* qui rassemble les unités stratigraphiques directement associées (une fosse et son remplissage par exemple), le *group* qui rassemble les *sets* formant une structure, et la *phase*, regroupement plus large lié à un type d'occupation du site (Cox 2000). Les travaux du groupe *Interpreting Stratigraphy* notamment se font fait l'écho de ces réflexions (Roskams 2000 dir.). De même en France, des définitions générales de niveaux de regroupements ont été proposées (Randouin éd. 1987), plus ou moins reprises par les différents équipes de fouilles, qui ont aussi développé des vocabulaires locaux.

Regroupements structurels et chronologiques : la dialectique des vues synchronique et diachronique

Derrière ces différents niveaux de regroupement, on retrouve une dichotomie classique : celle de la vision synchronique, de l'état de l'occupation et de l'organisation du site à un instant donné, et de la vision diachronique, de leur évolution dans le temps.

En effet, on peut d'une part distinguer des regroupements chronologiques, traduisant une vision diachronique ; les principaux termes utilisés en France, définis dans la synthèse de 1987 (Randouin éd. 1987) mais utilisés avec différentes variations de sens, sont : la **séquence**, ou regroupement élémentaire d'US relevant du même événement précis et de la même interprétation culturelle[108], par exemple la séquence de construction d'un sol ou d'un mur ; la **phase**, ou ensemble d'US ou de séquences correspondant à un même événement global (construction d'un bâtiment), à une occupation d'un même type (habitat, artisanat…), ou à une même organisation de cette occupation ; la **période**, ou plus large regroupement chronologique, réunissant une ou plusieurs phases en un ensemble inscrit dans le temps quantifié, en relation avec une période historique (Moyen Âge, Temps Modernes, etc.). Quelles que soient les nuances de sens avec lesquelles cette hiérarchie est utilisée, elle correspond au besoin de distinguer des temporalités différentes dans l'évolution de l'occupation étudiée : sur le court, le moyen, et le long terme.

D'autre part, certains types de regroupement aussi utilisés renvoient, eux, à une vision structurelle et synchronique, de l'état de l'occupation à un moment donné ; les plus usités, eux aussi cités dans la synthèse de Tours (Randouin éd. 1987) sont : le **fait**, ou regroupement élémentaire d'US correspondant à une unité fonctionnelle, identifiable sur le terrain (par exemple l'ensemble des US attribuables à un sépulture, une fosse et son remplissage, un trou de poteau…) ; la **structure** (ou **ensemble**), ou regroupement de faits « *ayant entre eux des rapports structurels étroits* » (par exemple les poteaux formant un bâtiment).

Ces deux visions synchronique et diachronique se croisent, de sorte par exemple qu'une séquence chronologique de construction de mur (tranchée de fondation, puis maçonnerie de fondation, puis remblai de tranchée de fondation) correspond aussi à un fait (le mur concerné). Cette articulation entre niveaux de regroupements structurels et chronologiques est variable suivant le type de site et d'occupation : une phase d'occupation artisanale (atelier de potiers par exemple) peut inclure plusieurs structures (fours, structures annexes…) ; une même structure peut par ailleurs durer au point de traverser plusieurs phases voire plusieurs périodes (ainsi un mur mitoyen entre parcelles urbaines, du Moyen Âge à la période contemporaine).

Ces rassemblements structurels ou chronologiques d'US – que nous qualifierons ici globalement d'unités de regroupement (UR) – ont pour finalité de restituer au mieux les temporalités, l'évolution et la structuration de l'occupation, propres aux sites et aux sociétés étudiés. Il n'est donc à notre

108 Le terme « séquence », généralement utilisé par les fouilleurs français pour désigner le plus petit niveau de regroupement chronologique, n'a pas du tout le même sens en anglais, où il désigne l'ensemble de la succession stratigraphique observée sur un site.

sens pas utile de trop vouloir en rigidifier ou en standardiser la définition : par exemple, la mise en phases (au sens large) recouvre des réalités très différentes suivant qu'il s'agit d'un village néolithique ou d'un site urbain historique.

Ces regroupements peuvent être exprimés sur le diagramme par des cadres et des divisions horizontales, superposés aux étiquettes d'US et aux traits de relations ; M. Carver (1990) a proposé, une représentation alternative, dérivée de ses critiques sur l'insuffisance de la *Harris Matrix* à représenter les contemporanéités et durées d'utilisation (cf. 2.1.3), sous forme de « boites » représentant les regroupements (structurels) en largeur, et leur durée dans le temps en longueur.

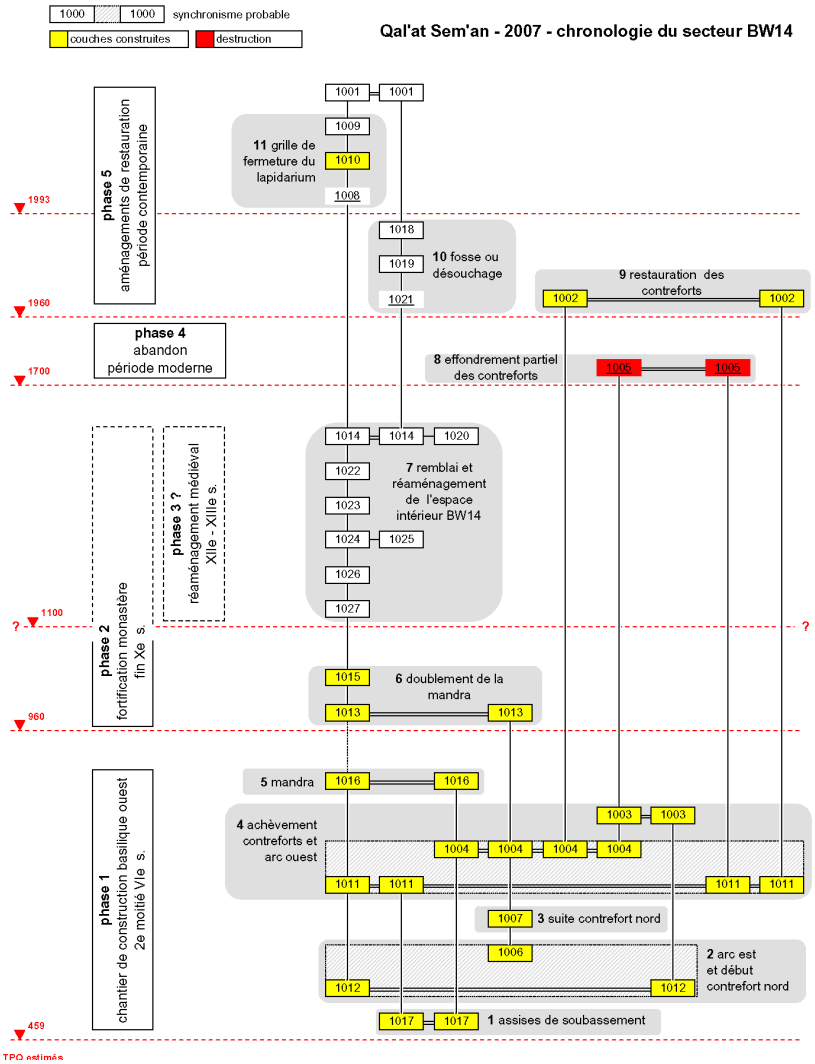


fig. 34: diagramme mis en séquences et phases (fouilles du monastère du Mont St Syméon, Syrie, 2007)

2.3 Application et limites de la méthode stratigraphique

Nous avons vu plus haut que la méthode stratigraphique en aire ouverte (à laquelle sont consacrées les deux premières parties de ce chapitre), fondée sur le modèle harrissien et née il y a trente à quarante ans sur les site urbains britanniques, s'insérait dans un plus vaste mouvement méthodologique de l'archéologie de terrain, caractérisé par la primauté donnée à la lecture spatiale. Ce renouvellement méthodologique, convergent mais pluriel, a donné lieu aux différentes méthodes de terrain actuellement pratiquées. Elles peuvent être regroupées en trois grandes approches, qui sont la fouille en grand décapage, l'aire ouverte urbaine ci-dessus exposée, et la fouille « ethnographique » minutieuse

(notamment de sols d'habitat). Ces approches, bien que ne se référant pas à l'origine au modèle stratigraphique de E. Harris, peuvent être envisagées dans leurs rapports avec la stratigraphie : elles correspondent à différentes d'échelle d'analyse, au niveau global de la structure (ensemble culturellement signifiant), au niveau médian de l'unité stratigraphique proprement dite, ou au niveau plus fin de l'analyse et de la répartition des composants internes aux US (2.3.1). Malgré leur apparente séparation, renforcée par des effets de formation, de spécialisation professionnelle, et d'histoire de la discipline, ces approches sont complémentaires autour du choix de l'échelle d'analyse des contextes archéologiques, lequel choix peut être opéré en fonctions de critères évaluables (2.3.2). Dans la perspective de l'ensemble méthodologique cohérent que forme ainsi toute l'archéologie de terrain, on peut alors préciser la place de l'approche stratigraphique : celle ci fournit au fouilleur un cadre d'analyse parfois non suffisant mais toujours nécessaire, et des outils (diagramme, enregistrement par US) qui peuvent se révéler utiles dans différents cas d'application, au delà des sites urbains qui les ont vu naître (2.3.3).

2.3.1. La pluralité des approches : les trois niveaux d'analyse du terrain

L'analyse spatiale large : la fouille en grand décapage

Les fouilles en grands décapages mécanisés, dans la lignée des travaux évoqués plus haut (1.3.1) des protohistoriens, en particulier de B. Soudsky, sont devenues la méthode normale dans les cas de sites érodés contenant un grand nombre de traces archéologiques visibles dans le substrat naturel avec peu ou pas de contacts entre elles, telles les séries de trous de poteaux témoignant de bâtiments dont les superstructures et les sols ont disparu. Dans ce type de stratification anthropique peu dense, les US (au sens des plus petites unités de terrain définies par leurs interfaces) se présentent habituellement regroupées en structures distinctes, directement interprétables (fosses, sépultures, trous de poteaux, etc.), sans qu'il soit besoin de démêler un écheveau de relations et d'unités imbriquées pour en définir les limites spatiales et chronologiques. L'unité d'enregistrement se situe donc le plus fréquemment au niveau plus large du « fait » ou de la structure (trou de poteau, fosse...) et non au niveau de l'US proprement dite, constitutive de la structure. Les relations stratigraphiques éventuelles peuvent alors être enregistrées directement au niveau de la structure (cf. Soudsky 1970).

Le document d'enregistrement principal est le plan, qui suffit fréquemment à rendre compte de l'ensemble des structures et de leurs relations (cas de figure dit de « stratigraphie horizontale »). Dans ce cas, marqué par un nombre relativement faible de contacts stratigraphiques, le diagramme est fréquemment (mais pas toujours) peu utile ; et le « placage » de procédures et technique d'enregistrement fonctionnant à l'échelle de l'US et adaptées aux sites de type urbain peut donc se révéler inapproprié (Clark 1992).

En effet, à la différence de la fouille stratigraphique en aire ouverte, l'analyse stratigraphique n'est pas centrale dans l'approche du terrain et dans l'étude qui suit : c'est sur l'analyse spatiale, les études post-fouille, voire le traitement statistique des données (sériation chronologique ou topochronologie par exemple) que s'appuie principalement l'interprétation chronologique et culturelle du site.

L'analyse spatiale fine : la fouille « ethnographique »

A l'inverse, la méthode «ethnographique» de fouille de sols d'occupation préhistorique expérimentée par A. Leroi-Gourhan, elle aussi déjà évoquée (1.3.1), se caractérise, d'un point de vue stratigraphique, par un niveau d'analyse et d'enregistrement plus fin que celui de l'US définie par ses interfaces. En effet, le repérage en trois dimensions de certains types d'artefacts et d'écofacts, afin

de mettre en évidence une organisation spatiale signifiante de ces vestiges (structures latentes, traces d'activité), peut être située comme une étude de la répartition spatiale des éléments constitutifs de ce qui est, au sens de la stratigraphie harrissienne, une même US. Ainsi la nappe d'ocre et de déchets marquant la surface occupée de l'habitation n° 1 de Pincevent (Leroi-Gourhan 1984) est stratigraphiquement identifiable comme un dépôt, à l'interface supérieure des alluvions (interface formant la surface du sol du campement magdalénien), scellé par l'interface inférieure de la couche d'alluvions déposée lors de la crue suivante, et appartenant à la même phase que les trois foyers de l'habitation, eux aussi identifiables comme US. Mais cette simple détermination accompagnée d'une interprétation globale pour tout ce dépôt, de type « couche d'occupation », sans être fausse, constituerait une simplification violente et une grande perte d'information par rapport à ce que l'examen de la répartition des constituants de cette couche d'occupation permet de dire.

A ce même niveau d'analyse « infra-US » se situent l'analyse taphonomique des restes osseux en place : voie explorée par exemple pour l'étude de l'utilisation du gibier chez les chasseurs-cueilleurs par l'archéologue américain Lewis Binford (*Bones*, 1981), et surtout, en France, pour l'étude des gestes funéraires en anthropologie de terrain (Duday *et al.* 1992, Gallay 2003).

Cette approche au niveau « infra US », comme certains apports de la géoarchéologie évoqués plus haut, met donc aussi en évidence le fait qu'il existe des variations archéologiquement signifiantes au sein d'une même unité stratigraphique, contredisant là encore le postulat « d'isotropie » archéologique que E. Harris associe implicitement à la notion d'US.

Le niveau médian : l'analyse par US

La méthode analysant le terrain au niveau de l'US, que l'on a exposé plus haut, occupe le niveau médian de l'échelle d'analyse du terrain, adapté aux sites présentant un grand nombre d'unités stratigraphiques avec un grand nombre de relations stratigraphiques, et ne nécessitant pas (au moins pour la plupart des unités enregistrées) de descendre à un niveau d'analyse inférieur à celui de l'unité situables par ses interfaces.

Dans ces cas, qui correspondent à la plus grande partie des stratifications anthropiques denses, l'enregistrement par US (*single context recording*) est employé. Le plaquage de techniques issues d'autres approches serait là aussi inadapté. La densité de la stratification, qui nécessite d'analyser le terrain au niveau de l'US avant d'opérer des regroupements structurels, rendrait peu pratique et générateur de confusion un enregistrement directement au niveau de la structure, comme sur les grands décapages. De même, sur ce type de terrain, l'application de techniques d'enregistrement fin « ethnographique » (par exemple composants d'US enregistrés individuellement en 3 dimensions), si elle s'exerce de façon générale et mécanique et non pas de façon sélective et argumentée en fonction de la nature des US concernée, risque de n'être qu'une perte de temps, ou pire, un substitut inefficace à l'absence de réelle analyse stratigraphique.

2.3.2. la complémentarité des approches

Une unité méthodologique autour de la notion de contexte

On peut déduire des remarques qui précèdent qu'aucune de ces approches ne peut tenir lieu de recette universelle. C'est dire qu'elles sont complémentaires (Ferdière 1980), et que la bonne conduite d'une fouille réside dans la capacité à adopter la « vitesse » d'enregistrement adaptée en fonction du terrain, de la vitesse la plus réduite à la plus démultipliée, et de la fouille analytique la plus intensive à la fouille globale la plus extensive, dans« …*le choix réfléchi du bon outil qui intervient entre l'éventail technique proposé et les données du problème à résoudre* » (Ferdière 1980 p. 26).

La complémentarité de ces approches réside plus précisément en ce qu'elles correspondent à des choix différents d'échelle d'observation, autour de la notion de contexte. Pour qualifier plus globalement l'unité d'analyse du terrain mise en œuvre par l'archéologue, nous pouvons, à ce stade, distinguer la notion spécifique d'unité stratigraphique de la notion plus large de contexte. Ce dernier peut être défini d'une façon générale comme l'unité d'information recueillie sur le terrain : c'est à dire l'unité d'interprétation culturelle, fonctionnelle, et chronologique à partir de laquelle l'évolution et l'organisation de l'occupation peuvent être reconstituée, et en référence à quoi les éléments matériels recueillis peuvent être étudiés. Les différentes unités d'enregistrement peuvent être vues comme déclinaisons, ou des multiples et sous-multiples de la notion de contexte.

Des critères pour le choix de l'approche pertinente : les caractères de la stratification

Ces différentes approches ne sont donc pas liées à telle ou telle période chronologique (même si l'histoire de la recherche leur donne une origine localisée plutôt dans la préhistoire, ou dans la protohistoire, ou dans les sites historiques urbains...), mais aux conditions de stratification, variables, y compris sur le même site.

Il est possible d'évaluer le potentiel archéologique d'un terrain, en recourant notamment à des sondages, et en définissant certains critères à tester (par exemple, le potentiel du point de vue des études paléo-environnementales). Trois caractères au moins peuvent plus précisément guider le choix du niveau d'enregistrement :

- le nombre d'US, au sens de E. Harris, c'est à dire d'unités définies par des interfaces stratigraphiques;
- le nombre d'interfaces stratigraphiques entre ces unités (qui définit la densité de la stratification) ;
- et ce que l'on pourrait appeler le potentiel d'information infra-US des unités, c'est à dire la quantité d'information latente qu'elle contiennent et que des stratégies d'enregistrement fin, aux niveaux des constituants de l'US, pourraient mettre en évidence (par exemple structures latentes perceptibles par la répartition des artefacts, ou conditions justifiant la définition de microfaciès géo-archéologiques).

Un terrain marqué par un grand nombre d'unités, mais avec peu de relations entre elles – impliquant donc une stratification anthropique discontinue – permet ainsi le déploiement d'un enregistrement fondé principalement sur le niveau de la structure (c'est à dire de la macro-unité stratigraphique), dans le cadre d'une approche de type grands décapages. À l'autre bout de l'échelle, la reconnaissance d'un potentiel d'information interne à une unité justifie la mise en œuvre de stratégies d'enregistrement fin. Un grand nombre d'unités entretenant un grand nombre de relation entre elles – définition d'une stratification dense – conduit, on l'a vu, à adopter l'US comme unité d'analyse du terrain.

Pour une perméabilité des approches

C'est en principe le rôle de l'évaluation préalable (le « diagnostic » en archéologie préventive) de déterminer quelles sont les conditions dominantes sur le terrain (au regard des critères évoqués ci-dessus), afin de choisir l'unité principale d'analyse du terrain, et par conséquent la méthode et le type d'enregistrement les plus adaptés.

Néanmoins, si des conditions de terrain dominantes peuvent être ainsi définies par un diagnostic préalable, il est parfois nécessaire et judicieux, en cours de fouille, de changer d'échelle en fonction de conditions locales de stratification : en fouille par US par exemple, passer à une échelle « ethnographique » lorsque se présente une unité dans laquelle la position de certains éléments est

susceptible d'apporter des informations (Ferdière 1980) ; ainsi la fouille d'une sépulture avec les techniques de l'anthropologie de terrain, la fouille « ethnographique » d'un sol d'habitat dont l'organisation a été conservée par un incendie, ou encore l'étude de répartition des constituants des dépôts au sein des terres noires (Borderie 2006, Fondrillon 2007). D'ailleurs, le relevé pierre à pierre de l'appareil d'un mur par exemple n'est fondamentalement rien d'autre qu'un changement d'échelle d'analyse de ce type, l'aspect et la position des éléments constitutifs de l'US construite (les matériaux du mur) étant jugés culturellement signifiants.

Cette capacité à changer localement de « vitesse » d'enregistrement au cours d'une fouille en fonction de conditions de terrain particulières, conduit à deux remarques.

Tout d'abord, concernant les outils d'enregistrement, il faut noter l'intérêt, non pas de développer des systèmes d'enregistrement universels – ambition qui nous semble illusoire – mais de prévoir comment l'enregistrement mis en oeuvre à une échelle d'analyse donnée (par exemple l'US) peut s'articuler avec un enregistrement « réduit » ou « démultiplié » à une autre échelle, utilisé localement sur le même site. La technique de l'isolation évoquée plus haut peut par exemple être utilisée pour référencer à l'US, unité principale d'enregistrement, les éléments matériels enregistrés et relevés individuellement dans le cadre d'une stratégie locale plus fine. Par ailleurs, le passage d'une approche globale par structures (prises comme unité principale d'enregistrement) à un enregistrement par US suppose de gérer « l'héritage » des relations stratigraphiques enregistrées au niveau d'une macro-unité vers les unités plus fines qui la constituent. Par exemple, sur une fouille en grand décapage, un fossé globalement enregistré comme antérieur à une fosse (enregistrement au niveau de la structure), dont on analyse ensuite, localement, le remplissage ; dans ce cas les unités stratigraphiques de base du remplissage du fossé, héritent en principe chacune de la relation stratigraphique de ce dernier (antériorité par rapport à la fosse).[109]

L'autre remarque concerne les fouilleurs eux-mêmes. Il y a près de trente ans, Alain Ferdière présentait déjà les trois approches alors nouvelles de la fouille ethnographique, des grands décapage et de la fouille en aire ouverte urbaine[110] comme les éléments complémentaires d'une même panoplie méthodologique, appelée à supplanter des méthodes obsolètes à l'époque encore largement répandues (Ferdière 1980). Ce message a été à moitié entendu : ces trois approches ont effectivement conquis la communauté des archéologues, mais il existe aujourd'hui clairement une forte séparation entre elles, marquée par une spécialisation des fouilleurs. Il n'est certes pas possible d'être omniscient, et la cohérence scientifique souhaitable d'un parcours professionnel amène naturellement les archéologues de terrain à acquérir une expérience plus grande dans certaines aires chronoculturelles et dans certaines approches du terrain plutôt que dans d'autres (par exemple, l'occupation protohistorique et le grand décapage, ou l'occupation historique rurale et le grand décapage, ou les sites historiques urbains et la méthode stratigraphique, ou l'archéologie du bâti et la méthode stratigraphique...). Cependant, cette spécialisation, si elle est poussée jusqu'à une trop grande étanchéité entre les pratiques, est dommageable. De ce point de vue, il paraît utile que tout fouilleur ou futur fouilleur, même plus spécialisé et expérimenté dans une méthode de terrain, puisse bénéficier d'un minimum d'initiation et d'expérience dans l'analyse du terrain à d'autres niveaux d'enregistrement que celui dont il a l'habitude, de façon à mieux gérer les cas de « changement de vitesse » que l'on vient d'évoquer ; et d'une façon générale, à étendre et mieux situer son savoir-faire dans le cadre d'un ensemble méthodologique global, qui est celui de l'archéologie de terrain.

Il faut noter des progrès récents en ce sens. Ainsi, avoir été un facteur de (peut être trop grande) spécialisation technique des fouilleurs, l'archéologie préventive contribue aujourd'hui à des croisements féconds d'approches de terrain, en particulier en insérant la fouille d'occupations

109 Il s'agit en d'autres termes de gérer la déductibilité des relations stratigraphique via des relations d'inclusions ;
110 A. Ferdière réunissait les deux dernières sous l'appellation commune « d'aire ouverte » ;

paléolithiques dans la vision spatiale large des grands décapages, livrant ainsi des données tout à fait nouvelles sur la structuration de l'espace dès le paléolithique moyen, telles l'aménagement d'un enclos à la Folie (Poitiers) fouillé sous la direction de L. Bourguignon (Depaepe 2007).

2.3.3. Le champ de l'approche stratigraphique

Un cadre nécessaire

Une fois reconnue la pluralité des approches de terrain et leur complémentarité autour de la notion de contexte analysée à différentes échelles, on peut mieux situer la place de la stratigraphie dans cette panoplie méthodologique d'ensemble de l'archéologie de terrain. On l'a vu, les principes d'analyse stratigraphiques de E. Harris ne constituent pas un cadre suffisant dans tous les cas pour comprendre le processus de formation du terrain ; et les outils qui en sont directement dérivés – le diagramme stratigraphique, et l'enregistrement par US ou *single context recording* – ne constituent pas une méthode universelle. Néanmoins, ces principes demeurent, à notre avis, un cadre nécessaire. Quelle que soit l'échelle d'analyse et d'enregistrement adoptée, tout contexte archéologique observé sur le terrain doit pouvoir être situé par rapport à la notion d'unité stratigraphique, comme composant d'une US, ensemble d'US, ou US. En d'autres termes, l'élément de terrain (quel qu'il soit) qu'enregistre l'archéologue doit directement ou indirectement être toujours repéré par rapport à des interfaces stratigraphiques identifiées et enregistrées (même si cet élément de terrain n'est qu'une petite partie de l'unité définie par les interfaces identifiables). Ou, encore en d'autres termes, l'analyse du terrain doit toujours être ancrée dans la chronologie stratigraphique identifiable, même si celle ci n'est qu'une enveloppe à l'intérieur de laquelle est opérée une analyse beaucoup plus fine (comme dans le cas d'un sol d'habitat paléolithique).

Cette règle de toujours situer stratigraphiquement une observation de terrain quelle qu'elle soit – qui se traduit sur le terrain par le réflexe de chercher les plus proches interfaces identifiables postérieure et antérieure – permet d'éviter de mauvaises pratiques. Ainsi l'utilisation d'unités « artificielles » de fouilles (c'est à dire définies par le fouilleur), impliquant le recueil des éléments matériels par tranche ou par maille, constituent (si elles sont argumentées) des stratégies légitimes d'analyse d'une unité stratigraphique et des éléments qui en proviennent. Mais si elles ne tiennent pas compte des interfaces, elles ne sont qu'un retour au stade « protostratigraphique » dont Wheeler dénonçait les défauts. On pourrait dire la même chose de l'enregistrement en coordonnées topographiques d'éléments de terrain repérés individuellement. François Bordes, répondant à A. Leroi-Gourhan à propos des méthodes d'étude des sols d'habitat préhistoriques, critiquait en 1975 le danger qu'il y a à prétendre définir un tel sol uniquement par coordonnées d'éléments et projection d'éléments « *...tout fouilleur expérimenté sait que si on a raté un sol lors de la fouille, on ne le retrouvera certainement pas au laboratoire sur les diagrammes de projection* (de position des objets) *!* » (Bordes 1975 p. 141), et le schéma qu'il joint s'apparente à celui de Wheeler dénonçant la fouille par tranche arbitraires[111].

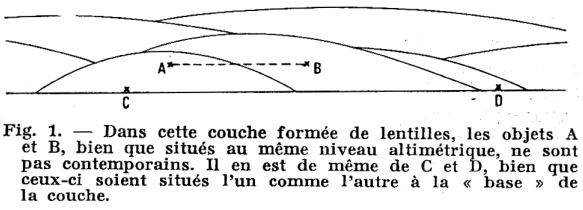


Fig. 1. — Dans cette couche formée de lentilles, les objets A et B, bien que situés au même niveau altimétrique, ne sont pas contemporains. Il en est de même de C et D, bien que ceux-ci soient situés l'un comme l'autre à la « base » de la couche.

fig. 35: schéma extrait de Bordes 1975

111 La critique de François Borde en l'occurrence s'adressait à Henry de Lumley et non à A. Leroi-Gourhan

Des outils utiles : diagramme et single context recording

Par ailleurs, sans les considérer comme les ingrédients d'une recette universelle, le diagramme stratigraphique et le *single context recording* peuvent trouver des cas d'application divers, hors des sites urbains.

Dans le cadre des changements de vitesse d'enregistrement au cours d'une même opération évoqués plus haut, la restitution de la chronologie stratigraphique par diagramme peut par exemple être mise en œuvre sur des sites érodés fouillés en grand décapage, en complément de la fouille globale des structures, lorsque sont mis au jour des réseaux de fossés avec des contacts et recoupements observables à leurs intersections. La réalisation du diagramme à partir de l'enregistrement des relations entre structures est alors utile pour mettre en phases ces systèmes de fossés définissant des parcellaires, enclos ou habitats (Bonin, Desachy, Vangele 1990).

Le diagramme stratigraphique, comme outil de synthèse chronologique, peut aussi dans certains cas s'appliquer à des stratifications non anthropiques (ou très partiellement anthropiques) qui présentent les mêmes caractères de forte variations latérales et de développement tridimensionnel que les sites urbains, de sorte que des coupes de référence sont insuffisantes pour en rendre compte[112].

Un autre cas d'application possible de la technique d'enregistrement par US liée à la méthode stratigraphique, plus inattendu au premier abord, mais qui a déjà fait l'objet de travaux en Grande-Bretagne, et qui correspond à un besoin et à un problème important et encore peu traité chez nous, est le « rétro-enregistrement », c'est-à-dire la reprise de données de fouilles anciennes non publiées ni rapportées (Steane, 1992, Clark 1993). Le caractère systématique et très analytique de l'enregistrement de type *single context recording* permet alors de « filtrer » les archives de fouille afin de sélectionner et sauver l'information réellement subsistante.

Un cas d'application spécifique : l'archéologie du bâti

L'archéologie du bâti, extension récente du champ de la méthode stratigraphique, mérite une mention spécifique. Apparue en France à partir des fouilles de l'îlot Tramassac à Lyon en 1985 (Arlaud, Burnouf dir. 1993), cette expression désigne l'application de l'approche analytique et « déconstructive » de l'actuelle méthode stratigraphique à l'objet construit qu'est un mur ou un édifice ; application d'ailleurs envisagée par E. Harris lui-même (Harris 1979) et qui a fait l'objet de nombreux travaux en Grande Bretagne.

Le caractère pleinement tridimensionnel du modèle stratigraphique de E. Harris permet en effet aux archéologues d'aborder les édifices en élévation beaucoup plus commodément qu'avec l'approche bidimensionnelle (en coupe) de la stratigraphie classique. Les mêmes outils d'enregistrement sont utilisables, le concept « d'unité construite » (UC), déclinaison de celui d'US, constituant l'unité d'analyse d'un édifice en élévation en ses plus petites parties, au moyen de l'observation des relations d'antéro-postériorité[113] (Journot 1999, Burnouf 2005). Cette analyse peut s'appliquer à tous les constituants du bâtiment étudié : gros œuvre , charpente, ainsi par exemple que les enduits peints, qui peuvent faire l'objet d'une étude couche par couche recourant au diagramme stratigraphique (par exemple : Sapin 1999 dir. ; Barros Garcia 2004).

Sans entrer plus avant dans ce riche sujet, trois remarques peuvent être formulées sur cette nouvelle discipline :

112 Il a ainsi été employé pour la stratigraphie de la grotte des Renardières (Les Pins, Charente) caractérisée par des espaces distincts formant autant de bassins sédimentaires et des dépôts très localisés, incluant des vestiges paléolithiques (Dujardin 2002).

113 L'UC formant ainsi une unité d'analyse commune applicable par exemple à la lecture des maçonneries, des charpentes, ou à l'étude des enduits peints (domaine ayant déjà intégré une approche stratigraphique)

- Sur le plan technique, la nécessité de compétences spécifiques, et une interprétation chronologique des interfaces souvent plus délicate que dans la stratification sédimentaire enfouie, marquent l'archéologie du bâti (Davies, 1993) ; en particulier, la loi de superposition –basée sur celle de la gravité – y est fréquemment contredite par de véritables cas de stratigraphie inversée (reprises en sous-œuvre, ou enduit de plafond par exemple) ; de fait, les constructions en élévation constituent des accrétions anthropiques spécifiques, qui ne sont plus (pour l'essentiel) de simples sédimentations gravitaires : elles sont le produit de «l'*Homo Aedificator* », de l'homme ayant appris à aménager en s'opposant victorieusement à la gravité, ce qui constitue une révolution géologique. La possibilité d'enregistrer des relations incertaines trouve là une justification supplémentaire.
- Une adaptation des concepts d'enregistrement est parfois nécessaire pour les besoins de l'analyse du bâtiment ; par exemple, les baies d'origine dans un mur (qui ne résultent pas d'un percement postérieur de la maçonnerie), peuvent se voir attribuer des numéros d'unités, bien qu'il ne s'agisse pas de négatifs, mais seulement d'interfaces simples. Une ouverture ainsi identifiée est bien sûr synchrone du mur dans lequel elle se trouve (et dont elle n'est, d'un point de vue stratigraphique, qu'une limite intérieure).
- Sur le fond, l'approche de l'archéologie du bâti, telle que définie ci-dessus, implique de sortir d'une vision globale de la construction étudiée, pour la décomposer en ses unités stratigraphiques constitutives, sans hiérarchie ni distinctions qualitatives – le lambeau d'enduit non décoré au même titre que le chapiteau à crochets – en situant ceux-ci par des relations d'antéro-postériorité ou de synchronisme (la chronologie ainsi obtenue étant distincte des considérations stylistiques) ; et cela dans le cadre d'une analyse qui passe aussi par la fouille et qui, si elle est menée jusqu'au bout, est destructive ; en bref, il s'agit avant tout, comme toute archéologie stratigraphique de terrain, d'une « réflexion sur les traces » (Arlaud, Burnouf 1993 p. 67). Cette approche ne peut se confondre avec la tradition d'étude de l'objet architectural évoquée plus haut (1.1.5), relevant plutôt de l'histoire de l'art monumental ; tradition dont il n'est pas question de contester les apports, mais qui fonctionne différemment. Celle-ci, en effet, n'est pas « déconstructive ». L'édifice est à l'inverse envisagé comme un tout, un système dont la logique d'ensemble régit l'analyse de détail. Le processus va de la vue générale à la vue de détail, et non de l'analyse à la synthèse stratigraphique. Or, de la même façon que le terme « archéologie » recouvre deux conceptions différentes (cf. 1.1.4), l'expression « archéologie du bâti », victime d'un certain effet de mode, tend à confondre aujourd'hui ces deux approches, complémentaires, mais différentes. Cette distinction doit, cependant, être opérée, afin que soient bien situées l'existence, la spécificité, l'intérêt (et aussi les limites) de l'approche stratigraphique des élévations, et que l'étude du bâti, lieu potentiel (et heureusement aussi réel) d'interdisciplinarité fructueuse entre archéologues, historiens de l'art, et architectes, ne soit pas le lieu d'un dialogue de sourds entre stratigraphes issus de l'évolution récente de l'archéologie de terrain, et spécialistes de l'objet architectural – restés dans la ligne définie au XIXe siècle par les architectes des monuments historiques et les chartistes historiens de l'art monumental – pour qui cette nouvelle discipline n'est qu'une appellation à la mode de la monographie d'édifice traditionnelle.

3. Formalisation du traitement des données stratigraphiques

Les notions de méthode stratigraphique exposées dans le précédent chapitre permettent de situer les étapes automatisables du traitement des données stratigraphiques. Le présent chapitre expose la formalisation proposée pour ces étapes, qui correspondent aux phases strictement déductives de la construction du diagramme stratigraphique : l'obtention de la chronologie stratigraphique (« diagramme nu ») à partir des unités et relations enregistrées (3.2), l'inscription dans le temps quantifié à partir d'indicateurs de datation, ainsi que la généralisation de la mise en phase à partir d'indications saisies par l'utilisateur (3.3). Le passage en revue méthodologique du chapitre 2 nous a conduit à intégrer l'incertitude comme une modalité à traiter ; avec la détection et la gestion des conflits logiques générées par des fautes et des contradictions d'enregistrement, il s'agit d'un aspect essentiel en vue d'un outil d'aide automatisée qui soit archéologiquement le plus pertinent possible (3.4). Cette formalisation s'appuie sur des concepts mathématiques simples, mais qu'il n'est peut-être pas inutile, en premier lieu, de rappeler (3.1). Il faut préciser que cette recherche de formalisation n'est pas achevée ; ce qui suit n'en est que l'état actuel (concrétisé par l'application informatique *le Stratifiant* présentée dans la deuxième partie de la thèse), avec l'indication, le cas échéant, des pistes de développement possible.

3.1. Outils mathématiques

Lorsque le fouilleur, après avoir reconnu et qualifié une interface (en tant que « recoupement », « superposition », etc.) dans une rubrique de l'une des fiches d'US concernées, remplit dans la rubrique voisine l'indication schématique d'antéro-postériorité, il déduit, comme on l'a vu, une relation abstraite d'une interface physique. Dès cet instant, il manipule des objets mathématiques, à commencer par la notion même de relation (3.1.1), et entre dans le domaine de la topologie (3.1.2). Ce dernier domaine conduit à la notion de graphe : celle-ci, avec ses applications de recherche opérationnelle, constitue le cadre de formalisation du diagramme stratigraphique (3.1.3). La démarche présentée ici se caractérise par le choix d'utiliser une matrice d'adjacence (représentation d'une relation mathématique, sous forme d'un tableau de valeurs[114]) pour procéder au traitement (3.1.4).

3.1.1. Les relations stratigraphiques : des objets mathématiques munis de propriétés

Réflexivité, symétrie, transitivité et types de relations

Rappelons qu'une relation mathématique est caractérisée par des propriétés :

114 Une matrice étant une expression numérique (un tableau de nombres) et non graphique, l'appellation originelle « *Harris Matrix* » pour désigner le diagramme stratigraphique, consacrée par l'usage est donc, à strictement parler, impropre.

- La réflexivité : une relation est **réflexive** si chaque élément est en relation avec lui-même (par exemple : la relation « est égal à » dans un ensemble de nombres) ; elle est au contraire **irréflexive** si un élément n'est jamais en relation avec lui-même (par exemple : la relation « est plus grand que » dans un ensemble de nombre)
- La symétrie : une relation est **symétrique** si lorsque un élément *a* est en relation avec un élément *b*, alors *b* est en relation avec *a* (par exemple : la relation « est égal à » dans un ensemble de nombre) ; elle au contraire **asymétrique** lorsque si *a* est en relation avec *b*, alors *b* n'est jamais en relation avec *a* (par exemple : la relation « est plus grand que » dans un ensemble de nombre) ; elle est **antisymétrique** si lorsque *a* est en relation avec *b*, *b* n'est pas en relation avec *a*, sauf si *a* et *b* sont le même élément (par exemple la relation « est supérieur ou égal à » dans un ensemble de nombres)
- La transitivité : une relation est **transitive** si lorsque *a* est en relation avec *b*, et *b* est en relation avec *c*, alors *a* est en relation avec *c* (les relations dans un ensemble de nombre citées en exemple ci-dessus pour les autres propriétés sont toutes transitives)

Ces propriétés définissent plusieurs types de relations mathématiques[115]; :

- Les relations **d'équivalence** (notation $a = b$) qui sont réflexives, symétriques, transitives
- Les relations **d'ordre large** (notation $a \leq b$, $b \geq a$), réflexives, antisymétriques, transitives ;
- les relations **d'ordre strict** (notation $a < b$, $b > a$), irréflexives, asymétriques, transitives ;

L'antéro-postériorité stratigraphique : une relation d'ordre

Les relations stratigraphiques d'antéro-postériorité – précisons qu'il s'agit des relations certaines (le cas spécifique des relations incertaines étant traité plus loin : cf 3.4.1) – ont été différemment décrites par les chercheurs travaillant sur la formalisation du diagramme stratigraphique : soit comme une relation mathématique d'ordre large (Orton 1980), soit comme une relation d'ordre strict (Desachy, Djindjian 1990 ; Herzog 1993). La première position n'est pas injustifiée car, comme on le verra plus loin, l'application des propriétés de l'ordre large aux relations stratigraphiques est utile à certaines phases du traitement (passage de l'ordre stratigraphique à la chronologie quantifiée, traitement des fautes logiques une fois celles-ci détectées), et rend compte du raisonnement d'identification de ces relations sur le terrain (cf. chap. 5). Mais, notamment pour pouvoir détecter les erreurs logiques, la relation mathématique à prendre en compte en phase initiale de traitement des antéro-postériorités est bien d'ordre strict, c'est-à-dire asymétrique (si US1 antérieure à US2, alors US2 ne peut pas être antérieure à US1) et irréflexive (une US ne peut pas être antérieure à elle-même).

- Nous pouvons donc noter « US1 antérieure à US2 » par : US1 < US2 (US1 sous US2).

Remarquons que la propriété de transitivité implique l'existence de toutes les relations déductibles, même non matérialisées par un contact physique sur le terrain (par exemple une fosse postérieure à une autre parce que recoupant un fossé lui-même recoupant la seconde fosse). Elle formalise la notion de relation « redondante » (c'est-à-dire de relation entre deux US matérialisée par une interface observée sur le terrain, mais déductible par transitivité d'autres relations) ; elle fonde ainsi la quatrième « loi » de Harris, dite de succession stratigraphique (chaque US prend place entre la plus ancienne des unités postérieures et la plus récente des unités antérieures, les autres relations étant redondantes – Harris 1979b p. 113) ; « loi » que l'on peut reformuler ainsi : seules les relations non déductibles par transitivité (non redondantes) sont retenues pour exprimer la chronologie

115 Les termes qui suivent sont les plus courants, utilisés dans les manuels de recherche opérationnelle (cf. Faure, Lemaire, Picouleau 2000 p.1-5) ; mais le vocabulaire des mathématiques connaît aussi des ambiguïtés et des divergences de sens : voir Baruk 1992 p.805-806 pour les problèmes de dénomination des relations d'ordre.

relative sur le diagramme, car la propriété de transitivité implique l'existence de toutes les autres et il est donc inutile de les figurer[116].

Le synchronisme stratigraphique : une relation d'équivalence

Quant aux relations stratigraphiques de synchronisme certain, elles constituent telles que nous les avons définies précédemment (*cf.* 2.1.1) une relation mathématique d'équivalence, car elles sont réflexives (une US est synchrone avec elle-même), symétriques (si US1 est synchrone avec US2, US2 est synchrone avec US1), et transitives (si US1 est synchrone avec US2 et US2 avec US3, US1 est synchrone avec US3).

- On peut donc noter « US1 synchrone avec US2 » par : US1 = US2.

Concernant le problème de la prise en compte ou non des synchronismes dans l'élimination des relations « redondantes » (dont on a vu qu'il constituait un point peu clair des propositions de E. Harris en raison de l'ambigüité du statut du synchronisme stratigraphique, et auquel nous avons proposé de remédier par la distinction certain/incertain), s'agissant d'un synchronisme certain, la notation formelle rend évident le fait que si US1 = US2 (US1 synchrone avec US2), et si US3 < US1 (US3 sous US1), la relation US3 < US2 (US3 sous US2) est déductible par transitivité, donc « redondante » (le symbole $\wedge$ correspond à l'opérateur logique « et »):

$$(US3 < US1) \wedge (US1 = US2) \;\Rightarrow\; US3 < US2 \quad ;$$

par conséquent, dans la mesure où ces trois relations sont considérées comme certaines, la dernière ne doit pas être exprimée sur le diagramme stratigraphique.

3.1.2. l'identification des relations à partir des interfaces : un processus topologique

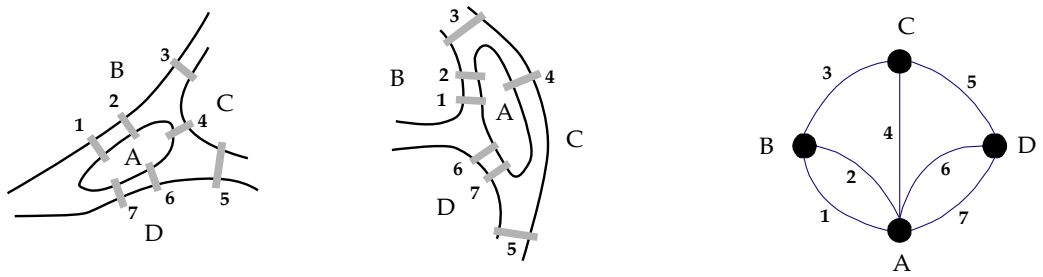
De la géométrie du site à la géométrie de situation : les ponts de Königsberg

C'est au mathématicien suisse Leonhard Euler (1707-1783) que l'on peut faire remonter les débuts de la topologie (et de la théorie des graphes). Le célèbre problème des ponts de Königsberg, traité par Euler – existe-t-il un itinéraire tel que l'on puisse franchir les sept ponts de la ville, reliant quatre quartiers séparés par des bras de rivière, en ne passant qu'une seule fois sur chaque pont ? – est en effet de nature topologique, c'est-à-dire qu'il concerne la « géométrie relative » des quartiers, leur position uniquement en fonction des interfaces que sont les ponts (le quartier A est relié à B par deux ponts, A est relié à C par un pont, C est relié à D par un pont, etc.), et non leur situation topographique réelle[117] ; ces positions relatives peuvent être exprimées par un graphe.

116 Cette « quatrième loi » de Harris n'est à proprement parler pas une loi ; ce n'est ici qu'une conséquence déductible d'un axiome, base explicite dans cette formalisation et implicite dans l'œuvre de E. Harris, qui est : « les relations stratigraphiques d'antéro-postériorité sont des relations d'ordre ».

117 Euler a démontré que la réponse à la question posée est non ; il ne serait possible de franchir tous les ponts en ne passant qu'une fois sur chaque pont que si le nombre de quartiers desservis par un nombre impair de ponts était égal à 0 ou 2 ; or les quatre quartiers sont tous desservis par un nombre impair de ponts. Konigsberg (Kaliningrad depuis 1946) n'en a par ailleurs pas fini avec les problèmes de topologie : elle constitue actuellement une enclave russe entre la Pologne et la Lituanie, qui avec la décomposition de l'ancienne URSS s'est retrouvée totalement isolée du reste du territoire de la Russie…

Les deux situations topographiques (4 quartiers A, B, C, D reliés par les ponts 1 à 7) correspondent à la même topologie (c'est à dire ici à la même situation relative des quartiers en fonction des ponts), exprimable par un graphe, où les quartiers sont réduits à des points.



Plan (faux, mais peu importe) de Konigsberg (actuelle Kaliningrad)

Konigsberg dans un univers parallèle, mais avec les mêmes liaisons entre quartiers (même topologie des quartiers et des ponts)

Graphe rendant compte des deux univers topologiquement identiques

fig. 36: Euler et les ponts de Königsberg : de la topographie à la topologie

La topologie (ou « géométrie de situation ») est ainsi une géométrie relative, où la mesure ne compte plus ; c'est par conséquent une géométrie « molle » (car la forme mesurable des objets est sans importance). Seule la continuité, et la contiguïté des objets sont signifiantes : la première propriété définit les objets, et la seconde les situe les uns par rapport aux autres.

Application à la stratigraphie

On peut décrire la *Harris Matrix* comme une représentation spatiale topologique, mais non topographique, des US (Adams 1992, Wheathley, Gillings 2002 ; Cattani, Fiorini, 2004). En effet, le passage de la coupe (ou du plan) représentant la stratification physique au diagramme stratigraphique est comparable à celui du plan au graphe de Königsberg : la succession stratigraphique est déduite de la disposition spatiale des unités inscrites dans l'espace géométrique tridimensionnel du volume fouillé. Il s'agit bien d'une opération de transformation d'entités spatiales définie de façon absolue et mesurable en 3 dimensions (ce dont rendent compte les plans et coupes), en éléments définis de façon relative, les uns par rapport aux autres, par leur contiguïté et leur continuité spatiale.

Le caractère spécifique de la stratigraphie est d'attacher une valeur d'ordre chronologique aux relations de contiguïté, et d'équivalence chronologique aux continuités.

3.1.3. Le diagramme stratigraphique : une application de théorie des graphes

Notions de graphe

Une structure topologique peut donc être représentée par un graphe. Cette notion de graphe est elle-même un objet mathématique. Le mathématicien français Claude Berge (1926-2002) a précisé les concepts de la théorie des graphes, et proposé des définitions auxquelles se réfèrent les spécialistes, avec quelques variations[118]. Nous ne retiendrons ici que ce qui est utile à notre propos.

Un **graphe** est la représentation d'une relation mathématique et des éléments sur lesquels elle s'exerce.

Lorsque la relation représentée n'est pas symétrique, le graphe est dit **orienté**. Dans l'exemple

118 cf. Cogis Robert 2003, Faure, Lemaire, Picouleau 2000 ; Faure, Roucairol, Tolla 1976 ; Prins 1997 ; Rosenstiehl 2002

précédant des ponts et quartiers de Königsberg, la relation est symétrique : les ponts ne sont pas à sens unique et peuvent être parcourus dans un sens ou dans l'autre. Ce qui n'est pas le cas d'un ensemble d'unités stratigraphiques en relation d'ordre asymétrique. La réalisation du diagramme stratigraphique, représentation de cette relation d'ordre chronologique, relève donc d'un problème de graphe orienté, avec le temps pour orientation.

On désigne par **sommets** les éléments, en général figurés sur le graphe par un cadre ou un cercle contenant l'identifiant (numéro par exemple) ; et par **arcs** les relations entre les éléments, représentées par traits ou parfois par des flèches lorsque le graphe est orienté (si le graphe n'est pas orienté, les arcs sont appelés arêtes). À chaque arc correspond le couple formé des deux sommets reliés par cet arc.

Un graphe est ainsi défini par deux ensembles : l'ensemble X des sommets, et l'ensemble U des couples de sommets en relation, qui correspondent aux arcs. L'ordre du graphe est le nombre de ses sommets.

Le **degré** d'un sommet est le nombre d'arcs qui relie ce sommet aux autres. Un sommet isolé est un sommet de degré 0.

Un graphe peut être décomposé en **chemins**. Nous définirons ici un chemin (dans un graphe orienté) comme une suite d'arcs ininterrompue, de sorte que chaque sommet sur un chemin ne soit relié qu'à deux autres sommets : celui avant lui et celui après lui (sauf le premier et le dernier sommet du chemin qui peuvent n'être reliés qu'à un seul autre sommet).

La **longueur du chemin** est le nombre d'arcs qu'il comprend. Le **voisinage** d'un sommet est formé des autres sommets qui lui sont reliés par un chemin de longueur 1 (soit un seul arc).

Un **circuit** est un chemin dont le premier et le dernier sommet sont les mêmes. Une **boucle** est un circuit réduit à un arc (longueur 1), c'est-à-dire une relation réflexive reliant un élément à lui-même.

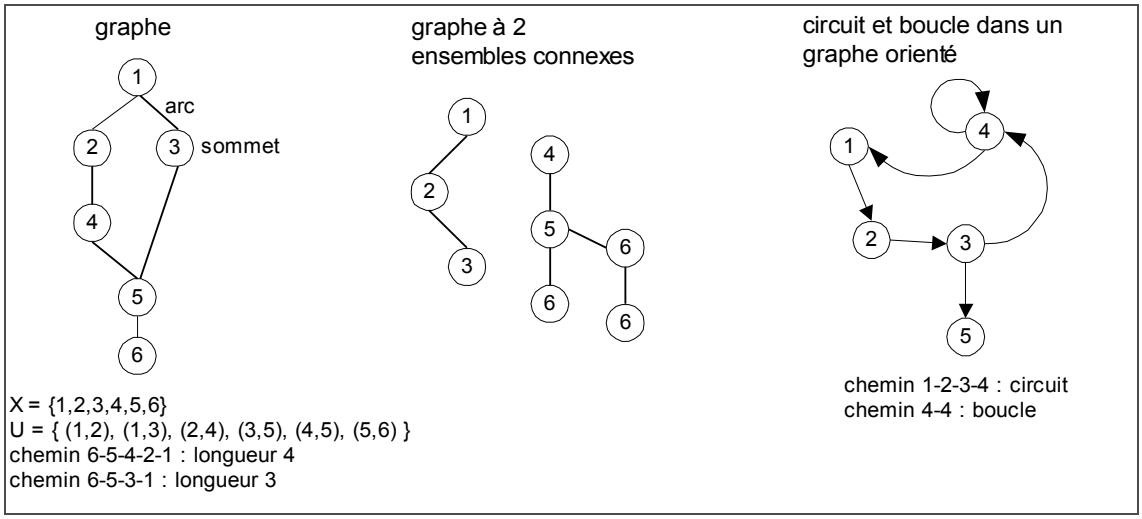


fig. 37: graphes

Lorsqu'un graphe est composé de plusieurs groupes séparés de sommets tel que chaque groupe n'a pas de relation avec les autres, ces groupes sont appelés **ensembles connexes**. Un graphe est dit **connexe** s'il comprend un seul ensemble connexe.

Un **graphe partiel** d'un graphe G est un graphe dont l'ensemble des sommets est le même que l'ensemble des sommets de G, mais dont l'ensemble des arcs est un sous-ensemble de l'ensemble des arcs de G ; en d'autres termes c'est un graphe qui conserve tous les sommets mais pas tous les

arcs de G. Ainsi, concernant les US d'une stratification, le graphe des relations d'antéro-postériorité non redondantes (seules représentées sur la *Harris Matrix*) est un graphe partiel de celui de toutes les relations observables (y compris les relations redondantes).

un **sous-graphe** d'un graphe G est un graphe dont l'ensemble X' des sommets est un sous-ensemble de l'ensemble X des sommets de G, et par conséquent dont l'ensemble U' des arcs est un sous-ensemble de l'ensemble U des arcs de G, mais qui conserve tous les arcs existant dans G entre les sommets de X' ; en d'autres termes c'est un graphe qui ne conserve pas tous les sommets de G, mais qui garde toutes les relations existantes entre les sommets conservés.

Un **sous-graphe partiel** d'un graphe G est un graphe dont les ensembles X' et U' sont respectivement des sous-ensembles de X et U définissant G, et qui ne conserve pas tous les arcs existant dans G entre les sommets de X' ; en d'autres termes c'est un graphe qui ne conserve ni tous les sommets de G, ni toutes les relations existantes dans G entre les sommets conservés.

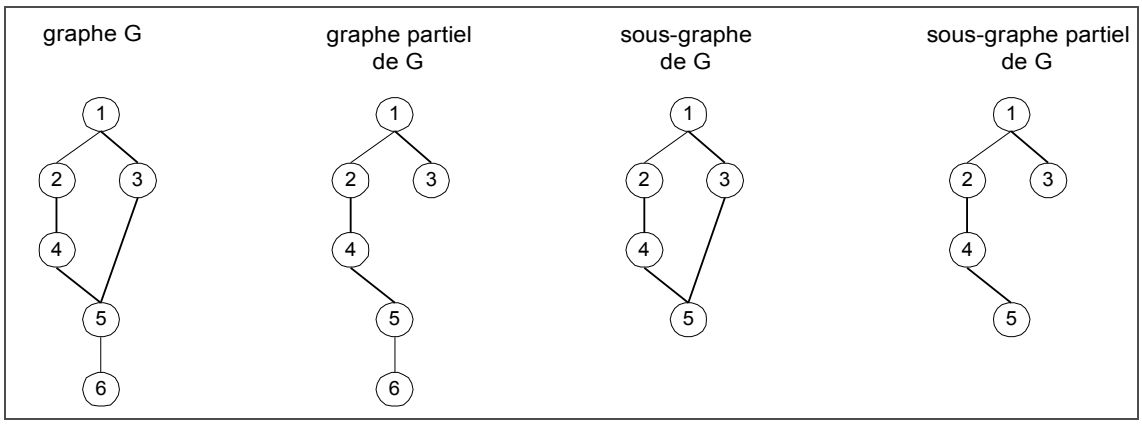


fig. 38: graphes partiels et sous-graphes

Fixons un autre point de vocabulaire : pour ne pas s'éloigner des termes en usage dans les observations stratigraphiques, le mot « relation » sans précision sera ici utilisé dans le sens de relation élémentaire observée ou déduites entre deux US (relation élémentaire qui peut donc être représentée par un arc sur un graphe[119]) ; et le terme « relation mathématique » désignera la relation au sens ensembliste général, définie par des propriétés et représentée par le graphe entier, et dont chaque relation élémentaire n'est qu'une occurrence (exemple : les relations « US 1 antérieure à US 2 », et « US 2 antérieure à US 3 » sont des occurrences de la relation mathématique d'ordre strict « est antérieur à »).

Recherche opérationnelle et graphes d'ordonnancement dans le temps

La théorie des graphes s'est révélée utile pour de nombreuses applications. C'est en particulier un des outils principaux de la Recherche Opérationnelle (RO). On peut définir cette dernière comme la discipline d'ingénierie appliquant des outils mathématiques à la gestion des projets complexes afin d'optimiser la réalisation de ceux-ci[120].

Apparue juste avant la seconde guerre mondiale à des fins militaires (plus précisément pour traiter le problème de la répartition optimale des radars britanniques de défense aérienne – Cohen 1995,

119 On se limite ici à la notion de graphe (arc de cardinal 2 : un arc correspond à un couple de sommets), en excluant la notion d'hypergraphe (cas où le cardinal d'une arête peut être supérieur à 2).

120 Cette définition simplifiée de la RO est quelque peu réductrice, car elle ne tient pas compte de son caractère transversal ni de ses développements concernant les procédures d'aide à la décision. Concernant l'historique de la recherche opérationnelle en France et ses développements actuels, notamment dans le cadre du Laboratoire d 'Analyse et Modélisation de Systèmes pour l'Aide à la Décision (LAMSADE) de l'université de Paris-Dauphine (http://www.lamsade.dauphine.fr/), voir notamment Roy 2006, Bouyssou 2003.

Faure, Boss, Le Garff, 1980), la recherche opérationnelle s'est intéressée dans les années 1950 à des applications de production industrielle. La notion mathématique de graphe a alors été utilisée pour modéliser des processus de production, suivant deux filières méthodologiques : les méthodes anglo-américaines CPM – PERT (*Critical Path Method - Program Evaluation and Review Technique*) apparues vers 1958, et la méthode des Potentiels Métra (MPM) proposée à la même date par le mathématicien français Bernard Roy, méthode dont un des premiers algorithmes est décrit en 1959 dans une communication à l'Académie des Sciences (Faure, Roucairol, Tolla 1976 ; Roy 1959). Ces deux méthodes, largement diffusées par les filières d'enseignement en économie, gestion et ingénierie, ont très tôt fait l'objet d'applications informatiques (Degos 1976).

Dans ces deux méthodes, le processus de production est analysé en suites de tâches élémentaires ordonnées par des contraintes de succession (par exemple, sur un chantier de construction, poser la charpente – tâche 1 – avant la couverture – tâche 2) ; puis il est représenté par un graphe d'ordonnancement, graphe orienté représentant les tâches liées par les contraintes de temps. Dans un graphe PERT, les arcs représentent les tâches, et les sommets les contraintes de temps (fin d'une tâche et début d'une autre) que l'on peut appeler des « étapes » ; dans un graphe MPM, à l'inverse, les tâches sont les sommets et les arcs figurent les contraintes de temps.

Dans tous les cas, arcs et sommets sont valués, c'est-à-dire pourvus de durées (durée d'exécution d'une tâche, délai nécessaire entre deux tâches générant une contrainte de temps—par exemple un temps de séchage après une tâche «peinture »). Ces graphes permettent notamment, en fonction des durées fixées et des contraintes de succession, de repérer les tâches sur lesquelles un retard se répercute nécessairement sur le délai total : ces tâches forment le chemin critique du graphe.

Cette démarche peut s'appliquer au « processus de production » qu'est une fouille archéologique. La figure montre la représentation en graphe type MPM d'un exemple simplifié de décomposition en tâches de la fouille et de l'étude d'une sépulture.

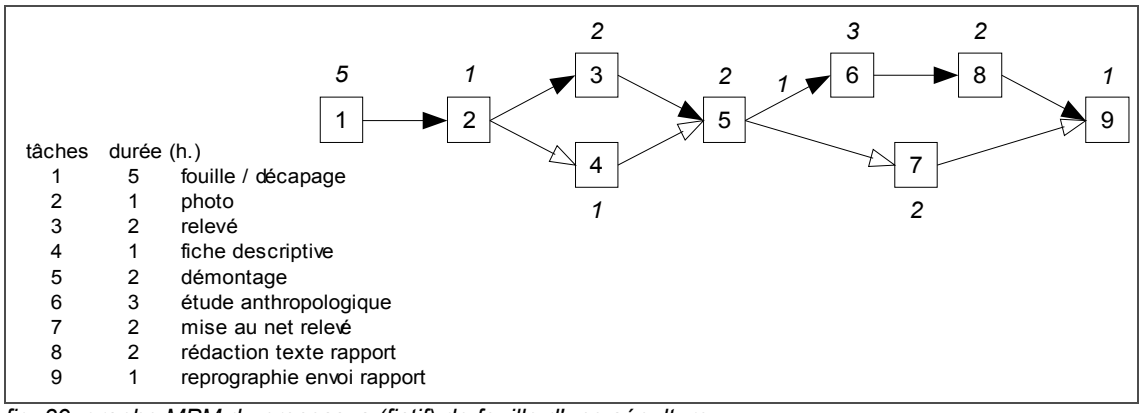


fig. 39: graphe MPM du processus (fictif) de fouille d'une sépulture

Les sommets (carrés) représentent les tâches, et les arcs (flèches) les contraintes de succession entre les tâches (par exemple la tâche 1 doit être finie pour que la tâche 2 commence). Des durées sont affectées aux tâches (ici en heures de travail : chiffres en italiques), ainsi qu'aux contraintes de sucession lorsqu'une durée intermédiaire est nécessaire entre deux tâches (par exemple, la phase de terrain prend fin avec la tâche 5, et il y a un temps de transport d'une heure jusqu'à la base archéologique où doit se dérouler la tâche suivante). Ce graphe permet de savoir que 19 heures de travail au total sont nécessaires ; et que la durée minimale incompressible du processus (sachant que certaines tâches peuvent être effectuées en parallèle) est de 17 heures. Cette durée minimale incompressible correspond au chemin critique (ici marqué par les flèches noires), suite des tâches sur lesquelles un retard entraîne nécessairement le retard de l'ensemble du processus.

La figure suivante montre le même processus, mais cette fois représenté par un graphe PERT. La

représentation est inversée : les arcs (flèches) représentent les tâches et les sommets (cercles) les étapes (fin d'une tâche et début d'une autre).

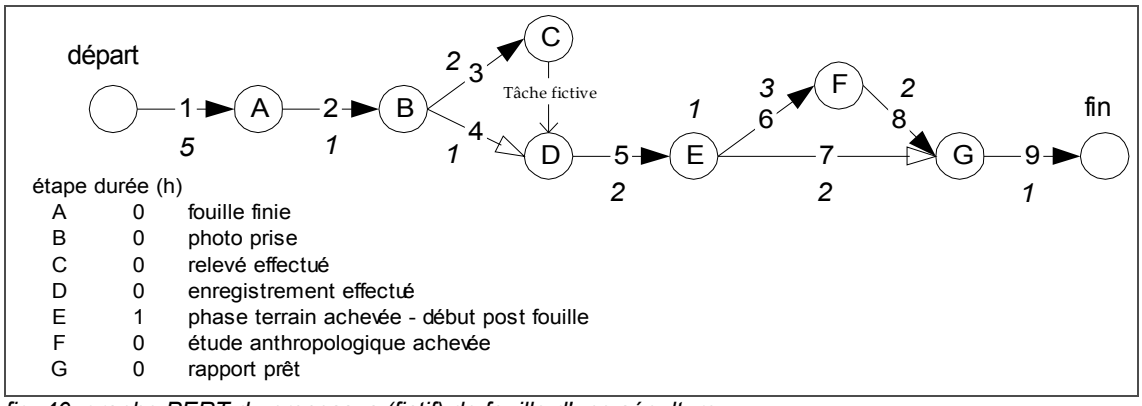


fig. 40: graphe PERT du processus (fictif) de fouille d'une sépulture

On remarque que le graphe PERT est moins pratique que le graphe MPM, car il oblige parfois à figurer des « tâches fictives » pour exprimer toutes les contraintes de succession ; par exemple, ici, la tâche 5 ne peut débuter que lorsque les tâches 3 et 4 sont terminées : figurer cette double contrainte de succession nécessite une tâche fictive pour relier les étapes C et D.

La parenté formelle du graphe MPM et du diagramme stratigraphique

Ce modèle de temps ordonné inscriptible dans le temps quantifié est aussi celui du temps stratigraphique des archéologues[121]. Il est donc possible de considérer l'obtention d'un diagramme stratigraphique comme un cas particulier de ces problèmes d'ordonnancement traités par la Recherche Opérationnelle (Desachy 1989 ; Desachy, Djindjian 1990). On peut plus précisément remarquer que le diagramme stratigraphique est formellement comparable à un graphe MPM (en substituant les US aux tâches d'un processus de production). Les relations stratigraphiques sont alors assimilables aux contraintes de succession exprimées par les arcs du diagramme. La durée de formation de l'US dans le temps absolu (*cf.* 2.1.5) est par ailleurs assimilable à la durée de la tâche, et « l'entretemps » (le temps intermédiaire attaché à la relation entre deux US), au délai entre deux tâches.

La spécificité du diagramme stratigraphique

Cependant le diagramme stratigraphique utilisé par les archéologues, même réduit à la stricte représentation de la chronologie relative stratigraphique (sans regroupements en phases, faits, etc. ni prise en compte de datations quantifiées), pose des problèmes spécifiques. En particulier, l'ensemble des couples d'unités correspondant aux relations enregistrées ne peut pas constituer directement l'ensemble U des arcs du graphe, en raison de la nécessité d'éliminer les relations enregistrées « redondantes » (déductibles) pour obtenir l'ordre stratigraphique dans sa forme complète la plus simple.

Par ailleurs, le terme de « diagramme stratigraphique » est justifié, car ce n'est pas un simple graphe. En effet, le diagramme, lorsqu'il comprend des synchronismes, est la représentation simultanée de deux relations de propriétés mathématiques différentes, d'ordre (antéro-postériorité), et d'équivalence (synchronisme). Il s'agit donc d'une combinaison de deux graphes élémentaires[122] ;

121 C'est aussi le modèle du temps des processus techniques, analysés en chaînes opératoires, qu'étudient ethnologues et archéologues .

122 Par suite, comme on l'a vu (*cf.* ci-dessus 2.3), à cette combinaison peut s'ajouter la représentation de regroupements interprétatifs (faits, séquence, structures, etc...), c'est à dire la représentation de sous-ensembles à l'intérieur de l'ensemble des sommets (ce qui peut

chacun constituant un graphe partiel de l'ensemble des relations d'ordre et d'équivalence observées.

Notons que la représentation ortho-linéaire, ici choisie de préférence à celle de Harris, a comme avantage de bien exprimer cette dualité, marquée par l'orientation distincte des arcs de chaque type de relation : les arcs horizontaux pour l'équivalence, les arcs verticaux pour l'ordre. Par ailleurs c'est cette combinaison de relations d'équivalence et d'ordre, et plus particulièrement la propriété de réflexivité de la relation d'équivalence, qui autorise logiquement la répétition de la même US en plusieurs sommets reliés par une égalité caractérisant la représentation ortho-linéaire[123]. De plus, cette mise en équivalence des US avec elles-mêmes rend immédiatement apparente la décomposition du graphe des relations d'ordre en chemins : chaque axe vertical du diagramme, correspond à une succession ininterrompue de sommets n'ayant chacun qu'un antérieur direct au plus et qu'un postérieur direct au plus, c'est-à-dire à un chemin. Les chemins sont liés horizontalement par leurs sommets communs, visualisant les divergences et convergences (rappelons qu'on appelle ici « convergence» une US du diagramme munie de plusieurs antérieures non redondantes et « divergence » une US munie de plusieurs postérieures non redondantes[124]).

3.1.4. Le choix d'une structure de codage et de traitement : la matrice d'adjacence

Principe

L'outil pour le traitement des relations nous est fourni par une autre notion associée à celle de graphe : celle de matrice d'adjacence. Il s'agit d'un tableau de valeurs, carré, avec en lignes et en colonnes les sommets du graphe, c'est à dire ici les US. Pour un nombre d'US N, la taille (nombre de valeurs) de la matrice est donc N^2. La valeur de chaque case à l'intersection d'une ligne et d'une colonne exprime l'état de la relation entre les deux sommets.

Le choix d'une matrice d'adjacence comme structure de traitement des relations ne va pas de soi : la matrice présente l'inconvénient d'une taille croissant de façon exponentielle avec le nombre des sommets, générant pour une application informatique d'importants besoins en puissance et/ou temps de traitement ; de plus, pour les graphes peu denses, la place perdue est très importante. Cependant, en ménageant la place pour toutes les relations possibles, cette forme matricielle permet des traitements faciles d'une grande simplicité conceptuelle, par simple balayage (c'est-à-dire en parcourant les cases et en se déplaçant de ligne en colonne ou de colonne en ligne). En outre, la puissance croissante des ordinateurs relativise les inconvénients évoqués ci-dessus[125].

Le point de départ du traitement : le codage des relations enregistrées sur la matrice

Préalablement au traitement, les relations enregistrées doivent être codées dans cette matrice d'adjacence. On désignera par *matrice(i,j)* la valeur d'une case de la matrice, le premier indice

constituer un cas d'application de la notion d'hypergraphe).

123 Notons que la différence sur cette représentation entre les signes « – » (synchronisme entre US ayant reçu des numéros différents) et « = » (synchronisme réflexif d'une US avec elle-même) est purement indicative, il s'agit bien dans les deux cas de la même relation mathématique d'équivalence.

124 Les convergences et divergences sont donc des sommets de degré supérieur à 2.

125 L'idée d'une matrice d'adjacence pour traiter les relations stratigraphiques, due à F. Djindjian, a été utilisée dans un premier algorithme publié précédant le présent travail (Desachy, Djindjian 1990, 1991). I. Sharon (1995) emploie de même une matrice N^2 pour coder les relations stratigraphiques entre N US. En raison des inconvénients évoqués ci-dessus, cette solution a été critiquée par Irmela Herzog (1993), dont l'application de réalisation de diagramme stratigraphique, recourant aussi à la théorie des graphes, utilise un système plus économique en mémoire de piles de taille variable pour stocker en cours de traitement les antérieures et postérieures à chaque US. En effet, le traitement de la matrice d'adjacence est, en principe, un problème de classe NP (non polynomiale), c'est à dire de la pire sorte pour un ordinateur, car entraînant une croissance exponentielle du temps de calcul en fonction du nombre de données à traiter. Mais il faut noter que ce n'est pas le cas dans l'algorithme présenté ci-dessous : aux différentes étapes, seuls des sous-ensembles de la matrice (et non la totalité) sont traités en même temps, ce qui ramène le traitement à un problème de classe polynomiale (en particulier, le nombre N des US est traité comme un polynôme $N = N' + N''$ avec N' pour le nombre d'US asynchrones et N'' pour le nombre d'US en relation de synchronisme, ce qui entraîne le traitement de $N'^2 + N''^2$ valeurs et non plus N^2).

désignant l'US en ligne, le second l'US en colonne. On donne la valeur 1 aux relations d'antéro-postériorité observées, et on fait ici le choix d'affecter les lignes aux US antérieures et les colonnes aux US postérieures ; de sorte que *matrice(i,j)* = 1 si l'US *i* est antérieure à l'US *j*. Pour les distinguer des relations d'antéro-postériorité, on donne la valeur 10 aux relations de synchronisme, de sorte que *matrice(i,j)* = 10 si *i* est synchrone avec *j*. Les cases restant vides (*matrice(i,j)* = 0) correspondent aux couples d'US sans relations observées.

Nous allons de nouveau prendre l'exemple simple de stratification proposé par E. Harris (cf. fig 30 p. 91), qui montre la succession d'une couche (9) puis d'un sol (7 et 8) recoupé par une tranchée de fondation (6) dans laquelle est construite la maçonnerie de fondation d'un mur (5) ; puis cette tranchée est remblayée de chaque côté du mur (3 et 4). Cette construction est ensuite dérasée (2) et recouverte d'un remblai formant le sol actuel (1).

Le codage de toutes les relations observables donne la matrice ci-dessous. Notons que l'on considère ici, pour les besoins de l'exposé, la relation entre les unités 7 et 8 comme un synchronisme certain, codé par une valeur 10.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2	1								
3	1								
4	1								
5	1	1	1	1					
6			1	1	1				
7	1		1			1		10	
8	1			1		1			
9			1	1	1	1	1	1	

3.2. Le temps ordonné : l'obtention du diagramme stratigraphique

La première étape automatisable de la phase de synthèse des données présentée dans le chapitre 2 (cf 2.2) est le traitement de la seule chronologie stratigraphique. La double nature du diagramme stratigraphique (graphe de relation d'ordre et d'équivalence), notée plus haut, nécessite deux temps de traitement : un pour les synchronismes, amenant l'identification des ensembles synchrones, ensuite traités chacun comme une seule unité (3.2.1) ; et un second pour les relations d'antéro-postériorité, permettant de calculer sur la matrice la distance stratigraphique séparant chaque couple d'unités, et de sélectionner ainsi les relations non redondantes (3.2.2). L'utilisation de la représentation ortho-linéaire permet ensuite de tracer les chemins du diagramme par simple balayage de la matrice, puis de définir les lignes pour une hauteur minimale du diagramme (3.2.3)[126]. Le même ensemble d'unités et de relations stratigraphiques peut donner lieu à des diagrammes de dispositions différentes. Même si la machine peut proposer des améliorations graphiques (minimisation des recoupements), le choix final d'une disposition relève de l'utilisateur, et celui-ci doit pouvoir reprendre et modifier le diagramme fourni automatiquement, en respectant certaines règles (3.2.4).

126 L'algorithme ici présenté est une version évoluée et en partie modifiée (dans la procédure de tracé notamment) de celui présenté en 2005 (Desachy 2005, 2005b)

3.2.1. Traitement des synchronismes – notion d'ensemble synchrone

Déduction des synchronismes non enregistrés par symétrie et transitivité

Une fois la matrice codée avec les relations observées, elle est balayée en parcourant chaque case, ligne par ligne ; pour chaque valeur *matrice(i,j)* correspondant à un synchronisme enregistré, la double règle suivante, permettant de déduire toutes les relations synchrones logiquement existantes à l'aide des propriétés de symétrie et de transitivité, est appliquée :

pour *i,j,k* appartenant à l'ensemble des US traitées, et soit *s* la valeur correspondant à une relation synchrone :

- si *matrice(i,j)* = *s* , alors *matrice(j,i)* = *s* ;
- et si *matrice(j,k)* = *s*, alors *matrice(i,k)* = *s*.

Les relations *(j, i)* et *(i, k)* ainsi déduites, apparaissant en cours de traitement, peuvent ne pas être prises en compte dans un premier balayage de la matrice. Aussi celui-ci est réitéré. À chaque itération, chaque synchronisme *(i, j)* détecté est marqué, afin que l'itération suivante n'en tienne pas compte et se limite au traitement des nouvelles relations déduites non encore traitées. Le marquage de la relation traitée, est obtenu en modifiant la valeur *s* en une valeur *s'* (ici, la valeur s est par convention 10, et le marquage résulte de l'ajout du nombre d'US à cette valeur : la valeur 19 signifie donc un synchronisme marqué, donc déjà traité).

Le processus s'interrompt dès lors qu'un nouveau balayage de la matrice ne détecte aucune relation de synchronisme non marquée ; ce qui signifie soit que tous les synchronismes logiques ont été déduits et traités, soit, si ce nouveau balayage est le premier, qu'il n'y a aucun synchronisme enregistré.

Ci-dessous, la matrice montre l'ensemble synchrone 7-8 ainsi caractérisé après après balayage et application des règles de déduction de synchronisme.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2	1								
3	1								
4	1								
5	1	1	1	1					
6			1	1	1				
7	1		1			1		10	
8	1			1		1			
9			1	1	1	1	1	1	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2	1								
3	1								
4	1								
5	1	1	1	1					
6			1	1	1				
7	1		1			1	19	19	
8	1			1		1	19	19	
9			1	1	1	1	1	1	

Identification et fusion des ensembles synchrones : la dialectique du maître et de l'esclave stratigraphiques

Au terme de ce premier processus, l'application des règles énoncées ci-dessus amène logiquement pour chaque US synchrone *i* l'apparition d'une relation réflexive *matrice(i,i)* = *s* permettant de repérer chaque ensemble synchrone (ES) d'unités stratigraphiques. Dans notre exemple, les relations réflexives *matrice(7,7)* et *matrice(8,8)* sont ainsi marquées.

Lorsque *matrice(i,i)* = *s*, les valeurs *matrice(i,j)* = *s* ou *matrice(j,i)* = *s* indiquent les autres US *j* membres du même ensemble synchrone. Le deuxième temps du traitement des synchronismes consiste à fusionner les relations d'antéro—postériorité à l'intérieur de chaque ensemble synchrone, en

application des propriétés des relations d'équivalence et des relations d'ordre : en effet si une US *i* est synchrone avec une US *j*, et si *j* est antérieure à une US *k*, alors *i* est antérieure à *k*.

Dans chaque ensemble synchrone, une US est retenue comme « US maître » représentant l'ensemble synchrone et reçoit toutes les relations d'ordre de l'ensemble synchrone. Les autres US de l'ensemble—dites US « esclaves » — sont neutralisées pour la suite du traitement (ligne et colonne vidées) ; leur appartenance à l'ensemble synchrone est stockée dans une liste spécifique.

La matrice ci-dessous illustre cette étape de traitement : l'US-maître de l'ensemble synchrone 7-8 est par convention la première US enregistrée, c'est à dire 7 ; la fusion de cet ensemble synchrone se traduit donc par le transfert de la relation *matrice(8,4)* en *matrice(7,4),* puis par l'élimination de toutes les relations de l'US 8 ; le traitement s'effectue désormais sur la seule sous-matrice des US non esclaves (soit ici, toutes sauf l'US 8).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2	1								
3	1								
4	1								
5	1	1	1	1					
6			1	1	1				
7	1		1			1	19	19	
8	1			1		1	19	19	
9			1	1	1	1	1	1	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2	1								
3	1								
4	1								
5	1	1	1	1					
6			1	1	1				
7	1		1	1		1			
8									
9			1	1	1	1	1		

Les synchronismes sont ensuite effacées des lignes et colonnes des US maîtres, de sorte qu'au terme de cette première phase de traitement, la matrice ne comporte plus que des relations d'ordre de valeur 1.

3.2.2. Traitement des relations d'ordre

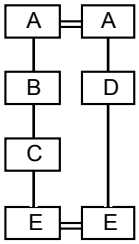
Notion de distance stratigraphique

Vient ensuite le traitement des relations d'ordre, pour lequel nous devons introduire la notion de distance stratigraphique.

Pour chaque couple *(i,j)* d'US en relation, on appelle *Ds(i,j)*, ou distance stratigraphique entre *i* et *j*, la longueur du plus long chemin entre *i* et *j*.

Ainsi, dans l'exemple de diagramme ci dessous, la distance stratigraphique associée à la relation (B sous A) a la valeur 1 (un seul arc, pas d'étape intermédiaire : c'est une relation non redondante), ce que l'on écrit : *Ds*(B, A) = 1.

L'US E est aussi antérieure à A, mais avec des étapes intermédiaires, en nombre variable suivant le chemin. En effet, E est reliée à A par les deux chemins du graphe ; avec deux US intermédiaires (B et C) par le premier chemin (longueur du chemin : 3) ; et avec une US intermédiaire (D) pour le second chemin (de longueur 2). Dans ce cas, la distance stratigraphique entre E et A, égale à la longueur du plus long chemin, est : *Ds*(E, A) = 3.



La distance stratigraphique a d'autre part comme propriétés que *Ds(i,j)* est nulle si *i* et *j* sont sans relations stratigraphiques entre elles ; et que *Ds(i,i)* est de même nulle, la relation d'ordre stratigraphique étant irréflexive[127].

Calcul des distances stratigraphiques sur la matrice

Pour calculer les distances stratigraphiques, la matrice est balayée et ses valeurs modifiées, en appliquant la règle suivante[128] :

- pour *i,j,k* appartenant à l'ensemble des US traitées, si *matrice(i,j) > 0*, et si *matrice(j,k) > 0*, et si *matrice(i,k) < matrice(j,k) + 1*, alors *matrice(i,k) = matrice(j,k) + 1*.

En effet, si les deux premières conditions sont réunies (existence des relations *i* sous *j* et *j* sous *k*), la relation *i* sous *k* est déductible par transitivité ; la relation *i* sous *k* étant redondante par rapport à la relation *j* sous *k*, la distance stratigraphique *Ds(i,k)* est nécessairement supérieure d'une unité au moins à *Ds(j,k)*. La valeur de *matrice(i,k)* est donc modifiée si besoin pour correspondre à cette dernière condition.

Ainsi, lors du balayage de la matrice de l'exemple d'E Harris, arrivé à la ligne 5, colonne 2, on constate l'US correspondante en ligne (5) est antérieure à l'US en colonne (2) (*matrice*(5,2) = 1) ; on se reporte alors à la ligne de l'US postérieure, soit la ligne 2, et l'on compare les lignes 2 et 5. On constate en balayant la ligne 2 que l'US 2 a une postérieure : *matrice*(2,1) = 1. Si 2 est antérieure à 1, alors 5 est aussi antérieure à 1, à une étape de plus en distance stratigraphique (5 sous 2 sous 1). Donc, la relation *matrice*(5,1) a pour valeur : *matrice*(2,1) +1 ; soit 1+1 =2.

Il peut être nécessaire de réitérer plusieurs fois le balayage de la matrice pour tenir compte des modifications de valeurs lors de l'itération précédente. La règle d'arrêt la plus simple est de stopper le traitement lorsque plus aucune valeur n'a été modifiée par la dernière itération de balayage.

Au terme de ce traitement, on a, pour toute la matrice : *matrice(i,j) = Ds(i,j)* ; l'ensemble des relations observées et logiquement déductibles par transitivité sont ainsi pourvues d'une valeur de distance stratigraphique différente de zéro.

Les relations non redondantes, qui sont à représenter sur le diagramme, correspondent à la valeur *Ds(i,j) = 1*

127 La « distance stratigraphique » *Ds(i,j)* telle que définie ici n'est donc pas la distance simple entre deux sommets d'un graphe telle qu'on l'entend en théorie des graphes ; cette dernière distance correspondant au plus court (et non au plus long) chemin entre deux sommets (Cogis, Robert 2003 p.88). La « distance stratigraphique » ici retenue correspond en fait au chemin critique entre deux sommets, en affectant une durée de valeur 1 aux arcs et au sommets. C'est bien une distance au regard des trois propriétés axiomatiques d'une distance mathématique, de distance nulle d'un élément à lui-même : $d(a,b) = 0 \Leftrightarrow a = b$; de symétrie : $d(a,b) = d(b,a)$; et d'inégalité triangulaire : $d(a,b) \leq d(a,c) + d(b,c)$ (Bouroche et Saporta 1980) ; mais c'est une distance topologique et non géométrique, qui n'est effective que dans le seul ensemble des couples d'US en relation. En effet *Ds(i,j)* prend la valeur 0 quand ***i*** = ***j***, mais aussi quand ***i*** et ***j*** différents n'ont pas de relation entre eux.

128 Cette règle constitue une adaptation des algorithmes de Ford et de Djikstra, de valuation des sommets d'un graphe (Faure, Lemaire, Picouleau 2000).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2	1								
3	1								
4	1								
5	1	1	1	1					
6			1	1	1				
7	1		1	1		1			
8									
9			1	1	1	1	1		

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*Dspr*
1										*0*
2	1									*1*
3	1									*1*
4	1									*1*
5	2	1	1	1						*2*
6	3	2	2	2	1					*3*
7	4	3	3	3	2	1				*4*
8										
9	5	4	4	4	3	2	1			*5*
Dspa	*5*	*4*	*4*	*4*	*3*	*2*	*1*		*0*	*Dst : 5*

Pour chaque US *i*, la valeur la plus élevée en colonne *i* correspond à la distance stratigraphique entre *i* et la base de la stratification, ou distance stratigraphique au plus ancien *Dspa(i)* ; la valeur la plus élevée en ligne *i* correspond à la distance stratigraphique entre *i* et le sommet de la stratification, ou distance stratigraphique au plus récent *Dspr(i)*. La plus grande valeur de la matrice correspond à la distance stratigraphique entre le début et la fin de la stratification enregistrée, ou distance stratigraphique totale *Dst*.

3.2.3. Le tracé du diagramme à partir de la matrice

Définition des chemins du diagramme

Puis vient le tracé du graphe. Le type de représentation choisi permet de placer chaque sommet suivant des coordonnées définies par le chemin (axe vertical) et la ligne (axe horizontal).

Dans un premier temps, les chemins peuvent être définis en balayant la matrice uniquement sur les valeurs de relation non redondantes ; c'est à dire ici, considérant les relations d'ordre certaines, les relations de distance stratigraphique = 1 (relations non déductibles).

La procédure la plus simple de tracé des chemins consiste tout d'abord à fixer un rang stratigraphique pour chaque US (sans *ex-aequo*), obtenu en triant la liste des US dans l'ordre croissant des distances au plus récent, puis dans l'ordre décroissant des distances au plus ancien. Ce rang va déterminer la position initiale en ligne de chaque US.

	1	2	3	4	5	6	7-8	9
1								
2	1							
3	1							
4	1							
5	2	1	1	1				
6	3	2	2	2	1			
7-8	4	3	3	3	2	1		
9	5	4	4	4	3	2	1	

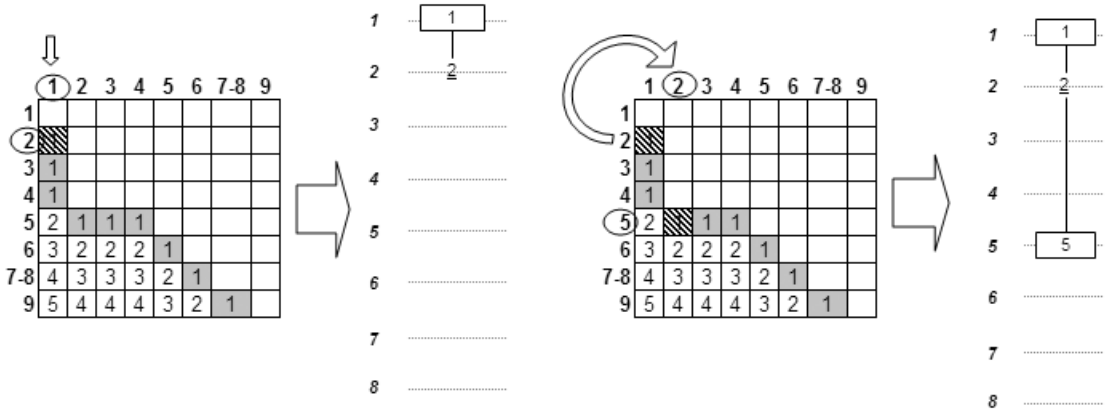
US	Dspr	Dspa
1	0	5
2	1	4
3	1	4
4	1	4
5	2	3
6	3	2
7-8	4	1
9	5	0

US	rang
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7-8	7
9	8

Puis on sélectionne comme départ de tracé une US *i* affectée d'une distance stratigraphique au plus récent de valeur 0 ; c'est à dire une US sans postérieures, formant le début d'un chemin sur le diagramme. Ensuite, sur la matrice, on repère et on coche la première valeur 1 dans la colonne de cette US : la ligne correspondante est celle d'une US *i'* antérieure non redondante à *i*.

il est possible de tracer (ou de mettre en mémoire) cette première relation sur le diagramme, en

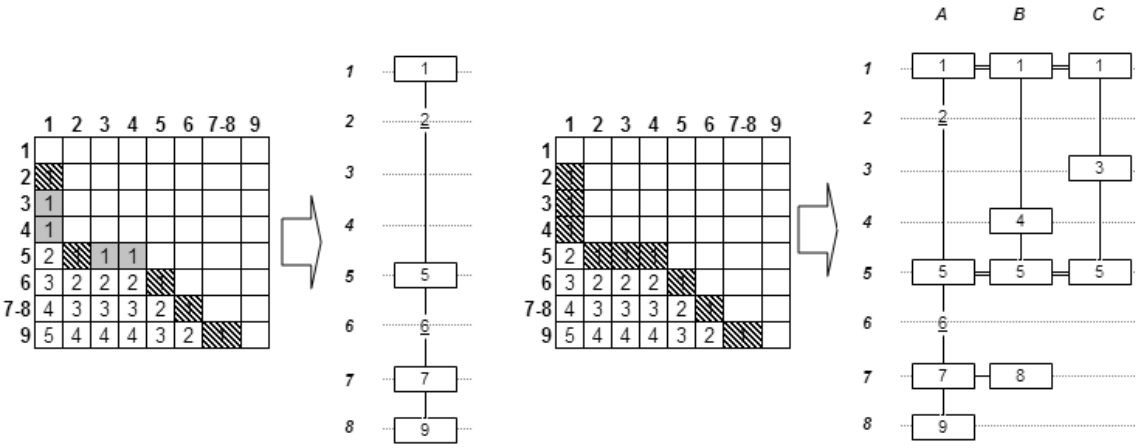
positionnant un sommet *i* sur un premier axe vertical fixé pour le premier chemin, à la ligne correspondant au rang de *i* ; et en positionnant un sommet *i'* sur le même axe 1 du premier chemin, à la ligne correspondant au rang de *i'* ; puis en traçant l'arc vertical entre les deux sommets.



Sur la matrice, on se reporte alors à la colonne de l'US *i'* et l'on réitère le processus : recherche dans la colonne i' de la première valeur 1, marquage de cette valeur, puis tracé sur le diagramme du sommet de l'US correspondante au rang de *i''* , puis tracé de l'arc entre les deux sommets, à la suite sur le premier axe vertical du graphe.

Si pour une US *i'''* ainsi tracée, la colonne correspondante est vide, c'est que cette US n'a pas d'antérieure : le tracé du chemin est terminé.

S'il reste des valeurs 1 non marquées dans la matrice (relations non redondantes non tracées), on crée un deuxième axe vertical parallèle au premier, pour un second chemin. On prend comme premier sommet de ce chemin suivant la première US *j* telle que *j* possède à la fois des relations marquées et non marquées (le chemin part ainsi d'une divergence ou d'une convergence dont le premier sommet est déjà tracé). On poursuit le tracé du chemin jusqu'à achèvement du tracé (si la colonne correspondant à la dernière US tracée est vide, ou ne contient que des valeurs déjà marquées, c'est à dire des relations d'antériorité déjà tracées).



On trace ainsi le graphe chemin après chemin, jusqu'à ce que plus aucune valeur 1 non marquée n'apparaisse sur la matrice. On ajoute alors les sommets des US synchrones (« esclaves »), sur la même ligne que les US maîtres correspondantes, en insérant de nouveaux axes verticaux si besoin.

La dernière opération consiste à joindre horizontalement les sommets occurrences de la même US

(qui se trouvent nécessairement sur la même ligne), formant les divergences et convergences.

Notons qu'il est possible d'inverser le sens de tracé des chemins (de bas en haut et du plus ancien au plus récent, en balayant la ligne et non pas la colonne d'un sommet pour trouver le sommet suivant). Notons aussi que peut se présenter le cas où, après le tracé d'un chemin, il reste des valeurs 1 non cochées mais pas de convergence ou divergence en cours de tracé ; le chemin suivant doit alors à nouveau repartir d'une US *i* telle que *Lpr(i) = 1* ; cela signifie que la stratification enregistrée comprend plusieurs ensembles connexes distincts (sans relations entre eux).

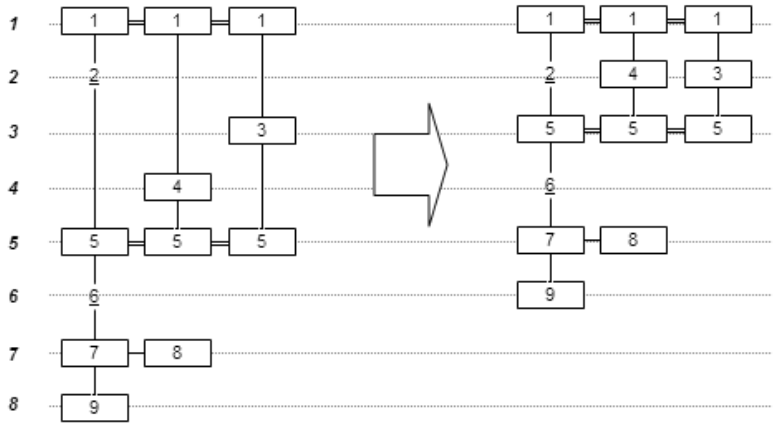
Définition des lignes du diagramme

Le diagramme ainsi tracé est dans une configuration allongée à l'extrême, avec une ligne par US (plus exactement par ensemble synchrone). Pour obtenir un diagramme moins encombrant, une règle de compaction des lignes du diagramme est alors mise en œuvre.

Au plus simple, cette règle consiste à balayer le diagramme ligne par ligne. On prend la première ligne (la plus haute), et pour chaque ligne suivante (de la deuxième à la dernière), on vérifie si l'US ou l'ensemble synchrone correspondant, matérialisé par un intervalle de chemins (du sommet occurrence de cette US ou ES le plus à gauche jusqu'au sommet le plus à droite), peut être translaté sur la première ligne sans chevauchements stratigraphiques (présence d'étapes stratigraphiques intermédiaires) ni chevauchements horizontaux (tout ou partie des chemins correspondants déjà occupés sur la première ligne).

Si cette translation est possible, l'US ou l'ES est translaté sur la première ligne, et la ligne ainsi fusionnée avec la première ligne est détruite (le diagramme raccourcit d'une ligne).

Puis le processus est réitéré pour la seconde ligne, avec laquelle on va ainsi chercher à fusionner les lignes suivantes, de la troisième à la dernière. Arrivée à la dernière ligne, la procédure est achevée.

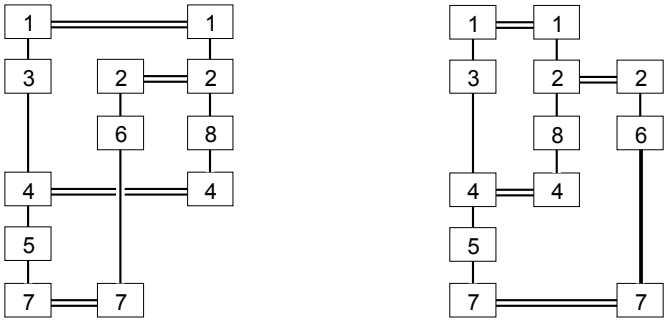


3.2.4. problèmes de planarité et d'optimisation graphique du diagramme

Le problème de la planarité

Le diagramme stratigraphique est, on l'a dit, une représentation plus topologique que topographique : c'est la position relative des sommets déterminée par les arcs qui est importante et doit rester inchangée, et non leur position absolue ; ils peuvent varier latéralement (d'un chemin à l'autre) et même verticalement (dans la limite bien entendu des positions en ligne des US

postérieures et antérieures). Par conséquent, il n'existe pas qu'une seule forme de diagramme possible pour une stratification donnée (Bibby 2002). Le sens de tracé des chemins (de bas en haut ou de haut en bas), le choix de la ligne d'US (au plus récent ou au plus ancien) influent par exemple sur la forme du diagramme produit automatiquement.



À gauche, forme non planaire ; à droite, forme planaire

Parmi les différentes formes que peut prendre un graphe, celles qui ne comportent pas de croisements d'arcs sont dites « planaires ». La recherche d'une forme planaire est un sujet mathématiquement ardu, mais qui présente de l'intérêt pour certaines applications : ainsi les circuits imprimés sur cartes électronique peuvent être modélisés comme des graphes, dont la forme planaire correspond à la disposition du circuit sur une seule couche, permettant un moindre coût de production.

Concernant les diagrammes stratigraphiques, le défaut de planarité nuit à la lisibilité ; mais la recherche d'une forme planaire peut s'opposer à d'autres choix de forme du diagramme, par exemple la compacité (Herzog 1993). Par ailleurs le diagramme est fondamentalement une projection en deux dimensions d'un système de relations tridimensionnel (Lock 2003) ; par conséquent, bien que l'on puisse toujours représenter une stratification par un seul diagramme, il peut être impossible de ramener toutes les relations (même simplifiées par l'élimination des relations redondantes) sur un seul plan, de sorte que le diagramme ne présente aucun croisement d'arcs.

Cependant, pour une plus grande clarté graphique, l'algorithme de l'application expérimentale ci-jointe *Le Stratifiant* utilise des instructions particulières dans la procédure de tracé des chemins, destinées à réduire les croisements d'arcs verticaux et horizontaux ; elles se basent sur la recherche de la plus récente divergence pour le départ d'un chemin tracé en sens ascendant et de la plus ancienne convergence pour le départ d'un chemin tracé en sens descendant, de façon à emboîter les divergences et convergences intermédiaires sans les croiser. Il faut préciser que cette procédure de recherche de planarité n'est pas totalement efficace, et donc encore améliorable ; l'algorithme élimine des croisements d'arcs, mais ne trouve pas dans tous les cas la forme planaire ou la forme optimale de moindre nombre de croisements d'arcs.

Cela dit, notons que la représentation ortho-linéaire améliore globalement la planarité et la lisibilité ; en effet, les arcs de relation d'ordre ne se recoupent jamais (ils sont tous verticaux et parallèles) ; les croisements ne sont possibles qu'entre une relation d'ordre (arc vertical) et une équivalence ou un synchronisme (arc horizontal), ce qui gêne moins le suivi visuel des chemins stratigraphiques, et n'entraîne pas de possibilité de confusion avec les relations d'ordre exprimées par des lignes brisées de la représentation classique de la *Harris Matrix*..

Optimisation graphique et choix de la disposition finale : où l'utilisateur reprend la main

Dans ces conditions, c'est à l'utilisateur que doit revenir le choix de la forme finale du diagramme :

les applications de type « boites noires » qui imposent une forme de diagramme sans intervention possible de l'utilisateur sont à éviter (Ryan 2001). Dans l'application expérimentale ci-jointe (*Le Stratifiant*, *cf.* deuxième partie du mémoire), le diagramme est créé automatiquement sous Excel sous forme d'objets graphiques que l'utilisateur peut modifier à l'aide d'outils de dessin vectoriel. A l'avenir, cette reprise manuelle d'un diagramme pourrait être enrichie par des fonctions d'assistance reposant sur la formalisation de règles de déplacement des sommets, lignes et colonnes.

3.3. Temps quantifié et regroupements chronologiques

Les étapes de la phase de synthèse, suivant l'obtention sous forme de diagramme de la stricte succession stratigraphique, présentées dans le chapitre 2 (2.2), peuvent aussi faire l'objet d'une formalisation au moins partielle, et par conséquent d'une assistance automatisée. Les éléments ici exposés concernent d'abord le traitement des indicateurs chronométriques en fonction des relations stratigraphiques, étape qui mobilise des notions d'algèbre, sous forme de systèmes d'inéquations (3.3.1). La nécessité d'une double représentation graphique des éléments de datation quantifiée a été exposée plus haut : les procédures permettant d'obtenir l'une (mise en paliers du diagramme) et l'autre (graphique des datations) représentations sont exposées ici (3.3.2). Enfin, les regroupements d'unités à signification culturelle et historique ne sont eux, à notre avis, pas entièrement automatisables, car en partie interprétatifs et intuitifs ; mais la mise en place d'outils d'aide, relayant les choix de regroupements de l'archéologue, est possible. Une aide à la mise en phase et des pistes pour des aides au traitement d'autres regroupements sont présentés (3.3.3).

3.3.1 traitement d'inscription de la stratigraphie dans le temps quantifié

L'obtention du diagramme stratigraphique correspond à l'extraction d'une structure topologique depuis l'espace topographique, mesurable dans les trois dimensions de l'espace, du volume fouillé. L'inscription du diagramme dans le temps quantifié correspond à la ré-immersion de cette structure topologique dans un espace mesuré, mais sur une seule dimension, celle du temps, en considérant celui-ci comme un ensemble de points (instants) et longueurs (durées) mesurables sur une droite. Parmi les travaux de formalisation appliqués à ces rapports entre contraintes temporelles et temps quantifié, on peut citer ceux de James Allen sur l'élaboration d'un langage logique temporel (Allen 1981 ; 1984) et ceux de Tiphaine Accary-Barbier et Sylvie Calabretto (2004). D'autres travaux plus spécialisés se sont attachés à l'intégration de contraintes stratigraphiques dans le cadre de calibration de datation (tel le programme OxCal développé par Peter Ramsey[129]). C'est, cependant, le calcul de valuation proposé par Bernard Roy dans le cadre de la méthode des potentiels Métra, devenu l'une des techniques classiques de graphe d'ordonnancement en Recherche Opérationnelle (Faure, Lemaire, Picouleau 2000) qui constitue la source de la procédure exposée ci-dessous[130].

Formalisation du problème : un système d'inéquations algébriques

Nous avons défini plus haut les indicateurs dont l'archéologue dispose pour inscrire une US *i* dans le temps absolu :

- le *terminus post quem* (date-plancher) que nous noterons ici *Tpq(i)* ;
- le *terminus ante quem* (date-plafond) que nous noterons *Taq(i)* ;

129 http://www.rlaha.ox.ac.uk/oxcal/oxcal.htm

130 Le choix ici effectué pour le traitement des éléments de datation lié à l'élaboration du diagramme est celui d'un traitement strictement déductif, sans mobiliser d'hypothèse statistique : il s'agit de fournir à l'utilisateur la visualisation des seules conséquences de ses données et estimations de datation, afin, notamment, de permettre un retour critique sur ces données et estimations. Nous concevons l'élaboration de modèles de datation s'appuyant sur des méthodes probabilistes, comme intervenant dans un deuxième temps. La dernière version de *Stratify*, intégrant un traitement des datations, procède d'un choix différent (Herzog, Hansohm, 2008).

Tpq(i) et *Taq(i)* bornent un intervalle d'incertitude contenant la date de l'US *i*, date définie comme celle de la fin de formation de l'US, antérieure au début de la formation de la plus récente des unités postérieures, et que nous noterons *Dt(i)*.

On peut donc écrire, avec la formulation mathématique des relations d'ordre et d'équivalence :

- $Tpq(i) \leq Dt(i) \leq Taq(i)$; d'où l'on déduit : si $Tpq(i) = Taq(i)$, alors $Dt(i) = Tpq(i) = Taq(i)$;

on retrouve, en d'autres termes, les observations faites plus haut (cf. 2.1.5 et 2.2.3) : lorsque la date d'une US est directement connue (par exemple un texte précisant la date d'achèvement d'une construction, dont les vestiges ont été retrouvés en fouille), elle fournit à la fois un TPQ et un TAQ (dont on a vu qu'ils sont applicables respectivement aux US postérieures et aux US antérieures).

Par ailleurs, nous avons vu qu'au processus de stratification sont attachées deux durées dans le temps absolu, limitées par les instants de début et de fin de formation de l'unité stratigraphique :

- l'une est liée à l'unité : c'est le temps de formation d'une US *i*, ici noté *Tf(i)* ;
- l'autre est liée à la relation d'ordre chronologique : c'est « l'entretemps », l'éventuel temps intermédiaire entre les temps de formation de l'US *i* antérieure et de l'US *j* postérieure, ici noté *Ti(i,j)* ;

L'exemple de l'intégration du temps quantifié dans un graphe MPM (*cf.* 3.1.3) nous montre comment considérer ces indications, en termes de valuation du diagramme stratigraphique : *Tf(i)* constitue la valuation de *i* (c'est-à-dire la valeur, ici chronologique, attachée à chaque sommet) ; et *Ti(i,j)* constitue la valuation de l'arc (*i,j*). S'il n'existe aucune discontinuité stratigraphique, *Ti(i,j)* est nul[131].

Ces trois valeurs chronométriques *Dt*, *Tf*, *Ti* permettent de quantifier le temps stratigraphique ; en effet pour chaque relation *i* sous *j* :

- pour $i < j$ on a : $Dt(i) + Ti(i,j) + Tf(j) = Dt(j)$

C'est-à-dire : la date de l'US *j* postérieure équivaut à la date de l'US *i* antérieure augmentée de la durée séparant cette dernière du début de la formation de *j*, et de la durée de formation de *j*.

Nous envisageons ici (bien qu'elle ne soit pas encore implémentée dans l'outil informatique *Le Stratifiant* présenté en 2e partie) une procédure prenant en compte les indicateurs proposés plus haut, définissant des intervalles d'imprécision pour les durées de formation et d'entretemps : soit donc :

- les temps de formation minimum *Tfmin(i)* et maximum *Tfmax(i)* de l'US *i*, bornant un intervalle d'incertitude dans lequel prend place le temps de formation *Tf(i)*, de sorte que $Tfmin(i) \leq Tf(i) \leq Tfmax(i)$;
- les temps intermédiaires minimum *Timin(i,j)* et maximum *Timax(i,j)* encadrant la durée *Ti(i,j)* affectée à la relation d'ordre *i* sous *j*, de sorte que $Timin(i,j) \leq Ti(i,j) \leq Timax(i,j)$;

Munis de ces indicateurs, nous pouvons formaliser et enrichir les règles énoncées plus haut de report des dates plancher et plafond à l'aide des relations stratigraphiques. Il faut d'abord doter toutes les US et relations de données chronométriques, afin de permettre le calcul de ces reports.

- Les US non munies de date plafond reçoivent le *terminus post quem* absolu que constitue la date de début de fouille ;

131 E. Harris remarque qu'on ne tient pas assez compte de ces temps intermédiaires (par exemple entre la surface d'un sol et le remblai d'abandon qui vient l'enfouir alors que nul dépôt matériel ne témoigne de la durée d'usage du sol), et il envisage pour y remédier de numéroter les interfaces correspondantes en plus des US (Harris 1998) ; cependant cette formalisation du problème en termes de graphe valué montre que ce serait inutile : il est possible de valuer des arcs (couples d'éléments) sans avoir besoin de les considérer comme des sommets.

- Les US non munies de date plancher reçoivent comme telle une date choisie comme certainement antérieure au début de la stratification étudiée (l'année –10 000 par exemple).

Les temps minimum *Tfmin* de formation des US et *Timin* attachés aux relations (seuls nécessaires pour les reports de dates plancher vers les postérieures et des dates plafond vers les antérieures) sont fixés à zéro (minimum absolu) lorsqu'on ne dispose pas d'indications les concernant. Il faut noter qu'en théorie, le temps de formation d'une US *i* n'est pas nul (sans quoi l'US n'existe pas !), et donc $Tfmin(i) > 0$; en pratique, à l'échelle de temps choisie par l'archéologue, il peut être négligeable (lorsqu'il est de l'ordre de quelques heures ou quelques minutes par exemple) : on admet donc $Tfmin(i) \geq 0$.

Les temps maximum *Tfmax*, ainsi que les temps intermédiaires maximum *Timax* attachés aux relations d'ordre, sont fixés, en l'absence d'indications spécifiques, à une valeur sûrement supérieure à la durée totale que représente la stratification étudiée (par exemple : 10 000 ans).

Puis on fusionne les données chronométriques de chaque ensemble synchrone (ES). Par définition du synchronisme entre deux US *i* et *j* (relation mathématique d'équivalence), on peut écrire :

- Pour $i = j$ on a : $Dt(i) = Dt(j)$ et $Tf(i) = Tf(j)$ et $Ti(i,j) = 0$;

En d'autres termes, des US synchrones sont nécessairement contemporaines dans le temps absolu : leur date et leur temps de formation sont identiques, nul espace de temps ne les sépare. Pour chaque ensemble synchrone, ce sont par conséquent, par définition des indicateurs, le plus récent des TPQ, le plus ancien des TAQ, le plus élevé des temps de formation minimum et le plus faible des temps de formation maximum attachés aux US appartenant à l'ensemble qui sont retenus et affectés à l'US-maître représentant l'ES.

On peut ensuite passer à l'inscription proprement dite de la chronologie stratigraphique dans le temps absolu, c'est-à-dire au calcul de l'intervalle date plancher – date plafond bornant chaque US ou ES. En tenant compte de la convention admise plus haut de considérer le temps de formation d'une US comme pouvant être nul, cette inscription de la chronologie relative dans le temps absolu consiste à passer d'une relation mathématique d'ordre strict $i < j$ (l'Us *i* est antérieure à Us *j*), à une relation d'ordre large $Dt(i) \leq Dt(j)$ (la date de l'Us *i* est inférieure ou égale à celle de l'Us *j*)[132].

On opère en deux temps ; d'abord, la date-plancher de chaque US et ES est recalculée. Muni de la relation d'ordre large et des indicateurs définis ci-dessus, on peut écrire :

- pour $i < j$ on a : $(Tpq(i) + Timin(i,j) + Tfmin(j)) \leq Dt(j)$;

soit : pour *i* antérieur à *j*, le TPQ de *i*, augmenté de la durée minimale séparant cette dernière du début de la formation de *j*, et de la durée minimale de la formation de *j*, est inférieure ou égale à la date de *j*. Cette valeur $Tpq(i) + Timin(i,j) + Tfmin(j)$ constitue par définition un TPQ possible de *j*. Par définition encore, si on dispose de plusieurs dates antérieures ou égales à $Dt(j)$, le TPQ $Tpq(j)$ correspond à la plus récente. On modifie donc si besoin la valeur précédente de $Tpq(j)$ en appliquant la règle suivante :

- si $Tpq(i) + Timin(i,j) + Tfmin(j) > Tpq(j)$, alors $Tpq(j) = Tpq(i) + Timin(i,j) + Tfmin(j)$.

Dans le cas de durées $Timin(i,j)$ et $Tfmin(j)$ non connues et donc nulles, on peut simplifier la formule, qui devient :

- si $Tpq(i) > Tpq(j)$, alors $Tpq(j) = Tpq(i)$.

On retrouve ainsi l'énoncé traditionnel de datation par la stratigraphie (*cf.* 2.2.3), selon lequel la date

132 En effet, pour *i* antérieure à *j*, on a (*cf.* plus haut) : $Dt(i) + Ti(i,j) + Tf(j) = Dt(j)$; le résultat $Dt(i) = Dt(j)$ est possible, si $Ti(i,j) = Timin(i,j) = 0$ et si $Tf(j) = Tfmin(j) = 0$; on admet donc, dans le temps quantifié, une relation mathématique d'ordre large et non plus strict $Dt(i) \leq Dt(j)$.

plancher d'une US constitue aussi une date plancher pour les US postérieures.

Grâce à la prise en compte des durées maximales, on peut aller plus loin que cet énoncé traditionnel, en déduisant à rebours une date plancher possible pour les US antérieures :

- Pour $i < j$, et si $Tpq(j) - Tfmax(j) - Timax(i,j) > Tpq(i)$, alors $Tpq(i) = Tpq(j) - Tfmax(j) - Timax(i,j)$

Ce calcul est sans intérêt si on ne dispose pas d'indications de durées maximales, car la date plancher de *i* obtenue avec la durée maximale par défaut (certainement supérieure à la durée totale de la stratification étudiée) est plus ancienne que le TPQ « absolu » choisi comme certainement antérieur au début de la stratification étudiée. Par contre, si le fouilleur a pu évaluer les deux durées $Tfmax(j)$ et $Timax(i,j)$, ce calcul peut préciser la chronologie générale.

Afin de refermer l'intervalle de datation de chaque US, les dates plafonds sont ensuite recalculées. Un raisonnement similaire à celui mis en œuvre pour les dates plancher aboutit, pour chaque relation *i* sous *j*, à la double règle de report suivante, qui permet de sélectionner la plus ancienne des dates plafond possibles pour chaque US :

- Pour $i < j$, si $(Taq(j) - Tfmin(j) - Timin(i,j)) < Taq(i)$, alors $Taq(i) = (Taq(j) - Tfmin(j) - Timin(i,j))$
- Pour $i < j$, si $(Taq(i) + Tfmax(j) + Timax(i,j)) < Taq(j)$ alors $Taq(j) = (Taq(i) + Tfmax(j) + Timax(i,j))$

L'actuelle procédure automatisée

En l'état actuel de l'application expérimentale *Le Stratifiant* (*cf.* 2e partie de la thèse), les calculs de report et déduction d'intervalle s'effectuent sur les seules dates-plancher et dates plafond, sans possibilités de réduction automatique de ces intervalles d'imprécision au moyen d'indicateurs de durée. Les TPQ déduits peuvent être obtenus en un seul balayage de haut en bas de la liste des US munie de leurs données chronométriques et reclassées dans l'ordre des distances stratigraphiques au plus ancien. Le balayage s'effectue à l'aide de la règle de report simplifié exposée ci dessus, et fait appel à la matrice traitée où dans la ligne de chaque US apparaissent toutes ses postérieures. Un deuxième balayage permet d'obtention des TAQ déduits, de la même façon que pour les dates plancher, mais la liste des US est cette fois reclassée dans l'ordre des distances stratigraphiques au plus récent.

3.3.2 représentations graphiques

Mise en paliers du diagramme stratigraphique : l'intégration de contraintes de seuils

Le sens du temps sur le diagramme est vertical, du plus récent en haut au plus ancien en bas. Mais, comme on l'a vu, on ne peut utiliser directement l'axe vertical comme échelle du temps absolu car la répartition des unités stratigraphiques dans le temps absolu est à la fois irrégulière (durée de formation variable), discontinue (existence « d'entretemps » ou durée intermédiaires affectées aux relations supérieurs à 0), et affectée d'une imprécision elle-même variable (intervalles TPQ – TAQ inégaux)

Cependant, la forme du diagramme étant modifiable, il est possible de faire « coulisser » les sommets sur leur axe vertical pour exprimer une différence de position dans le temps absolu. Ainsi, la représentation de paliers de datation sur le diagramme, proposée plus haut (*cf.* 2.2.3), correspond à l'introduction de seuils dans le graphe d'ordonnancement qu'est ce diagramme, de telle sorte que chaque US *i* se situe au dessus du palier du TPQ qui lui correspond, ou sous le palier du TAQ qui lui correspond (suivant le choix de calage).

Les instructions de traitement correspondant à l'introduction de ces seuils de datation quantifiée sont simples : après les calculs exposés ci-dessus, chaque US est affectée d'un TPQ et d'un TAQ. Lors de la phase de compaction des lignes du diagramme, il est tenu compte de ce TPQ ou de ce TAQ : pour deux US qui peuvent se trouver sur la même ligne, un TPQ ou un TAQ plus ancien entraine le décalage de l'US sur la ligne inférieure (entraînant le cas échéant un allongement de l'ensemble du diagramme). Le tracé des lignes de paliers intervient ensuite au niveau de chaque US marquant un changement de TPQ ou de TAQ.

Graphique des intervalles de datation : une application du diagramme de Gantt

À la différence d'un graphe d'ordonnancement ne pouvant figurer le temps que sous forme discrétisée de seuil et de contraintes d'antéro-postériorité, le graphique des intervalles TPQ-TAQ présenté plus haut (2.2.3) est inscrit dans l'échelle du temps continu, graduée en années. On peut par conséquent figurer simultanément les TPQ et TAQ sous forme d'intervalles. L'information stratigraphique y apparaît, matérialisée par l'ordre des lignes.

Une telle représentation est au demeurant classique : c'est celle du diagramme de Gantt (créé par l'ingénieur américain Henry Gantt - 1861-1919), bien connu en gestion de projet pour visualiser un planning. Ce principe de double représentation – un graphe sur l'échelle du temps ordonné, un graphique sur l'échelle du temps quantifié –, à notre sens plus efficace que de vouloir « mixer » ces deux échelles de nature différente sur la même représentation graphique, est en effet inspiré du couple formé, en Recherche Opérationnelle, par le graphe d'ordonnancement PERT ou MPM , et le diagramme de Gantt.

La création de ce graphique s'effectue à partir de la lecture de la liste des US, de leur rang et de leur intervalle de TPQ et TAQ, et ne pose pas de problème spécifique d'algorithme.

3.3.3. synthèse chrono-historique : mise en phases et traitement des regroupement d'unités

Aide à la mise en phases

En l'état actuel de la formalisation, la procédure d'aide à la mise en phases mobilise deux types de données : d'une part une liste des phases (fixée par l'utilisateur), dont la succession est indiquée par une numérotation (de 1 plus ancienne à *n*... plus récente) ; et d'autre part l'attribution, à au moins une partie des unités enregistrées, d'une phase au plus ancien et d'une phase au plus récent.

La procédure permet, en effet, de gérer des intervalles d'imprécision appliqués à la mise en phases. Si une US *i* est attribuable, de façon imprécise, à la phase 1, ou à la phase 2, ou à la phase 3, elle aura 1 comme phase au plus ancien et 3 comme phase au plus récent ; les US précisément attribuées à une phase ont cette même phase indiquée à la fois au plus ancien et au plus récent.

Le traitement consiste en une généralisation de la mise en phase à l'ensemble des unités (même celles non phasées au départ), par affectation d'un intervalle de phase déduit des relations stratigraphiques, en fonction des règles suivantes (qui ne sont, pour le premier point, que la transposition des règles de report des TPQ et TAQ) :

- pour deux US *i* et *j* telle que *j* est postérieure à *i*, la phase au plus ancien de *j* est nécessairement supérieure ou égale à la phase au plus ancien de *i* ; la phase au plus récent de *i* est nécessairement inférieure ou égale à la phase au plus récent de *j ;*
- pour deux US *i* et *j* synchrones, la phase au plus ancien de l'ensemble synchrone (*i,j*) est la plus ancienne des phases au plus ancien de *i* et *j* ; la phase au plus récent de l'ensemble synchrone (*i,j*) est la plus récente des phases au plus récent de *i* et *j*

Ce traitement s'effectue, comme pour les TPQ et TAQ, par double balayage de la liste des US triée successivement sur les distances stratigraphiques au plus récent et au plus ancien.

Mise en phases inscrites dans le temps quantifié

Lorsque sont disponibles simultanément des datations quantifiées et des indications de mise en phases, il est possible de mettre en rapport ces deux types d'indications chronologiques, via les relations stratigraphiques.

Un TPQ et un TAQ peuvent ainsi être proposés pour chaque phase, à partir des indicateurs de datation des unités. Le calcul s'effectue ainsi : le début d'une phase est nécessairement postérieure à la date plancher de la plus récente US de la phase précédente (plus précisément : de la plus récente US qui a la phase précédente comme phase au plus récent) ; c'est donc cette dernière date-plancher qui est prise comme TPQ de la phase (si une telle date plancher ne peut être trouvée, c'est le TPQ « absolu » qui devient celui de la phase: c'est le cas de la phase n° 1, la plus ancienne). De même, la fin d'une phase est nécessairement antérieure à la date plafond de la plus ancienne US de la phase postérieure (plus précisément : de la plus ancienne US qui a la phase postérieure comme phase au plus ancien). Cette dernière date-plafond devient donc le TAQ de la phase.

Il est possible de saisir directement des TPQ et TAQ appliqués aux phases ; en utilisant les règles réciproques à celles ci-dessus, ceux-ci sont utilisés dans le traitement pour préciser éventuellement les intervalles TPQ-TAQ des US.

regroupements synthétiques d'unités : perspectives de formalisation

Au delà de cette actuelle aide à la mise en phases, un traitement des regroupements chronologiques ou structurels (séquences, phases, etc.) - que nous avons désigné par le terme générique d'UR (unités de regroupement) – peut être envisagé, à deux niveaux.

Au niveau le plus ambitieux, une automatisation qui partirait des attributs descriptifs des US pour opérer des regroupements proposés à l'utilisateur sans que celui-ci ait besoin de créer lui-même des UR et d'y affecter les US, est concevable si la définition des UR est précisément formalisée. Ce pourrait, par exemple, être le cas de la « séquence » à partir de la définition proposée par Bernard Randouin (Randouin éd. 1987 p. 79) comme regroupement de couches immédiatement consécutives et relevant de la même interprétation culturelle. Une règle d'agrégation en séquences des US de même interprétation et liées par des relations directes (c'est-à-dire sans US intermédiaire d'interprétation différente) pourrait être mise en œuvre à partir des relations et des champs de nature et d'interprétation des US. De même, des règles d'agrégation basées sur l'interprétation des relations en rupture ou continuité (proposée plus haut, cf. 2.1.3) pourraient opérer des propositions de regroupements.

Mais un tel objectif d'automatisation des regroupements ne peut aboutir, à notre sens, qu'à des propositions, nécessitant l'accord et / ou l'intervention de l'utilisateur pour le choix final. En effet, les regroupements synthétiques de la chronologie stratigraphique relèvent largement du choix de l'archéologue, de son interprétation et de ses hypothèses, c'est-à-dire d'une opération intellectuelle inductive (et non déductive comme l'est la réalisation du diagramme nu à partir de l'enregistrement stratigraphique) ; par conséquent, cette opération n'est pas totalement réductible à un traitement par machine.

Un deuxième niveau de traitement, d'assistance et non d'automatisation totale, peut donc être plus largement envisagé[133], par extension de l'actuelle possibilité de mise en phase, mais généralisée à des

133 De telles fonctions, avec création automatique des cadres visualisant les regroupements d'US sur le diagramme, sont déjà présentes sur l'application *Stratify* citée plus haut (Herzog 2004 ; 2006)

niveaux multiples de regroupements. A partir du choix d'attribution des US à telle ou telle UR, choix effectué par le fouilleur, le traitement consisterait, sur demande, à traiter les UR ainsi définies comme des ensembles synchrones ; c'est-à-dire à fusionner leurs relations stratigraphiques et leurs éventuels éléments de datation. Dans cette perspective, il est utile que le fouilleur puisse choisir d'afficher des UR correspondant à des niveaux de regroupement différents sur le même diagramme de synthèse. On obtiendrait ainsi des diagrammes « zoomés » permettant de montrer un détail de la chronologie stratigraphique en le plaçant dans son contexte plus général. Cette possibilité de changer d'échelle de regroupement à l'intérieur d'un même diagramme est, en effet, particulièrement intéressante dans le cas de grands diagrammes (Lock 2003).

3.4. L'incertitude et l'erreur

Les fouilleurs, comme tout autre ensemble de bipèdes, sont faillibles, et il est rare qu'un enregistrement soit exempt de fautes et de doutes. L'une des spécificités de la formalisation ici présentée est de tenir compte de ces derniers. Ce caractère incertain que l'on peut attribuer à une relation, et dont on a argumenté plus haut l'utilité pratique et méthodologique (*cf* 2.1.1), est en effet intégré au traitement des synchronismes, des relations d'ordre, des indicateurs de datation (sous la forme d'indicateurs estimés), et des indications de mise en phases (sous forme d'intervalles de phases au plus ancien et au plus récent). Ce mode d'incertitude (qui est effectivement ici traité comme une forme simplifiée de logique modale), se traduit par certaines restrictions et certains compléments de procédure (3.4.1). La détection des fautes d'enregistrement entraînant des illogismes stratigraphiques, en revanche, n'est pas une exclusivité du présent travail[134] ; mais elle est ici liée à la prise en compte de l'incertitude dans une recherche d'identification et de caractérisation des différents types de fautes et conflits possibles, en vue d'une information optimale de l'utilisateur (3.4.2).

3.4.1. gestion de l'incertitude

Traitement des relations stratigraphiques incertaines

Pratiquement, les relations incertaines sont codées négativement sur la matrice (valeur -1 pour les relations d'ordre, valeur -10 pour les relations d'équivalence) avant traitement.

Les synchronismes incertains font l'objet d'une procédure de déduction transitive préalablement au traitement des relations d'ordre, comme les synchronismes certains (cf. 3.2.1), de façon à identifier les ensembles synchrones incertains (ESI). À la différence des ensembles synchrones certains, les unités appartenant à un ESI ne sont pas fusionnées, et sont prises en compte distinctement lors du traitement des relations d'ordre. Cependant leur appartenance à un ESI est stockée dans une variable ; et lors du calcul des distances stratigraphiques, la modification de distance stratigraphique de l'une des unités d'un ESI est répercutée sur les autres US de l'ESI. Ainsi toutes les unités d'un même ensemble synchrone incertain gardent les même distances stratigraphiques au plus récent et au plus ancien ; avec pour conséquence de placer ces unités au même niveau horizontal dans le diagramme, permettant le tracé des cadres horizontaux de synchronismes incertains[135].

Les calculs de distances stratigraphiques tiennent compte des relations d'ordre certaines (codées positivement) et incertaines (codées négativement) ; ils s'effectuent donc sur les valeurs absolues.

Un signe positif est attribué à la valeur obtenue *matrice(i,k)* si la relation correspondante *(i, k)* est déduite par transitivité de deux relations certaines *(i, j)* et *(j, k)* : dans ce cas, en effet, la relation

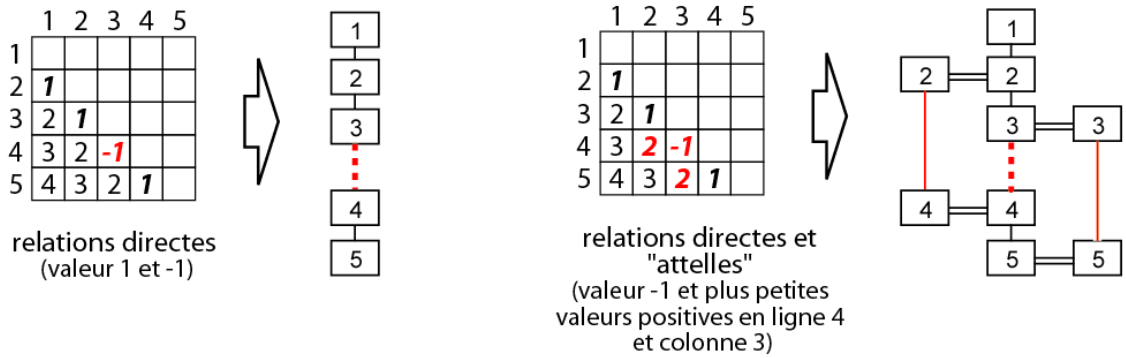
134 Voir notamment Herzog 1993 pour la détection automatique des circuits dans un diagramme stratigraphique

135 Une deuxième conséquence est, le plus fréquemment, l'allongement du diagramme (augmentation de la distance stratigraphique totale).

déduite *(i, k)* est certaine, et peut se substituer à une relation incertaine si la valeur précédente *matrice(i,k)* était de signe négatif (cas de confirmation de la relation par déduction).

Un signe négatif est au contraire attribué à la valeur obtenue *matrice(i,k)* si la relation correspondante est déduite par transitivité d'au moins une relation incertaine (*i, j*) ou (*j, k*) et si la valeur précédente de *matrice(i,k)* était négative ou nulle : dans ce cas la relation déduite est incertaine.

À l'étape du tracé du diagramme, afin de conserver le fil de la chronologie sûre, une relation «*i* peut-être sous *j*» doit être encadrée par les relations avec la première US postérieure certaine commune à *i* et *j*, et avec leur première US antérieure certaine commune. Aussi, après traitement, les relations tracées sur le graphe correspondent aux valeurs 1 et -1 sur la matrice (relations certaines et incertaines non redondantes) ; mais aussi, si *matrice(i,j)* = -1 , aux plus faibles valeurs positives communes à *i* ou ses antérieurs et à *j* ou ses postérieures. Celles-ci (si elles existent) marquent les plus proches relations certaines « redondantes » par rapport à la relation incertaine *(i,j)*, mais qui sont tracées, car elles permettent de conserver sur le diagramme le fil d'une chronologie certaine (*cf.* 2.2.1).



Les éléments de datation incertains

L'existence de TPQ ou TAQ affectés d'une modalité d'incertitude (dits « estimés », par opposition aux indicateurs certains), est une nécessité logique qui découle de l'existence des relations stratigraphiques incertaines, et du report des TPQ et TAQ via la stratigraphie. En effet, l'incertitude de la relation entraîne le caractère incertain des éléments de datation reportés.

Par conséquent, en cas de relation stratigraphique incertaine, le report logique des éléments de datation s'effectue de la façon suivante : le TPQ d'une US devient le TPQ estimé (incertain) des US postérieures incertaines ; le TAQ d'une US devient le TAQ estimé des US antérieures incertaines ; le TPQ et le TAQ d'une US deviennent les TPQ et TAQ estimés des US synchrones incertaines.

Ces indicateurs incertains peuvent aussi être utilisés en saisie directe, offrant à l'archéologue la possibilité de traiter des estimations provisoires (par un premier examen rapide du mobilier, sur le terrain, avant son étude complète par exemple).

Prendre en compte ces indications non certaines suppose l'introduction de règles additionnelles dans le traitement des données chronographiques.

D'abord, lorsqu'il n'existe pas d'estimation effectuée par le fouilleur, les paramètres correspondants sont automatiquement remplis en début de traitement, comme pour les TPQ et TAQ certains, par les TPQ et TAQ « absolus » (date sûrement inférieure au début de la stratification, et date de la fouille) initialement choisis par le fouilleur.

Ensuite, le TPQ estimé d'une US doit être contemporain ou plus récent que son TPQ certain ; et le TAQ estimé doit être contemporain ou plus ancien que son TAQ certain. Cette règle permet le cas échéant de corriger par déduction les TPQ et TAQ estimés :

Pour toute US *i*, *TpqE(i)* étant son TPQ estimé et *TaqE(i)* son TAQ estimé,

- si $Tpq(i) > TpqE(i)$, alors $TpqE(i) = Tpq(i)$; et si $Taq(i) < TaqE(i)$, alors $TaqE(i) = Taq(i)$;

Puis, au cours du traitement (ici réduit au cas simplifié ne prenant pas en compte les indicateurs de durée), pour une us *i* antérieure à une us *j*, si le TPQ estimé de *i* est plus récent que les TPQ certain et estimé de *j*, alors il devient le TPQ estimé de *j* :

- Si $Dt(i) \leq Dt(j)$; et si $TpqE(i) > Tpq(j)$ et $TpqE(i) > TpqE(j)$; alors $TpqE(j) = TpqE(i)$;

Réciproquement, pour les TAQ :

- Si $Dt(i) \leq Dt(j)$; et si $TaqE(j) < Taq(i)$ et $TaqE(j) < TaqE(i)$; alors $TaqE(i) = TaqE(j)$

Ce double niveau de gestion, de « l'estimé » et du certain, entraîne notamment une meilleure prise en compte des datations par la méthode du radiocarbone ; celles-ci, de nature probabiliste, sont fournies avec des pics de datation plus probable précis mais non certains, situés dans une fourchette chronologique plus large mais qui, elle, est de probabilité suffisamment élevée pour exclure le risque que l'échantillon se situe hors de cette fourchette (Evin, Oberlin 2001 ; Lanos 2001). Dans ce cas, la borne ancienne de la fourchette fournit la date-plancher certaine, et les pics probables des dates-plancher estimées.

3.4.2. Gestion des contradictions et conflits logiques

Cas de contradictions stratigraphiques

Les fautes d'enregistrement peuvent d'abord consister en contradictions entre relations de synchronisme et relations d'antéro-postériorité ; par exemple, si l'on a les relations enregistrées suivantes : US 1 synchrone avec US 2, US 2 synchrone avec US 3, et US 1 sur US 2. Ces contradictions sont détectées lors du traitement des synchronismes, préalable au traitement des relations d'ordre (obtention par transitivité de tous les synchronismes déductibles, afin d'identifier les ensembles synchrones. La règle suivante est ajoutée aux règles de traitement de la matrice :

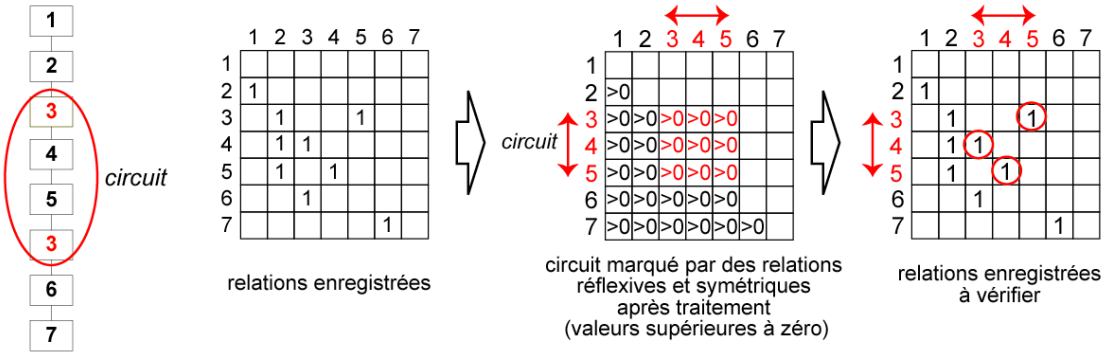
Soit *s* la valeur attribuée aux synchronismes et *ord* la valeur attribuée aux relations d'ordre sur la matrice codée avec les relations observées (avant traitement) ; et pour tout *i, j, k* appartenant à l'ensemble des US enregistrées :

- si $matrice(i,j) = s$; et si $matrice(j,k) = s$; et si $matrice(i,k) = ord$, alors *i, j, k* sont marquées comme affectées d'une faute logique.

Ce type de faute logique équivaut en fait à une relation d'ordre réflexive, de l'ensemble synchrone sur lui-même. Une fois les ensembles synchrones identifiés, les US maîtres *i* affectée d'une erreur logique se voit donc attribuer la relation réflexive $matrice(i,i) = ord$. Le traitement n'est pas interrompu à ce stade, afin de compléter la détection des fautes logiques lors du traitement des relations d'ordre.

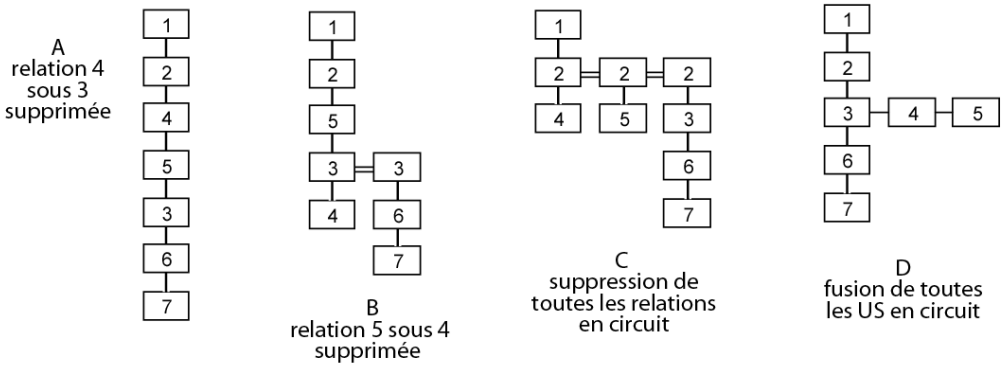
En effet, les fautes peuvent aussi résulter de contradictions entre relations d'antéro-postériorité uniquement. Par exemple les relations enregistrées US 3 sur US 4, US 4 sur US 5, et US 5 sur US 3 aboutissent à un circuit 3 sur 4 sur 5 sur 3, logiquement impossible. Dans ce cas, le traitement des relations d'ordre sur la matrice aboutit à ce que toutes les US *i* impliquées dans un circuit soient affectées d'une relation réflexive, telle que $matrice(i,i) <> 0$. L'apparition de valeurs différentes de 0

dans la diagonale de la matrice permet donc à ce stade d'identifier les circuits, de la même façon que les ensembles synchrones à l'étape précédente. Une règle d'arrêt est nécessaire car en cas de circuit, les distances stratigraphiques croissent indéfiniment. Après chaque itération de balayage de la matrice, la diagonale est à son tour balayée et le nombre de valeurs différentes de 0 (relations réflexives) compté. Si ce nombre est supérieur à zéro, et qu'il n'a pas augmenté depuis l'itération précédente, le traitement s'interrompt : c'est qu'il existe des US en circuit, et qu'elles ont toutes été détectées. Les unités et relations enregistrées sont alors à vérifier.



Ces fautes peuvent résulter de l'enregistrement direct d'une relation réflexive (US enregistrée antérieure ou postérieure à elle-même) ou symétrique (1 sur 2 et 2 sur 1) ; mais le plus fréquemment il s'agit de fautes indirectes, qui génèrent des circuits d'une longueur supérieure à deux arcs. Il n'est dans ce cas pas possible de localiser a priori la faute à l'intérieur du circuit ; en effet, si dans notre exemple, on supprime soit la relation 4 sous 3, soit la relation 5 sous 4, on rompt dans les deux cas le circuit pour retrouver un ordre logique, mais la première solution est incompatible avec la seconde. Il faut donc vérifier toutes les US et toutes les relations impliquées dans le circuit – d'où l'importance d'une détection d'erreur faite le plus tôt possible, quand il est encore temps de retourner sur le terrain. Notons qu'une cause classique de circuit est le doublon : même identifiant attribué deux fois, à deux US différentes.

si l'on décide de "couper" le circuit de l'exemple fautif ci-dessus en supprimant une seule relation du circuit, on peut obtenir plusieurs chronologies logiques, mais contradictoires : suivant que l'on supprime par exemple la relation 3 sous 4 (A) ou la relation 5 sous 4 (B), la position des US 3, 4 et 5 s'inverse ; les deux seules solutions fiables en l'absence d'autre information sont donc soit la suppression de toutes les relations du circuit (C) , soit la fusion de toutes les US du circuit (D)



Si on ne peut plus acquérir de certitude quant à la localisation de l'erreur, mais s'il existe des indices rendant une coupure dans le circuit plus probable qu'une autre, les relations impliquées dans le circuit et correspondant à cette solution plus probable peuvent être traitées comme des relations incertaines. En l'absence de toute indication, et en désespoir de cause, il n'existe que deux façons logiques de résoudre le problème en restant dans une chronologie fiable : soit éliminer toutes les

relations du circuit, soit considérer toutes les US du circuit comme un ensemble synchrone. Cette dernière solution correspond sur le fond à l'idée que mieux vaut un enregistrement imprécis qu'un enregistrement faux, avec pour conséquence pratique que si l'on est incapable de distinguer clairement une chronologie interne dans une partie de terrain donnée, il faut élargir la vision jusqu'à repérer les première interfaces postérieures et antérieures certaines, et considérer l'ensemble compris entre ces interfaces comme une seule US. Formellement, cela revient à appliquer localement une relation mathématique d'ordre large aux US observées, de sorte que :

- si US1 ≤ US2 et US2 ≤ US1, alors US1 = US2.

Cas impliquant l'incertitude stratigraphique : infirmation, infirmabilité, incertitude contradictoire

Du point de vue de la détection et du traitement des contradictions logiques dans l'enregistrement, l'introduction des relations incertaines amène plusieurs niveaux possibles de contradiction :

- cas de **contradiction**, traité ci-dessus impliquant uniquement des relations certaines ;
- cas **d'incertitude contradictoire** : circuit n'impliquant que des relations incertaines ;
- cas **d'infirmation** et **d'infirmabilité** : circuit mêlant des relations certaines et incertaines, de sorte qu'une (infirmation) ou plusieurs (infirmabilité) relations incertaines se trouvent contredites par une relation certaine ;

Dans tous les cas, le conflit génère un circuit qui se traduit par l'apparition de valeurs (positives ou négatives) dans la diagonale de la matrice. Cependant, dans les cas d'infirmabilité et d'incertitude contradictoire, le conflit n'est pas une faute logique à strictement parler, vu le statut incertain des relations en cause. Dans ce cas, à la différence des cas de contradiction, le traitement n'est pas stoppé ; après l'arrêt de la procédure de balayage de matrice une fois tous les circuits détectés, les relations incertaines impliquées dans le ou les circuits sont neutralisées (c'est à dire éliminées du codage de la matrice), et le traitement est automatiquement relancé sans ces relations. Ainsi un diagramme est tout de même obtenu (si il n'y a pas de cas de contradiction entre relations certaines), mais qui ne tient pas compte des relations incertaines en conflit. Celles-ci sont néanmoins signalées ; à charge pour l'utilisateur de les vérifier, de les corriger ou de les éliminer définitivement.

Contradictions de chronologie quantifiée

S'il apparaît, au terme des calculs de datation que pour une unité stratigraphique donnée, la date plancher déduite est plus récente que la date plafond déduite – ou, du point de vue opposé, que la date plafond est plus ancienne que la date plancher, alors il y a faute logique. En effet, il est évidemment impossible que la date avant laquelle une US n'a pu être formée soit plus récente que la date après laquelle cette même US n'a pu se former. Cette règle peut s'écrire, pour une US *i* :

- $Tpq(i) \leq Taq(i) \Rightarrow (Taq(i) - Tpq(i)) \geq 0$

La détection de ces fautes consiste à effectuer cette soustraction $Taq(i) - Tpq(i)$ pour chaque US ; si le résultat est négatif (faute logique de datation) les données chronométriques attribuées par le fouilleur, à l'origine de l'intervalle fautif, sont signalées. Le processus de détection doit aussi inclure le cas des ensembles synchrones, où les indicateurs chronométriques enregistrés à l'origine de la faute logique doivent être recherchés dans toutes les US appartenant à l'ensemble considéré.

Nous avons choisi, ici, de stopper le traitement et de passer la main à l'utilisateur pour traiter le problème, et ce dans tous les cas de figure, y compris si les éléments de datation impliqués n'ont pas un statut certain (TPQ ou TAQ « estimés »). En effet ces conflits de datation renvoient la plupart du temps à un débat entre sources de datations différentes (stratigraphie, typologie, datation

physico-chimique, etc.) ; c'est à dire à un débat entre chercheurs, qu'il est utile de poser, et éventuellement de résoudre dans le cadre d'une discussion scientifique interdisciplinaire[136].

Contradictions de mise en phases

Des contradictions peuvent affecter la mise en phase saisie par le fouilleur :

- il peut s'agir, au niveau de la stratigraphie, d'une contradiction entre l'ordre stratigraphique des unités (ici A et B) et l'ordre de succession des phases indiqué par l'utilisateur, comme dans le cas suivant :

- il peut aussi s'agir dans le cas ou des TPQ ou TAQ ont été spécifiquement affectés aux phases, de conflit de datation entre TPQ ou TAQ des US et TPQ ou TAQ des phases, ou interne aux seuls TPQ et TAQ de phases.

Formellement, ces cas se ramènent à ceux traités ci-dessus de circuits stratigraphiques, et de conflits de datation entre unités. Ils sont traités comme tels (avec arrêt du traitement dans tous les cas), et les phases et US impliquées sont signalées à l'utilisateur.

136 Exemple d'un tel débat scientifique, à propos des écarts de datation constatés concernant la fouille du temple de Tours (réalisée en 2002) : Seigne dir. 2007

4. Intégration dans un système d'information stratigraphique

Les procédures de traitement exposées au chapitre précédent peuvent prendre place dans une plus vaste formalisation : celle d'un système d'information archéologique. Le concept de « système d'information » (SI) est généralement lié à la définition de la structure des données et des processus de traitement mobilisés dans une activité donnée (le plus souvent en vue de son informatisation) ; mais il recouvre une grande diversité d'approches, de choix, et même de vocabulaires. Il faut donc d'abord préciser le sens que nous donnons ici à cette expression (4.1). Les systèmes d'information archéologique (SIA) appliqués à la production archéologique de terrain se sont beaucoup développés depuis quelques années, en particulier dans la prise en compte de l'information spatiale ; mais, comme on l'a vu (*cf.* 1.3.6), ils n'intègrent que de façon encore très limitée le traitement des données stratigraphiques. Nous proposons ici d'insérer la notion de système d'information stratigraphique au sein de celle de système d'information archéologique ; ce qui correspond pratiquement à la mise en relation du traitement stratigraphique avec les autres fonctionnalités de gestion et d'exploitation des données assurées par un SIA (4.2).

4.1. Quelques notions choisies de système d'information

La notion de système d'information (SI) correspond à une vision à la fois large et analytique de l'organisation et du traitement des données liés à une activité de gestion ou de recherche : on peut définir un SI comme « *un ensemble d'objets structurés, évoluant dans un environnement en vue d'un objectif* » (Boudjlida 2002), ou de façon plus générale, comme l'ensemble des données, des traitements, et des acteurs mobilisés dans une activité donnée (par exemple la conduite d'une opération archéologique de terrain). Historiquement, c'est le développement de l'informatique qui a suscité, depuis les années 1970, celui des méthodes de conception des SI ; de sorte qu'aujourd'hui, l'expression « système d'information » désigne fréquemment, mais improprement, les seuls outils matériels et logiciels mis en œuvre pour l'informatisation du système.

Le point de vue ici défendu est que la conception d'un SI et l'analyse de l'information qu'elle suppose sont indépendantes des techniques, langages, produits (et effets de mode) informatiques. En revanche, elles impliquent une opération éminemment méthodologique d'analyse des concepts et objets mobilisés dans une activité, qui doit intervenir en amont de toute question technique d'informatisation, et qui concerne au premier chef les praticiens de cette activité[137]. Nous croyons par conséquent possible et

137 Point de vue affirmé pour l'archéologie depuis déjà plusieurs années, voire plusieurs décennies, par François Djindjian notamment (« *The development of computer applications in archaeology involves a complex trend in order to define, before undertaking any implementation, a conceptual framework of computable functions, archaeological objects and data models. This conceptual framework allows the definition of a global information system,*

préférable d'aborder la conception d'un système d'information en évitant tout jargon informatique (et en contenant les références spécifiquement informatiques à des notes infra-paginales) ; gageure que nous allons tenter de tenir en prenant la double voie d'une analyse systémique classique : celle de l'analyse statique du système d'information – c'est à dire de la structure des données, en termes simples de champs, tables, relations et modèles (4.1.1), et celle de son analyse dynamique, c'est à dire des traitements et processus (4.1.2).

4.1.1. Conception statique du système : structuration de l'information et modèles de données

Un choix : une approche pragmatique des systèmes d'information

Il existe de nombreuses méthodes de modélisation de la structure des données d'un SI (système d'information), élaborées depuis les années 1970 en vue de faciliter l'informatisation de ces systèmes. Elles reposent, au départ, sur des travaux de chercheurs en mathématiques appliquées à l'informatique, au premier rang desquels se situent Edgar Codd (1924-2003), auteur du modèle relationnel (Codd 1970) et Peter Pin-Shan Chen, auteur du modèle Entités-Relations (Chen 1976), présentés plus loin. Ces travaux ont donné lieu à une première génération de méthodes de conception de systèmes d'information[138], auxquelles ont succédé d'autres propositions intégrant les progrès de l'ingénierie informatique, et en dernier lieu ceux de la diffusion de l'information sur le Web[139].

De cette succession d'approches de conception de systèmes d'information, on aurait pu attendre une avancée et une clarification globales dans ce domaine. Malheureusement, quels que soient par ailleurs leurs apports, l'entassement de ces méthodes qui s'ignorent les unes les autres (chaque nouvelle arrivante prétendant être universelle et remplacer tout ce qui existait précédemment) a conduit à réinventer périodiquement les mêmes concepts d'analyse de l'information et de structuration des données, masqués sous des termes différents. De plus, une certaine confusion entre les niveaux conceptuel et technique, nourrie par la tendance des éditeurs de logiciels utilisés pour les SI (bases de données, SIG...) à créer chacun son propre lexique, est parfois entretenue par les professionnels soucieux de vendre produits et prestations techniques ; à quoi s'ajoutent des effets de mode, qui affectent l'informatique comme d'autres domaines. Il en résulte aujourd'hui un paysage marqué par un vocabulaire foisonnant, d'une complexité décourageante pour l'archéologue (et plus généralement pour l'utilisateur), légitimement soucieux de comprendre les principes de base de conception de SI afin de contrôler la formalisation de ses propres outils et pratiques[140].

De ce point de vue d'archéologue utilisateur qui est le nôtre, nous avons choisi, ici, de passer outre cette complexité (qui à notre sens est beaucoup plus apparente, commerciale et technique que

well adapted to the various archaeological problems. After that definition, it is easier to develop a long-term and evolving software architecture, integrating the best packages of the market. » - Djindjian 1993) ; mais ce point de vue reste aujourd'hui encore, de fait, peu partagé.

138 Parmi lesquelles en France la méthode MERISE mise au point en 1979 sous l'égide du ministère de l'Industrie (Dionisi 1998). Comme méthode relationnelle de modélisation des données, citons aussi HBDS (Hypergraph Based Data Structure), proposée par François Bouillé en 1977, et qui a connu une seconde jeunesse avec l'arrivée des systèmes d'information géographique, car très utilisée par les géographes et géomaticiens français (Galinié, Rodier, Saligny 2004 ; Pelle 2001).

139 telles l'approche « orientée- objet » qui inspire notamment la méthode UML (*Unified Modeling Language* : norme issue en 1997 de la fusion de plusieurs méthodes précédentes et promue par le consortium international (principalement américain) OMG – *Object Management Group* : www.omg.org) (Gabay 2004) ; ou les approches actuelles « d'urbanisation » et de « *knowledge management* » – cette dernière lié aux techniques du Web et de la norme de définition de langages documentaires XML (eXtensive Markup Language).

140 Des stratégies de défense de la part des utilisateurs sont néanmoins possibles ; en premier lieu et à titre de récréation, nous proposons ici de contribuer à l'inflation lexicale de l'informatique, mais cette fois du côté de l'utilisateur, en introduisant la notion de JICI. Une JICI (Jargonnerie d'Informaticien Cuistre et Inculte) est une expression prétentieuse et utilisée à contresens, pour qualifier un concept que l'on prétend inventer mais qui souvent existe déjà. En matière de conception de systèmes d'information, l'emploi du terme « ontologie », malheureusement à la mode pour désigner la représentation d'un système de concepts propres à une activité professionnelle, nous paraît en bonne position pour le prix de la pire JICI (quels que soient par ailleurs les mérites de l'approche de *knowledge management* d'où cet affreux exemple de jargon est issu).

fondamentale et conceptuelle), et de ne pas nous astreindre à suivre précisément le vocabulaire et les conventions de l'une ou l'autre méthode de conception. Nous nous limiterons ici aux notions de structuration de l'information indispensables à notre propos. Les éléments qui suivent s'inscrivent cependant plutôt dans l'approche relationnelle classique, suivant les principes posés par Edgard Codd (1970). Cette approche est ici privilégiée, en raison d'avantages à nos yeux déterminants : elle est d'abord totalement extérieure à l'informatique et à ses techniques (ses fondements sont purement mathématiques, basés sur les notions de relation, d'ensemble, et de produit cartésien) ; elle est ensuite d'une simplicité conceptuelle radicale : le seul concept nécessaire est celui de tableau, avec ses lignes et ses colonnes ; enfin elle induit une distinction nette entre structuration des données et traitements opérés sur ces données (ce qui n'est pas nécessairement un avantage d'un point de vue technique – d'autres approches plus récentes tendent d'ailleurs à associer les deux ; mais ce qui permet ici une plus grande clarté).

Structuration de base : tables et champs

Pratiquement, lorsque un SI est informatisé (il ne l'est pas nécessairement), il comprend une base de données. La façon la plus simple de concevoir la structure de cette base de données (ou du système de fichiers et registres manuels à mettre en place si le SI n'est pas informatisé) est de l'envisager comme une collection de tableaux.

Chaque tableau est consacré à une série d'objets de même nature, c'est à dire que l'on peut décrire de la même façon (« objet » est ici pris au sens large : sites, couches, objets mobiliers, etc). Chaque ligne du tableau recense un objet enregistré. Les colonnes du tableau correspondent aux champs descriptifs applicables à ces objets ; par exemple, dans un tableau d'objets mobiliers archéologiques, ces champs pourront préciser le matériau, la fonction, des dimensions, la couche de provenance, l'identification typologique et la datation, etc.. Les cases du tableau contiennent l'information proprement dite, pour chaque champ et chaque objet. La nature de cette information doit être précisée : elle peut être textuelle, numérique, mais aussi consister en image ou en son, ou en une localisation spatiale (permettant la visualisation de l'objet dans une représentations spatiale numérique dans le cas de systèmes d'information géographique informatisés).

S'agissant de bases de données informatiques, le terme « table » est généralement accepté pour désigner un tableau de données tel que décrit ci-dessus, ainsi que les termes « champ » ou « attributs » pour en désigner les colonnes. Quant aux éléments décrits, c'est à dire les lignes de la table, le terme « objet » est évité (car il a d'autres sens en informatique) on parle plus communément « d'enregistrement »[141]. La présentation la plus courante est celle de formulaires consultables à l'écran, à raison d'un par objet enregistré ; de même une table peut exister physiquement sous forme de fichier manuel, chaque enregistrement correspondant à une fiche, et chaque champ à une rubrique de la fiche. Mais l'information peut être ramenée à une structure de tableau, chaque ligne correspondant à une fiche ou un formulaire, chaque colonne à une rubrique.

À la base de tout système d'information, et de toute formalisation de traitement de données, on retrouve cette distinction entre objets (éléments listés) et information structurée en champs caractérisant ces objets, dont le croisement constitue les tables documentaires ou les tableaux de données à traiter. Cette dichotomie fondamentale a été, pour l'archéologie, commentée notamment par David Clarke (1968), Jean-Claude Gardin (1979) et François Djindjian (1991 ; 1993).

Retenons à la suite de ces auteurs une autre distinction fondamentale, entre information intrinsèque et information extrinsèque. Pour reprendre l'exemple d'une table de mobiliers archéologiques, les champs servant à indiquer matériau, fonction, dimensions… relèvent de l'information intrinsèque à l'objet, c'est à dire d'observations effectuées sur l'objet lui-même, sans référence à des données

141 Les termes cités ici sont plus précisément liés aux bases de données relationnelles et au langage *SQL* (voir plus loin).

extérieures ; en revanche, le champ indiquant la couche de provenance est une information d'ordre extrinsèque à l'objet, relative à son contexte.

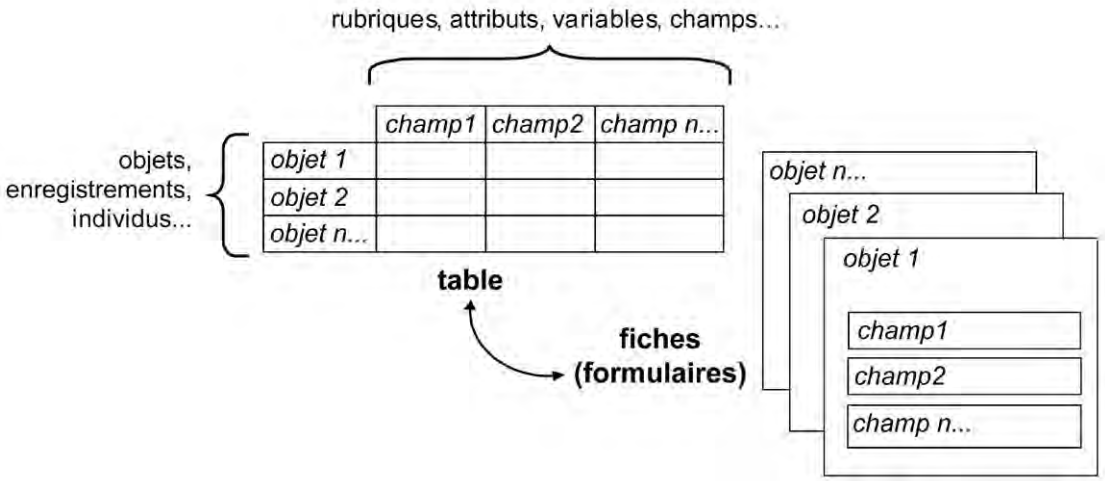


fig. 41: information structurée en table

Requêtes et langage documentaire

Définir une table revient à définir un niveau de données à traiter, et à choisir, décomposée sous forme de champs, l'information pertinente à ce niveau. Cette définition n'a rien de spontané ou d'évident, c'est un choix qui oblige à expliciter et clarifier les catégories d'objets et d'information avec lesquelles on travaille. Ce choix – premier élément faisant de la conception d'un SI une réflexion méthodologique (ici de nature archéologique) – détermine l'efficacité de la base de données.

En effet, celle-ci dépend des possibilités de requête (recherche et sélection d'enregistrements), donc de la bonne définition des champs sur lesquels on souhaite effectuer ces requêtes[142].

Depuis quelques années, la puissance des moteurs de recherche informatiques a fait de la recherche « plein texte » le mode d'interrogation documentaire le plus répandu (en particulier sur Internet avec le célébrissime Google). Très pratique et intuitif, ce mode de recherche a une limite : le risque de « silence » ; c'est à dire les éléments qualifiés par un synonyme, un mot voisin, mais pas tout à fait semblable au critère de recherche ; et qui de ce fait échappent à la recherche (alors que ces éléments appartiennent au fond au domaine cherché). Lorsque ce risque de silence est considéré comme trop pénalisant et doit être éliminé (dans le cas de la gestion des stocks d'une entreprise, ou d'un dépôt de fouille par exemple), la recherche « plein texte » ne convient plus ; il faut procéder à des recherches indexées, au moyen de mots clé, c'est à dire d'un vocabulaire préalablement normalisé. Ce type de recherche, (antérieur à l'informatisation, et auparavant mis en œuvre à l'aide de fichiers mécanographiques par exemple), se traduit sur les logiciels de base de données par des champs spécifiques, dont la saisie n'est pas libre mais doit se faire par liste déroulante ou cases à cocher.

Le vocabulaire normalisé utilisé dans ces champs doit être défini en fonction d'objectifs documentaires explicites et spécifiques. Ce vocabulaire propre à une base de donnée, permettant des requêtes précises, est fréquemment appelé «thésaurus» ; il correspond à la notion de «langage

142 Rappelons que les logiciels de bases de données permettent des requêtes combinées, à l'intérieur d'un champ et sur plusieurs champs, à l'aide opérateurs dits booléens (le «et», le «ou» ainsi que d'autres opérateurs qui en sont dérivés) et de règles de logique (algèbre booléenne) définis par le logicien et mathématicien anglais George Boole (1815–1864). Ces travaux (ainsi que ceux d'Edgar Codd) sont à la base d'un langage informatique spécifique, dédié à l'interrogation et à la manipulation des bases de données, et reconnu par la plupart d'entre elles : le SQL (*Structured Query Language*, langage structuré de requêtes).

documentaire» définie par Jean-Claude Gardin (1979). Les catégories définies d'unités stratigraphiques (du point de vue de leur processus de formation, de leur interprétation historique et culturelle, de la valeur contextuelle de l'ensemble mobilier, etc.) évoquées plus haut (*cf.* 2.1.) sont ainsi potentiellement constitutives d'un langage documentaire de ce type.

Relations de un à plusieurs

L'information que l'on souhaite exploiter peut se réduire à une seule table (un répertoire téléphonique par exemple). Mais fréquemment, cette information prend une forme plus complexe. Si l'on revient à l'exemple d'une table des mobiliers archéologiques, on retrouve, outre des champs d'information intrinsèque, un champ d'information extrinsèque : l'indication de la couche de provenance (numéro d'unité stratigraphique par exemple). Il est évident pour tout archéologue que cette information extrinsèque est essentielle, et qu'il est utile de la développer : connaître, concernant cet objet mobilier, par exemple l'interprétation archéologique de sa couche de provenance (habitat ? sépulture ?...), ses caractères contextuels (s'agit-il d'un ensemble clos ?), etc.

Pour cela, ajouter à cette unique table des mobiliers des informations sur la couche de provenance, sous forme de champs supplémentaires, n'est pas une bonne solution. En effet, lorsque plusieurs objets recensés dans la table des mobiliers font référence à la même couche – car une couche peut contenir plusieurs objets mobiliers – l'information contenue dans les champs descriptifs de la couche doit alors être répétée sur plusieurs lignes de la table des mobiliers. D'où un alourdissement considérable de la saisie et de la mise à jour des informations sur les couches, avec des risques accrus d'erreurs ; mais surtout, rester sur une seule table pour stocker l'information relative aux US et au mobilier entraîne des anomalies de gestion de l'information ; par exemple l'obligation de créer des mobiliers fictifs pour pouvoir saisir les informations relatives aux couches sans mobiliers.

identifiant mobilier	nature mobilier	identifiantUS	interprétation US	decription US
objet 1	céramique	US 2	occupation	dépotoir
objet 2	céramique	US 2	occupation	dépotoir
objet 3	monnaie	US 2	occupation	dépotoir
objet 4	céramique	US 1	construction	remblai
		US 3	construction	mur

information identique répétée sur plusieurs lignes

identifiant mobilier vide et champ sans objet (US dépourvue de mobiliers)

fig. 42: catégories d'enregistrements différentes (US et mobilier) mélangées dans une table unique

La solution consiste à respecter le principe de la formalisation de l'information en autant de tables qu'il y a de catégories d'objets mobilisées dans le SI : c'est-à-dire, ici, à créer deux tables correspondant aux deux catégories d'information différentes que sont les unités stratigraphiques et les mobiliers, avec chacune ses champs descriptifs propres ; puis à établir un lien entre ces tables.

Ce lien est d'une nature simple : il s'agit d'une correspondance entre codes d'identification. Le cas qui vient d'être décrit est celui d'une relation de type «1 à plusieurs» : une table A (ici les mobiliers) se réfère à une table B (ici les couches) de sorte qu'un objet de B peut être en relation avec plusieurs objets de A (une couche peut contenir plusieurs mobiliers), mais que tout objet A appartient à un objet B au plus (on admet ici qu'un mobilier ne peut provenir que d'une seule couche). Dans ce cas, la table B (côté «1» de la relation, ici la table des couches) doit être munie d'un champ d'identifiants, sans doublons ni vides (c'est à dire de sorte que jamais deux objets de la table n'auront le même identifiant et que chaque objet sera muni d'un identifiant) ; ici, ce pourrait être le champ «numéro de couche». La table A (côté «plusieurs», ici la table des mobiliers) doit comporter un champ de référence, dans lequel est indiqué l'identifiant de la couche à laquelle appartient ce mobilier. Ce champ de référence peut bien sûr, lui, comporter des doublons, quand plusieurs mobiliers se

référent à la même couche[143].

La nécessité de scinder une table en deux ou plusieurs tables liées se repère pratiquement par la présence d'information répétée sur plusieurs lignes, affectant plusieurs champs[144]. C'est par ailleurs une possibilité à envisager dès qu'une table contient de l'information extrinsèque (information extrinsèque dont on peut maintenant préciser la définition, comme indication de référence de l'objet considéré à une autre classe d'objets : mobiliers contenus dans des couches, couches appartenant à des structures, etc.).

Si l'on crée ainsi deux fichiers manuels (US et mobilier)[145], la consultation de la fiche d'un objet mobilier donne ainsi l'identifiant de l'US de provenance (rubrique « référence US »), ce qui permet de se reporter aisément à cette fiche dans le fichier des US (pourvu que celui-ci soit trié dans l'ordre des identifiants d'US). Dans le sens inverse, depuis la fiche d'US, noter le code de cette US permet de chercher les fiches correspondantes d'objets, toujours grâce à la référence à l'US qu'elles comportent.

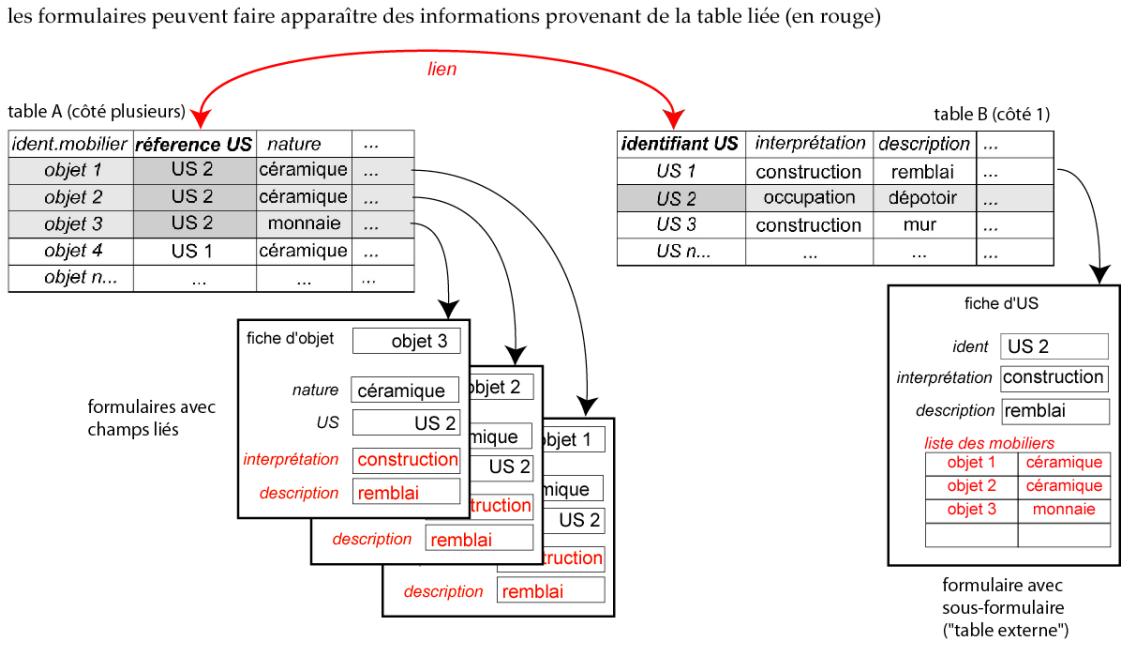


fig. 43: relation 1 à plusieurs

Ce parcours, que devait faire l'utilisateur humain de fichiers manuels en relation, est effectué automatiquement par les logiciels spécialisés, dits SGBDR (systèmes de gestion de bases de données relationnelles)[146]. Ceux ci stockent les tables de données, et gèrent les liens entre tables (liens déclarés par le développeur de l'application) en vérifiant la correspondance des champs désignés comme clés primaires et étrangères. Pratiquement, lorsque le contenu de ces deux champs est identique, ce lien permet, pour un enregistrement de la table des mobiliers, d'afficher les champs

143 L'identifiant côté « 1 » de la relation (sans doublons ni vides) est dit « clé primaire » (*primary key*) ; le champ de référence côté « plusieurs » de la relation, est dit « clé étrangère » (*foreign key*)

144 L'élimination de ces anomalies et l'optimisation de la répartition des données en tables a été formalisée par Codd (et plusieurs chercheurs après lui) en édictant des « formes normales » de l'information.

145 De préférence à l'aide de fiches bristol in octavo, calligraphiées à la plume (la machine à écrire, c'est laid).

146 Les deux produits pour micro-ordinateurs actuellement les plus répandus sont *Filemaker* et *Microsoft Access*. (mentionnons aussi *4e Dimension* qui fut longtemps le seul SGBD réellement relationnel disponible sur *Macintosh*). Par ailleurs il existe des gros SGBDR destinés aux serveurs de bases de données (*Oracle*, *Sybase*, *SQLServer,* et plus récemment *MySQL* qui est actuellement le principal produit utilisé pour les bases de données distantes consultables sur Internet). Une des caractéristiques de ces gros SGBDR (outre leur capacités quantitativement très importantes), est qu'ils sont centrés sur la gestion des tables proprement dites, l'interface utilisateur (formulaires, écrans, etc.) étant assurée par d'autres programmes. Là encore, le vocabulaire pour désigner les liaisons entre tables est divers : lien, relation, association, jointure... (avec des nuances de sens qui dépendent notamment de l'étape où l'on se situe dans la réalisation du SI informatisé, de la pure conception à la programmation)

descriptifs de la couche correspondante, comme si ces champs faisaient partie de la table des mobiliers. Inversement, depuis la table côté 1 de la relation, il est possible sur le formulaire d'une couche d'afficher la liste des mobiliers correspondants[147]. Outre l'affichage de champs provenant de la table liée, les SGBDR (et leurs interfaces d'utilisation) permettent d'exploiter ces liens de plusieurs façons : création de boutons pour passer directement d'un enregistrement à un enregistrement correspondant sur une table liée, autorisant ainsi une navigation «hypertable» dans le système d'information ; possibilité de créer directement un enregistrement lié dans la table côté plusieurs, depuis un enregistrement de la table côté 1, avec saisie automatique du champ «référence» ; requêtes multiples sur tables liées...

Relations plusieurs à plusieurs

La relation entre deux entités peut être plus complexe, de type «plusieurs à plusieurs». Exemple classique : la relation entre la table des livres et celle des auteurs d'une base de données bibliographique ; un auteur peut écrire plusieurs livres, et un livre peut avoir plusieurs auteurs. Dans ce cas, outre les tables A et B que l'on souhaite relier et qui doivent être chacune munie d'un champ d'identifiant, une troisième table est nécessaire pour lister toutes les combinaisons créées par la relation plusieurs à plusieurs[148]. Cette table de liaison comprend deux champs de références (clés étrangères), renvoyant l'un au champ d'identifiants de la table A, l'autre au champ d'identifiants de la table B. La relation « plusieurs à plusieurs » est ainsi décomposée en deux relations « 1 à plusieurs » et une table, chaque association entre un objet de la table A et un objet de la table B étant enregistrée dans cette table de liaison sous forme du couple des identifiants des deux objets.

Dans l'exemple des tables de couches et de mobiliers archéologiques, il est ainsi possible de créer une relation «plusieurs à plusieurs» avec une table de liaison pour gérer par exemple les cas de remontage inter-contextes (objet reconstitués à partir de fragments provenant de couches différentes). Pratiquement, dans une base de données informatique, pour chaque objet de la table A comme de la table B, un formulaire peut comporter un sous-formulaire montrant la liste des objets correspondants avec leurs champs descriptifs : la liste affichée est en fait l'extrait correspondant de la table de liaison, par laquelle transitent les champs descriptifs.

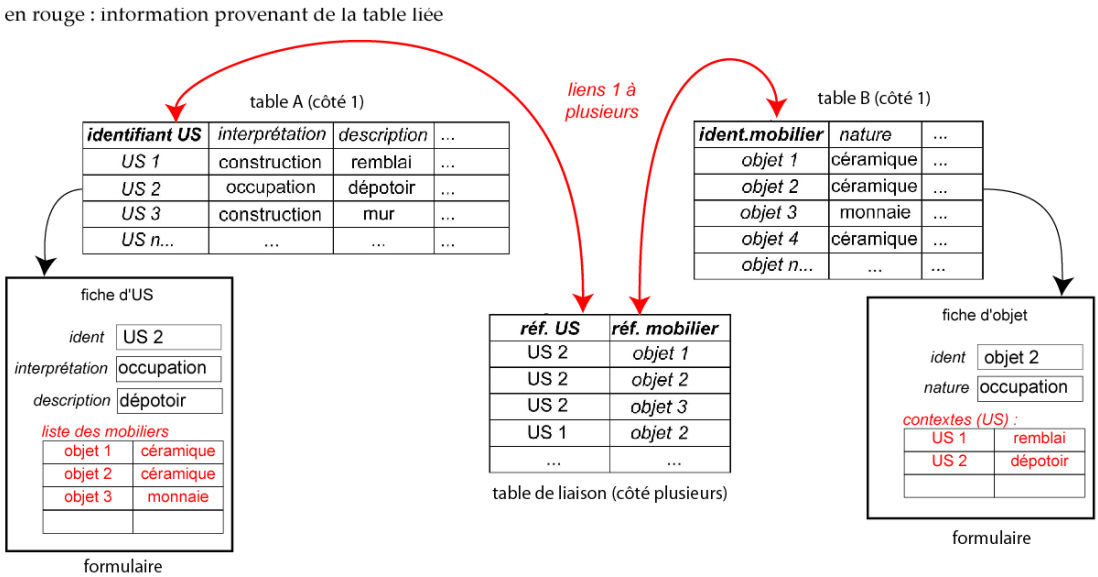


fig. 44: relation plusieurs à plusieurs (US et mobilier)

147 Fonction dite de «table externe» sous Filemaker, de «sous-formulaire» sous Access.

148 Cette troisième table est nécessaire car le nombre d'associations possibles entre les enregistrements de A et les enregistrements de B excède le nombre d'enregistrement de l'une ou l'autre des deux tables A et B. La table des relations est en effet un sous-ensemble du produit cartésien de l'ensemble des enregistrements de la table A et de l'ensemble des enregistrements de la table B.

Une table de liaison, qui matérialise une relation et non une catégorie d'objets, peut néanmoins comprendre des champs autres que les clés étrangères renvoyant aux tables principales liées ; ces autres champs éventuels permettent de préciser des modalités de cette relation ; dans l'exemple de la bibliographie, on peut ainsi préciser, par un champ descriptif ajouté dans la table de liaison, le type de participation d'un auteur à un livre : par exemple auteur ou co-auteur, directeur de l'ouvrage, collaborateur, préfacier, illustrateur, etc.

Le stockage des occurrences d'une relation « plusieurs à plusieurs » dans une table spécifique, due à Edgar Codd, a pour intérêt d'assurer l'indépendance totale d'une structure de données à gérer par rapport aux outils informatiques (éventuellement) employés : les liens entre données sont contenus dans les données elle mêmes (stockées sous forme tabulaire), au lieu d'être assurés par la programmation informatique (sous forme de « pointeurs » par exemple). De sorte que l'édition brute des tables respectant les formes normales (sur papier, ou sur fichiers numériques aptes à enregistrer des tableaux, un classeur *Excel* par exemple) constitue une sauvegarde complète de l'information, sans qu'il soit besoin d'y joindre la moindre ligne de code ou instruction de langage informatique pour lire, conserver, réutiliser et exploiter cette information. La forme en tables, lignes et colonnes (si elle est bien pensée) suffit donc à conserver l'information, sa structuration, et les possibilités de traitement que permet celle-ci.

Modèles de données

Les deux tables de couches et de mobiliers archéologiques liées par une table intermédiaire de l'exemple pris ci-dessus constituent déjà un modèle de données, noyau d'un éventuel SI d'enregistrement. Suivant les différentes méthodes (*Merise*, *UML*…) la formalisation du modèle de données varie ; plusieurs types de modèle, correspondant à des étapes successives de conception, sont en général distingués.

Il faut mentionner une distinction principale en deux grandes étapes successives de conception : celle entre le modèle conceptuel de données (MCD) en amont, et le modèle logique / physique de données (MLD) en aval. Cette distinction a été proposée par un rapport d'un groupe d'étude de l'ANSI[149] en 1975 (Boudjlida 2002) et reprise par la plupart des méthodes de conception. Dans la méthode française *Merise* en particulier, l'étape de définition complète des champs et tables, correspondant au modèle relationnel de Codd, se situe au niveau du MLD (modèle logique de données). L'étape du MCD (modèle conceptuel de données), en amont, s'appuie sur une schématisation de l'information issue du modèle « entités-relations » proposé par Peter Chen (1976). Ce modèle utilise non plus la seule structure tabulaire, mais deux structures : « l'entité », ou catégorie d'information caractérisée par des attributs, correspondant à une table documentaire dans le modèle relationnel, et la relation (ou association), correspondant soit au couple clé-primaire / clé étrangère dans le cas d'une relation un à plusieurs, soit à la table de lien dans le cas d'une relation plusieurs à plusieurs. Le modèle entités-relations permet d'économiser la décomposition tabulaire complète dans les premières étapes de la conception, et surtout permet d'attirer l'attention sur la définition et la qualification des relations. On doit préciser les éventuels attributs de celles-ci, et leurs cardinalités (c'est-à-dire la capacité de la relation à relier aucun, un seul ou plusieurs objets dans chacune des entités liées) ; à travers cette notion de cardinalité, on retrouve, plus précisément définies, les relations « un à plusieurs » et « plusieurs à plusieurs » . En France, le modèle entités-relations n'est plus très à la mode sous sa forme de MCD *Merise*, mais rajeuni par quelques changements de vocabulaire (les « entités » devenant des « classes » et les « attributs » des « propriétés »), il reste utilisé par les approches plus récentes « orientées-objet » (il correspond au « diagramme de classes » de la méthode *UML*).

149 *American National Standards Institute* : organisme de normalisation, équivalent aux Etats-Unis de l'AFNOR en France http://www.ansi.org/

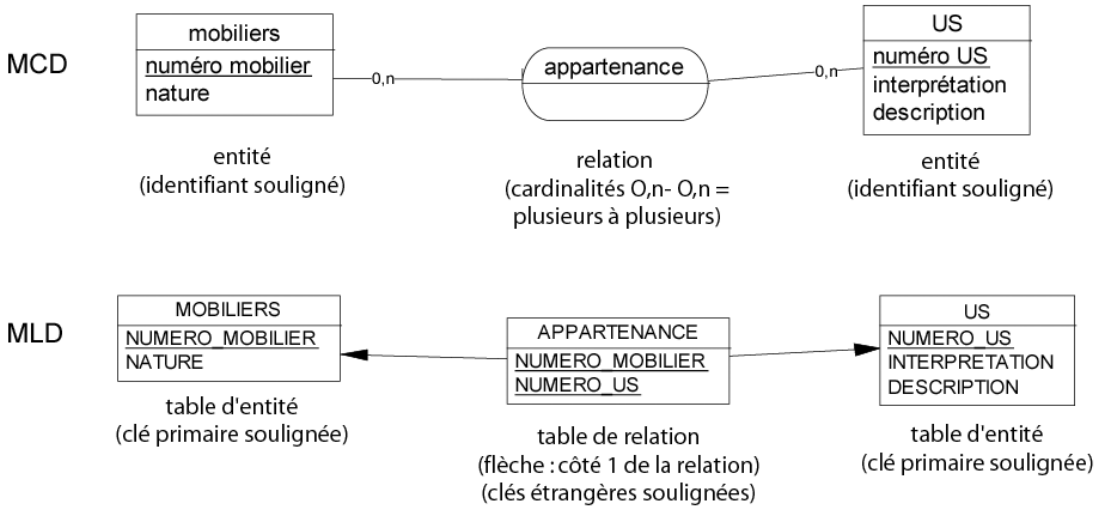


fig. 45: relation plusieurs à plusieurs US et mobilier : modèles conceptuel (MCD) et logique (MLD) de données (représentation méthode Merise)

On peut retenir de cette distinction modèle conceptuel / modèle logique, une première étape d'analyse générale de la structure de l'information, et une deuxième étape de cartographie précise des tables, champs et relations (y compris les tables de liens et l'indication des champs de clé primaire et étrangère) qui doivent être créées sur un SGBDR. Ce modèle relationnel précis sert ainsi de plan d'exécution et de maintenance de la base[150]. Quelles que soient les conventions de représentation adoptées, l'utilité de ce document pour le développeur ou l'administrateur d'une base de données relationnelle est comparable à celle d'un schéma d'installation électrique pour un électricien ; c'est-à-dire qu'il est indispensable.

Il faut insister à nouveau sur le fait qu'un modèle de données est indépendant (au moins au stade du MCD) du support informatique (logiciel ou matériel). Il se situe au niveau méthodologique de l'analyse de l'information, et non au niveau technique des spécificités et contraintes de tel ou tel logiciel. Le modèle logique de données peut à la limite ne pas être informatisé, et être employé comme outil d'analyse de l'information, pour éliminer les redondances et améliorer l'efficacité d'un système documentaire traditionnel constitué de fichiers et registres sur papier. C'est la réflexion sur les niveaux d'information mobilisés et leurs relations, dont rend compte le modèle de données, qui fonde l'efficacité d'un système d'information, et non l'informatisation en soi.

L'extension à l'information de nature spatiale : les systèmes d'information géographiques

Au sein de la notion de système d'information, une mention particulière doit être faite des SIG (systèmes d'information géographique). Ces derniers, qui se sont beaucoup développés depuis quelques années, représentent l'extension d'un système d'information à la gestion des données spatiales. Leur caractéristique est de gérer des objets non seulement décrits par des champs d'information (partie dite « attributaire » du SIG), mais aussi géoréférencés, c'est à dire localisés dans un système de coordonnées permettant de les intégrer à une représentation spatiale (lorsque le SIG est informatisé, cette représentation est numérique, de type « raster » ou vectorielle[151]). Le système donne ainsi lieu non plus à des cartes et plans statiques mais à des représentations spatiales

150 Des logiciels spécifiques permettent, en dessinant le MCD puis le MLD, d'en vérifier la cohérence logique et de générer directement la base de données correspondante à l'aide d'instructions SQL

151 Une représentation « raster » (en français : image matricielle) est une image du type de celles produites par un scanneur ou un appareil photo numérique, composée d'une mosaïque régulière dont chaque cellule carrée de base (ou pixel) correspond à une valeur de couleur ou de noir et blanc, codée numériquement ; les représentations de type vectoriel, utilisées par les logiciels de dessin, sont elles composées d'objets graphiques définie par des coordonnées, des fonctions géométriques, et des attributs codés (couleur, épaisseur de trait, etc.) de sorte que l'image elle-même du dessin n'est pas conservée, mais recalculée pour chaque impression ou visualisation.

dynamiques, modifiables en fonction de requêtes et traitements.

Dans le domaine de l'archéologie, les SIG sont fréquemment mis en œuvre à une échelle régionale d'analyse inter-sites, mais le principe du SIG est applicable à toute représentation spatiale, y compris à l'échelle plus fine intra-site, pour des relevés d'unités stratigraphiques ; en effet celles-ci sont, on l'a vu (*cf.* 2.1.6), des entités spatiale géoréférencées auxquelles on peut attacher une information de nature attributaire (interprétation, datation, etc.). Cependant, pour être optimale, la représentation spatiale des unités stratigraphiques doit être tridimensionnelle, en volumes ; c'est à dire, dans un modèle numérique, en polyèdres et « voxels » (pixels-cubes), et non plus en polygones et pixels.

Pour de tels développements (évoqués plus haut – cf. 1.3.6 et 2.1.6), l'informatique est indispensable. Mais pour des représentations spatiales à deux dimensions, il est bon de rappeler que, à l'instar d'un système d'information en général, un SIG n'est pas nécessairement informatisé. Ainsi la série des DEPAVF (Documents d'Evaluation du Patrimoine Archéologique des Villes de France) éditée par le Centre National d'Archéologie Urbaine constitue un SIG « papier », dont la structuration de l'information, y compris spatiale, relève d'un modèle de données relationnel (Boissavit-Camus *et al.* 2004). De même, concernant l'enregistrement de terrain, le système formé par les fiches d'US et les *single context plans* a, on l'a dit, toutes les caractéristiques d'un SIG non informatisé. Là encore, c'est la réflexion sur l'articulation entre l'information spatiale et l'information attributaire qui doit primer dans la conception, et non l'outil informatique.

4.1.2. Conception dynamique du système : modélisation des traitements et processus

L'analyse des processus : le fonctionnement du système d'information

La structure des données, incluant les relations entre ces données, n'est que l'une des deux dimensions de la conception d'un système d'information. La notion de système d'information inclut aussi, en effet, la définition des traitements effectués sur ces données. Ceux-ci renvoient aux acteurs et aux processus de travail : qui fait quoi, à quel moment ?

Tout comme la structure des données, il est possible de modéliser ces processus, ce que l'on pourrait appeler les « chaînes opératoires » qui vont s'exercer sur ces données[152]. Sur le fond, il s'agit de diviser les processus de traitement (ou « *workflows* ») en étapes élémentaires représentant une action ou un ensemble d'actions défini, opéré par un agent défini et portant sur des données elles mêmes définies. Chaque étape peut requérir la mise à disposition de certaines données, et /ou l'achèvement d'une étape précédente ; et peut donner lieu à une étape suivante, ou à un choix (explicite) entre plusieurs étapes suivantes possibles. L'échelle de cette analyse peut être variable : lorsque l'étape élémentaire correspond à une opération arithmétique ou logique de base (une addition par exemple), automatisable, le processus est un algorithme ; à une échelle plus large d'analyse de processus, les étapes élémentaires peuvent correspondre à des tâches ou ensembles de tâches (automatisées ou non), à l'exemple des graphes de processus de production PERT ou MPM cités dans le chapitre précédent.

En pratique, cette analyse de processus fait l'objet d'un certain nombre d'outils. Le plus connu et l'un des plus ancien est sans doute la représentation sous forme d'organigramme (ou « ordinogramme »), définie par la norme ISO 5807, en principe destinée aux algorithmes

152 Il faut ainsi noter que le modèle relationnel de Codd, qui simplifie la structuration des données de façon optimale (en une collection de tables, voir plus haut), est limitée à l'analyse statique du système. Les méthodes de conception traditionnelles (MERISE par exemple) séparent l'aspect statique (la modélisation des données) de l'aspect dynamique (la modélisation des processus). C'est aussi, pour plus de clarté, le cas de notre courte présentation. Les approches dites « orientées objet », visant à ne pas séparer analyse statique et dynamique, considérent simultanément les deux aspects au niveau de chaque élément du système ; un type d'objet (ou « classe ») est donc caractérisé par des propriétés statiques (des champs descriptifs), mais aussi par des « méthodes », c'est à dire des éléments de traitement et de processus attachés à cet objet ; c'est le cas de la méthode de conception (ou plutôt de l'ensemble de techniques) *UML*.

programmables, mais qui inspire plus largement les graphes de processus des méthodes de conception de SI. La symbolisation utilisée (rectangle d'étape de traitement, losange d'étape de décision, flèche de flux..) est devenue très courante, et fait d'ailleurs partie des symboles graphiques standard dans les outils de dessin accompagnant les principaux logiciels bureautiques (*Excel*, *Word*, *OpenOffice*...).

Ce type d'analyse de processus est encore peu répandu au sein des organismes archéologiques français, que ce soit concernant les fonctions de recherche scientifique et de production de résultats archéologiques (y compris la fouille sur le terrain) ou les fonctions administratives. Il faut préciser que la démarche d'analyse des processus de travail, visant à optimiser ceux-ci, est complètement différente de celle consistant à fixer des organigrammes au sens statique de terme (c'est à dire de simples listes hiérarchiques définissant le statut des individus au regard de relations théoriques de pouvoir). La vision en terme de processus est apparemment plus courante chez les archéologues britanniques, concernant notamment le déroulement de l'enregistrement stratigraphique dans le cadre des systèmes d'information – informatisés ou non – que sont les système d'enregistrement de terrain évoqués plus haut (cf. 2.1.6) ; ou à plus large échelle, le processus général d'une opération de terrain.

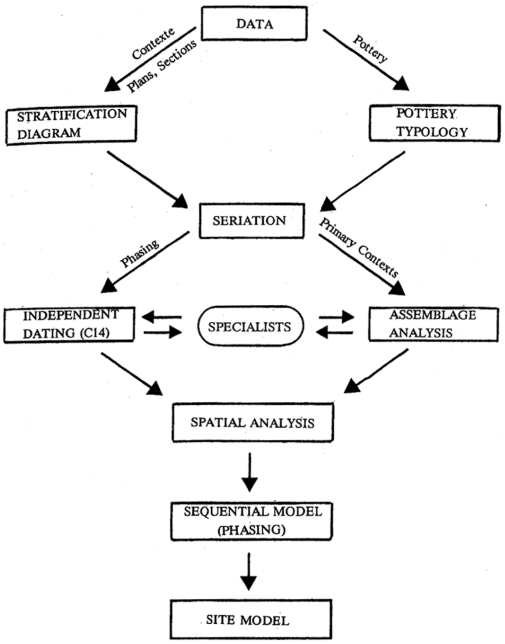


Fig. 19 — The analytical itinerary. The principal phases of data analysis intrinsic to archaeological excavations, taken in order.

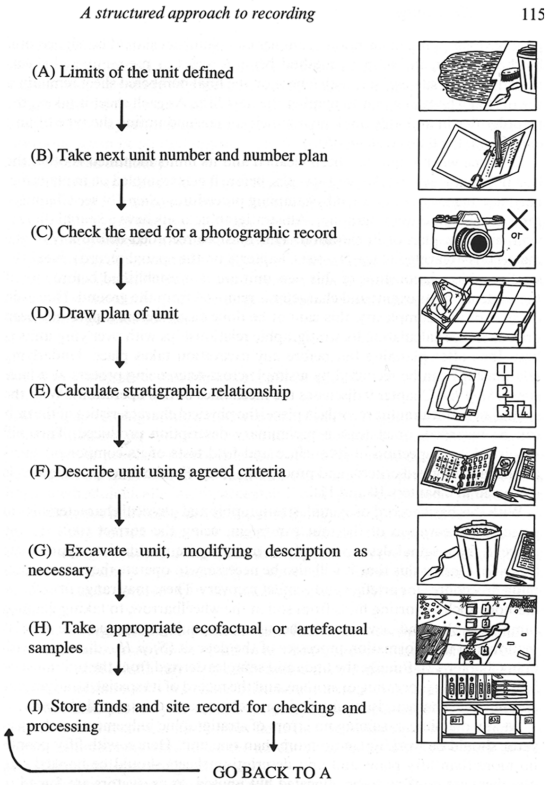


Figure 8 A flow diagram for recording a single stratigraphic unit.

à gauche un processus à large échelle : propositions de mise en étapes principales du traitement de l'information archéologique de la fouille à la reconstitution du modèle chronologique du site (Carver 1990 p. 83 – fig.19) ;
à droite un processus très détaillé (presque au niveau d'un algorithme) de la succession des opérations d'identification, de fouille et d'enregistrement d'une unité stratigraphique (Roskams 2001 p.115)

fig. 46: analyse de processus archéologiques

Le traitement des données stratigraphiques pour l'obtention du diagramme présenté au chapitre précédent, lui même décomposable en étapes successives (et en grande partie automatisables), constitue ainsi globalement une étape du processus d'une fouille stratigraphique en aire ouverte, préalable comme on l'a dit (2.2) à d'autres étapes telle la réalisation des plans par phase.

La modélisation des traitements des données, comme celle de la structure de ces données, n'est pas une opération purement technique et informatique (et d'ailleurs elle n'implique pas non plus nécessairement le recours à l'informatique) ; elle renvoie à une réflexion sur l'analyse du processus de travail et le rôle des acteurs au sein d'une équipe : « *...la mise en oeuvre d'un système d'information n'est pas seulement le résultat d'une démarche théorique sur les données, mais aussi le résultat d'une stratégie concrétisée par une organisation du travail* » (Djindjian 1993, p.18)

recomposition et hiérarchies de l'information

Concernant les rapports entre la conception dynamique du système d'information (les traitements et processus) et sa conception statique (la structure des données), un autre aspect doit être évoqué : celui de la recomposition de l'information.

En effet, une caractéristique fondamentale de la structure des données dans un SI est de permettre de recomposer tout ou partie de cette information, sous une forme différente de celle de cette structure de base. Les traitements élémentaires d'extraction d'une partie des enregistrements d'une table, par requête simple ou multiples portant sur les champs, sont une première forme de recomposition. Au delà, effectuer des requêtes complexes à travers une structure relationnelle permet une recomposition plus profonde de la structure de l'information ; par exemple, l'obtention de tableaux volontairement redondants listant le mobilier archéologique, avec pour chaque élément la répétition des informations de contexte (identifiant US, type et interprétation de l'US, etc). En tant que table appartenant à la structure fondamentale du système, cette organisation des données aurait été fautive. Mais elle parfaitement possible en tant que résultat d'un traitement, par fusion de l'information depuis les deux tables élémentaires « US » et « Mobilier ».

Il faut noter que cette recomposition de l'information permet de produire, au niveau des traitements, la hiérarchisation de l'information dont l'utilisateur peut avoir besoin, sans avoir besoin d'introduire cette hiérarchie dans la structure relationnelle de base. Celle-ci, non hiérarchisée a priori, peut donner lieu à une information recomposée, au choix, suivant plusieurs hiérarchies opposées. En d'autres termes, plusieurs modèles hiérarchiques peuvent naître d'un seul modèle relationnel.

4.2. Systèmes d'information archéologique et systèmes d'information stratigraphique

L'expression système d'information archéologique (SIA) est employée depuis quelques années, souvent pour désigner les applications informatiques de gestion des données archéologiques (bien que, ainsi qu'il a été dit plus haut, cette réduction de la notion de système d'information aux seuls outils informatiques soit discutable). Derrière cette expression, qui fut à la mode, et qui par conséquent est devenue un peu floue, on peut repérer plusieurs vagues successives de formalisation et d'informatisation, liées à des changements de générations d'outils informatiques ; et l'on peut constater une grande diversité actuelle (4.2.1). Il nous est donc nécessaire de recadrer cette notion de SIA en tentant de préciser, au-delà des différences d'outils et d'approches, les entités de base constitutives des SIA de terrain, formant leur plus grand commun dénominateur au sein de leur nécessaire diversité (4.2.2) ; ceci afin d'insérer dans ce plus grand commun dénominateur le sous-système que constitue le traitement des données stratigraphiques, et la structuration des données permettant ce traitement. C'est ce sous-système que nous qualifions ici de « système d'information stratigraphique » (SIS) et que nous concevons comme un aspect, encore largement à développer, des systèmes d'information archéologique (4.2.3).

4.2.1. Remarques sur les systèmes d'information archéologiques

Une pensée conceptuelle largement contrainte par la technique informatique

Nous avons évoqué au chapitre 1 l'informatisation des systèmes d'enregistrement de fouille en aire ouverte stratigraphique. Cette informatisation s'inscrit dans l'évolution de la conception des systèmes d'information appliqués à l'archéologie. De nombreux travaux, et en particulier des séries régulières de colloques et publications – principalement les colloques CAA (*Computer Applications and quantitative methods in Archaeology*)[153] depuis 1973, la revue *Archeologia e Calcolatori* [154] depuis 1990, et plus récemment les rencontres *Archäologie und Computer* depuis 1996 (dans le cadre du congrès annuel *Kulturelles Erbe und Neue Technologien* de Vienne[155]) – permettent de suivre cette évolution. Nous nous contenterons ici de distinguer trois grandes étapes.

La première étape est celle qui précède l'apparition véritable de la notion de système d'information, appliquée à l'informatisation des données archéologiques. Elle se rapporte au développement initial de l'informatique en archéologie, à partir des années 1970, qui suit deux directions : le traitement mathématique des données, et la mise en œuvre de bases de données. Cette dernière voie, celles des « banques de données », suscite de nombreux travaux et réflexions, en particulier, en France, ceux de Jean-Claude Gardin (1979), de René Ginouvès et Anne-Marie Guimier Sorbets (1978 ; Guimier Sorbets 1990). Elle aboutit à d'indéniables apports, notamment la mise en place d'un certain nombre d'outils documentaires centralisés encore existants aujourd'hui (Desachy, Djindjian, Giligny, 2008). Mais la structuration des données et la conceptualisation de celle-ci sont contraintes par les outils logiciels alors employés, qui n'autorisent pour la plupart que des traitement mono-table, ou au mieux suivant un modèle hiérarchique simple de table à sous-table. Ces limites se ressentent dans les publications méthodologiques archéologiques sur la gestion informatique des données (*cf.* Borillo, Gardin ed. 1974 ; Doran, Hodson 1975 ; Gardin, Borillo, ed. 1970 ; Ginouvès, Guimier Sorbets 1978 ; Guimier Sorbets 1990). Or, par ailleurs, de véritables systèmes d'information se développent en archéologie de terrain, mais non informatisés. Un système d'enregistrement de terrain, lorsqu'il est analytique et définit de façon rigoureuse les relations entre les divers documents (ce qui est, comme on l'a vu, le cas des systèmes d'enregistrement de type *single context recording* adaptés aux sites densément stratifiés, qui émergent dans les années 1970), constitue, en effet, une structuration de l'information qu'il est possible de représenter sous forme de modèle de données. Cependant, malgré quelques travaux pionniers (l'informatisation de l'enregistrement de fouille tenté à Londres à partir de 1976 ou en France sur les fouilles de Levroux dès 1974 – Djindjian 1983), le lien se fait mal entre cette analyse conceptuelle poussée, mais non informatisée, de l'information de terrain, et l'utilisation documentaire de l'ordinateur dans le cadre des « banques de données ». Face aux limites conceptuelles de ces dernières (imposées par les outils), la notion même de « système d'information » reste de fait presque totalement ignorée[156].

Dans une deuxième étape, l'apparition sur les micro-ordinateurs de SGBRD[157] permet, à la fin des années 1980 et surtout au début des années 1990, un renouvellement du discours méthodologique avec de nombreuses publications sur l'utilisation archéologique de ces outils (s'appuyant le plus fréquemment sur le modèle relationnel et le langage *SQL*). Il en résulte, en pratique, un réel développement des systèmes d'information archéologique (SIA) informatisés (Djindjian 1993,

153 http://caa.leidenuniv.nl/
154 http://soi.cnr.it/~archcalc/
155 http://www.stadtarchaeologie.at/
156 elle est pourtant mentionnée comme applicable à l'archéologie dès 1983 par François Djindjian : « ...*l'archéologue est confronté à un besoin d'enregistrement et de structuration des informations, en vue de leur traitement : c'est ce qu'on appelle, de façon classique, définir un Système d'Informations.* » (Djindjian 1983 p.9-10)
157 Systèmes de Gestion de Bases de Données Relationnelles

Moscati 1994), accompagné de tentatives de modélisation à visée générale (par exemple *IDEA*[158], *ArcheoDATA* déjà cité...). Il faut signaler un certain retard en France de ce point de vue, beaucoup d'applications de gestion de données de terrain créées dans les années 1990 n'étant pas ou peu relationnelles[159]. C'est surtout dans la dernière décennie, avec le développement des systèmes d'information géographique appliqués à l'archéologie et les travaux des géomaticiens, que le modèle relationnel fait réellement son apparition dans le paysage conceptuel de l'informatique archéologique française, et que des modèles de données commencent à apparaître dans les publications[160].

Une troisième étape s'esquisse avec le nouveau millénaire, celle de l'impact de la révolution Internet sur l'archéologie. Là encore, les techniques informatiques issues du Web, en particulier la norme de définition de langages documentaires XML, amènent une floraison de publications et une évolution du discours conceptuel. Il en résulte l'émergence de la notion de métadonnées, liées aux besoins d'indexation et de navigation dans l'information à travers de multiples systèmes mis en réseau. On note, par ailleurs, un certain retour à une vision plus hiérarchique que relationnelle de l'information[161] ; et l'on voit apparaître une nouvelle génération de tentatives de modélisation à la fois détaillées et à ambition générale (en particulier autour de la norme CIDOC[162]).

Ce très bref survol, limité et sélectif[163], rappelle que la réflexion conceptuelle sur les systèmes d'information informatisés en archéologie est depuis ses origines très dépendante des outils et techniques informatiques ; au point parfois, comme on l'a vu, d'ignorer les acquis conceptuels des systèmes d'information non informatisés. Cette situation, critiquée en France par François Djindjian dès les années 1980 (Djindjian 1986), dont la pérennité est constatée une décennie plus tard par Julian Richards (1998)[164], n'interdit pas les travaux de qualité ni les apports méthodologiques importants, mais elle amène un certain émiettement intellectuel, et une certaine difficulté à distinguer des concepts durables et fondamentaux.

En pratique : la diversité des SIA et leur appropriation par les utilisateurs

Si l'on envisage maintenant (au moins dans notre pays) le paysage actuel des systèmes d'information archéologiques de terrain, on constate tout d'abord son extrême diversité. Cela est une constante depuis le temps des systèmes d'enregistrement entièrement « papier ». Concernant les systèmes relevant de la seule approche de terrain en aire ouverte stratigraphique, nous avons eu l'occasion de remarquer la diversité des vocabulaires d'enregistrement utilisés ; à ces multiples variantes, et en particulier aux multiples modèles de fiches d'unité stratigraphique qui circulaient, s'échangeaient, s'influençaient les uns les autres dans les années 1980, ont naturellement succédé de multiples applications informatiques. L'apparition sur le marché de petits SGBDR destinés à la micro-informatique et à une utilisation individuelle ou en réseau local, et leurs interfaces de plus en plus

158 Integrated Database For Excavation Analysis : modèle générique proposé en 1996 (Andresen, Madsen 1996)

159 Une partie de ce retard est sans doute là encore imputable aux outils, et en particulier au logiciel *Filemaker* déjà cité, dont les premières versions n'étaient pas relationnelles et qui en a hérité une ergonomie poussant l'utilisateur à entasser l'information sur le même fichier.

160 Cf. par exemple Galinié, Rodier, Saligny, 2004 ;

161 La structuration XML (definitions de types de documents et schémas de données) est en effet fondamentalement hiérarchique.

162 Modèle conceptuel de gestion des données patrimoniales (à destination des musées, mais ses auteurs envisagent un périmètre plus large) élaboré par le Comité International pour la DOCumentation des musées (http://cidoc.mediahost.org/) de l'ICOM, (*International Council of Museums* - organisation internationale non gouvernementale liée à l'UNESCO : http://icom.museum/). La norme CIDOC a été déclinée pour l'archéologie : par exemple le modèle MAD (*Managing Archaeological Data*) développé par Achille Felicetti : http://www.epoch-net.org/index.php?option=com_content&task=view&id=233&Itemid=366#download.

163 On aurait aussi pu évoquer, dans l'influence des techniques informatiques sur la conceptualisation de l'information archéologique, l'impact, peut-être plus limité (mais qui fut à la mode) de l'approche hypertexte (autour du logiciel HyperCard) dans les années 1980, de l'approche « orientée – objet » dans les années 1990, ou l'intéressant bras mort que représentent les systèmes-expert, objets de grands espoirs conceptuels dans les années 1980 et depuis quasiment tombés dans l'oubli.

164 « *Despite continued interest in the links between archaeological theory and archaeological computing... current trends have been as much technology-driven as theory-led. It makes sense, therefore, to structure this overview according to classes of software applications rather than archaeological questions. This approach is inevitable but regrettable, as it maintains the idea that the means are more interesting than the end.* » (Richards 1998 p.331).

conviviales, ont en effet permis aux utilisateurs archéologues de concevoir et de construire eux-mêmes des systèmes à des niveaux très déconcentrés (celui de l'équipe de recherche, ou de l'opération).

Ce phénomène, qui s'est particulièrement accéléré en France dans les quinze dernières années, aboutit aujourd'hui dans notre pays à une situation où, au delà de quelques produits développés dans des conditions quasi professionnelles et distribués plus ou moins largement, tels *Syslat* ou *ArchéoData* cités au premier chapitre, il existe une multitude de systèmes informatisés de périmètre réduit (service territorial d'archéologie, équipe de recherche INRAP, université ou CNRS, SRA...), couvrant les tâches d'enregistrement des données des opérations de terrain, mais aussi d'études spécialisées de mobilier, de gestion de dépôts de fouille, de carte archéologique... Cette actuelle informatique de gestion des données archéologiques extrêmement déconcentrée, voire éparpillée, appelle au moins quatre remarques :

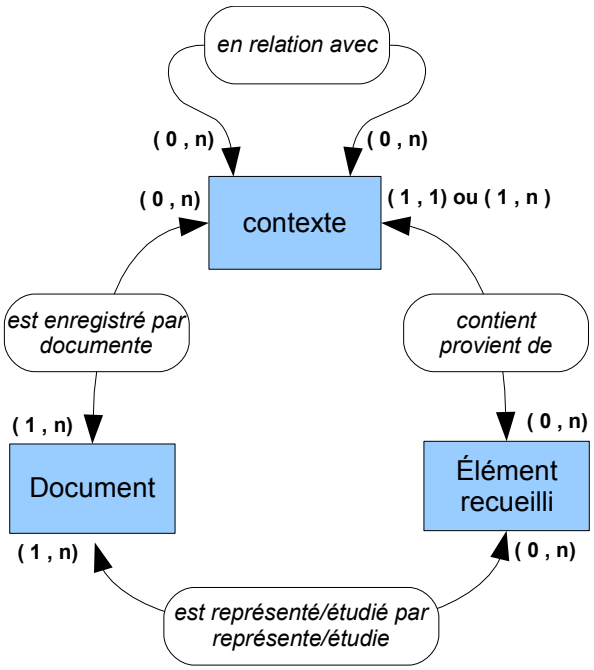
- il s'agit d'un phénomène « spontané », ni prévu, ni souhaité par les institutions centrales d'administration de l'archéologie française (ministère de de la Culture, direction de l'INRAP...) ; et celles-ci ont tardé à en prendre la mesure. L'INRAP toutefois a réagi, avec la mise en place d'une direction scientifique et technique et d'une politique nationale de gestion de la documentation scientifique, dans le cadre de laquelle une enquête sur l'ensemble des systèmes en usage dans ses équipe a été lancée en 2006 (Speller *et al.* 2008) ; puis le ministère de la Culture, avec un projet plus ciblé d'harmonisation des inventaires liés aux opérations archéologiques lancé en 2007, supposant une phase d'enquête sur les pratiques existantes ;
- il s'agit d'une informatique efficace. Les systèmes locaux existants et utilisés marchent et ils sont adaptés à leur mission ; car s'ils ne l'étaient pas, ils ne seraient pas utilisés. La sélection qualitative fonctionne en effet sans entraves pour ces produits créés le plus souvent en interne, où le décideur est effectivement l'utilisateur ;
- mais il s'agit d'une informatique peu communicante ; si, au niveau technique, l'utilisation de logiciels courants du marché (majoritairement *Filemaker* et *Access*) garantit une certaine pérennité des formats de fichiers utilisés, les échanges numériques d'informations d'un système à l'autre sont limités du fait de l'absence de coordination, au niveau conceptuel, sur des structurations communes.
- Enfin, ces développements locaux dénotent un changement profond d'attitude depuis les premiers temps de l'informatique en archéologie, il y a deux à trois décennies, et le respect craintif qu'elle suscitait. Les équipes d'archéologues utilisatrices d'informatique ont aujourd'hui perdu l'habitude d'être des sujet passifs, simples récepteurs de produits figés face auxquels le rôle de l'utilisateur se limite à presser les boutons ; les utilisateurs savent désormais qu'il est aisément possible d'intervenir au niveau local dans la conception de systèmes d'information informatisés (création de rubriques, d'écrans de saisie, etc.). Même si au niveau des individus, cette évolution est à nuancer (avec une différence entre une population plus restreinte d'utilisateurs avancés voire d'informaticiens professionnels locaux assurant développement et maintenance, et une population plus large de simples utilisateurs, interlocuteurs des premiers), elle constitue un fait établi : actuellement, l'étage de conception, développement et maintenance des systèmes d'information archéologique de terrain (du moins de ceux réellement utilisés) est essentiellement local.

4.2.2. Préciser les fondamentaux d'un système d'information archéologique de terrain

Les bases d'un SIA : le triangle contextes – objets – documents

Nous pouvons maintenant préciser la structure des concepts qui nous semble fonder les systèmes d'information archéologique de terrain, sous forme de trois entités de base :

- le contexte : ce qu'observe l'archéologue sur le terrain, son unité d'analyse ; notion fondamentale, que nous avons située plus haut (2.3.2) comme le propre de l'archéologie de terrain et la marque de son unité méthodologique ;
- le document – c'est à dire l'enregistrement proprement dit, la production propre de l'archéologue, ce en quoi il transforme les contextes (au fur et à mesure qu'il les détruit), et les éléments matériels recueillis.
- L'élément recueilli, c'est à dire, au sens large, tout élément matériel recueilli par l'archéologue, écofact ou artefact, en vue d'étude ultérieure et/ou de conservation.



Bien que très simple, voire évidente, cette structure appelle quelques commentaires, notamment au regard des remarques qui précèdent sur les systèmes d'informations.

Tout d'abord, ce modèle s'applique spécifiquement à un périmètre, qui est celui de l'opération archéologique (une fouille, une étude de bâti...). Cela nous permet de préciser le sens que nous donnons à l'expression système d'information archéologique « de terrain » : elle désigne un SIA gérant les données (et processus) d'une opération archéologique, donc comprenant cette structure. D'autres SIA peuvent s'appliquer à un autre niveau de gestion des données archéologiques, et recourir à des entités fondamentales différentes. Ainsi, à un niveau plus large, la carte archéologique nationale s'appuie sur un modèle lui aussi à trois entités fondamentales, mais qui sont « l'entité archéologique » (localisation en un lieu donné d'un type d'occupation donné d'une période donnée), l'opération archéologique, et la documentation (L'articulation entre ces deux échelles, du SIA de terrain et du SIA de carte archéologique, étant, notamment, que l'ensemble des données d'une opération gérée par le premier ne constitue, de façon résumée, qu'une occurrence de l'entité « opération » du second).

Si cette structure de base de SIA de terrain a ainsi un périmètre défini, elle est commune aux différentes approches de l'archéologie de terrain évoquées plus haut (*cf.* 2.3). Elle est l'illustration de son unité méthodologique, autour de la notion de contexte.

Ensuite, à la différence de certaines des tentatives de modélisation évoquées évoqués dans le bref historique des SIA ci-dessus, cette structure n'est en rien une innovation, vers laquelle devraient migrer les applications futures ; il s'agit au contraire une tentative d'exprimer, au plus simple, ce qui est déjà constitutif des nombreux systèmes aujourd'hui opérationnels et efficaces en archéologie de terrain (quelques soient leur degré et leurs conditions d'informatisation)[165]. De même, il ne s'agit en aucun cas d'une base pour développer un système universel, mais de dégager ce qui est commun aux systèmes existants, et qui doit le rester pour les systèmes à venir, à travers leur nécessaire diversité. Cette structure élémentaire n'est donc a priori pas contradictoire avec, ni ne vise à remplacer les différentes modélisation détaillées déjà proposées (celles citées plus haut ou d'autres).

Cette recherche d'un plus grand commun dénominateur conceptuel a ainsi conduit à se situer à ce niveau très général (celui d'un modèle « entités-relations » global). Ces entités et relations se retrouvent sous différentes formes, déclinées de façon simple ou multiple, dans les systèmes existants. Dans le cas d'une déclinaison de ce modèle aux systèmes d'enregistrement appliquant la méthode stratigraphique en aire ouverte, l'unité de base pour l'entité « contexte » est l'unité stratigraphique (telle que définie par E. Harris).

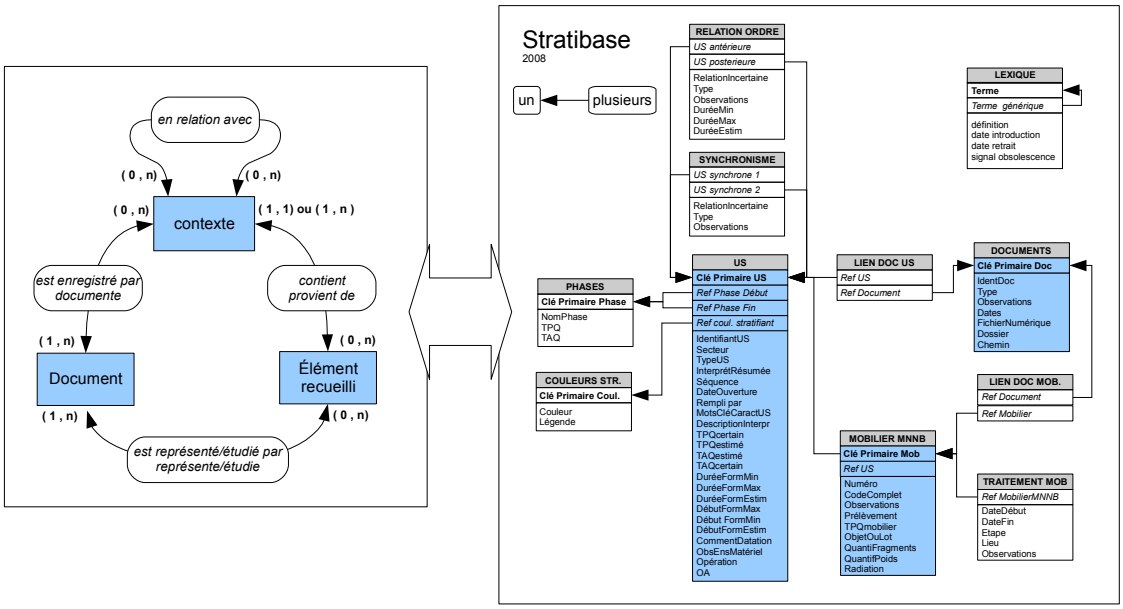


fig. 47: une structure de base de données d'enregistrement (parmi d'autres) correspondant au modèle général, décliné au niveau d'un enregistrement par US (base Stratibase présentée en 2e partie)

Notons qu'il est ainsi possible d'utiliser ce modèle simple comme référence pour analyser, voire vérifier, la structure d'une application de SIA de terrain : l'absence de prise en compte d'une des entités et de ses relations dans ce système de terrain témoigne d'une lacune de fond, à corriger.

Concernant les relations exprimées sur ce modèle, on retrouve des cas pris en exemple plus haut (cf. 4.1.1) ; quelques points peuvent cependant être notés :

- la relation entre contextes et éléments recueillis est caractérisée par les cardinalités (0, n) coté éléments recueillis, ce qui signifie qu'un contexte peut contenir aucun, un ou plusieurs éléments matériels recueillis. Côté contexte, on a exprimé ici la double possibilité évoquée

165 Le principe du modèle de données minimal de SI archéologique proposé par Anne Chaillou (2003 ; 2007) s'inscrit dans cette même perspective de « tronc commun minimal » entre systèmes variés.

plus haut : on peut au plus simple considérer que les cardinalités sont (1,1) (tout élément recueilli se rapporte à un et un seul contexte) ; mais on peut aussi considérer qu'il est important de conceptualiser les cas où un élément recueilli est en relation avec plusieurs contextes (remontages inter-contextes par exemple). Dans ce cas il s'agit d'une relation « plusieurs à plusieurs »[166] : les cardinalités côte contexte sont (1, n)[167].

- Les relations contextes/documents et contextes/ éléments recueillis sont elles, nécessairement de type plusieurs à plusieurs. La cardinalité minimum 1 côté contexte exprime le principe suivant lequel un contexte observé doit toujours être documenté ; et un élément recueilli doit toujours être inventorié (au moins sous forme d'un lot) sinon étudié, c'est à dire porté sur au moins un document.
- La cardinalité minimum « 0 » côté élément recueilli, dans ses relations avec les contextes et les documents, exprime en revanche le fait qu'à la différence des deux autres entités, l'existence d'une occurrence de l'entité « élément recueilli » n'est pas obligatoire. Une opération d'archéologie de terrain, productrice de connaissances, peut se dérouler sans qu'aucun élément, et en particulier aucun artefact, ne soit recueilli. Par contre une opération d'archéologie de terrain non négative doit nécessairement identifier et documenter des contextes.[168]
- Enfin, c'est au niveau de la relation plusieurs à plusieurs de l'entité « contextes » avec elle-même que se situe la gestion de l'information stratigraphique, détaillée plus bas.

Un seul modèle ? Une prise de position : la défense de la nécessaire diversité des SIA

Cependant, avant d'entrer plus en détail dans la formalisation en termes de modèle de données de des unités et relations stratigraphiques (et donc avant d'aborder la notion de système d'information stratigraphique), il nous faut revenir sur le problème de la standardisation et de la normalisation des SIA. Il s'agit d'un débat ancien, mais toujours d'actualité, au vu de la diversité ci-dessus évoquée des systèmes informatisés aujourd'hui en usage en archéologie de terrain. Faut-il admettre cette diversité, à la fois sur le plan conceptuel et sur le plan technique de l'implémentation informatique – comme c'est le cas actuellement – ou ne vaut-il pas mieux, au nom de l'homogénéité des données et de l'interopérabilité, envisager une unification du langage documentaire et de la structuration des données, bref un SIA unique, intégrant notamment la gestion des données stratigraphiques ?

Il nous faut ici prendre position : nous ne croyons pas à l'efficacité d'une standardisation totale de l'enregistrement de terrain. Tout fouilleur muni d'un minimum d'expérience sur des chantiers variés sait qu'un système d'enregistrement doit être localement adaptable et évolutif, en fonction des conditions de terrain mais aussi d'équipe (ce ne sont pas les mêmes processus ni le même réseau de documents qui seront les plus efficaces, suivant qu'il s'agit par exemple d'une petite équipe de cinq personnes très polyvalentes, ou d'une grosse équipe de cinquante personnes très spécialisées…). De ce point de vue, une standardisation passant par l'emploi d'une unique application logicielle, imposée à tous les chantiers – standardisation qui dans le cadre de vastes structures telles l'INRAP

166 La relations « plusieurs à plusieurs » (0,n ; 1,n) entre éléments recueillis et contextes s'impose aussi lorsque il est nécessaire de préciser distinctement la situation contextuelle de chaque élément recueilli. Par exemple dans le cas d'une fouille fine de type « ethnographique », avec relevé en X-Y-Z de la position de chaque élément recueilli, la position de l'élément *in situ*, est formalisable comme une information extrinsèque à l'objet concerné, constituant un attribut de la relation plusieurs à plusieurs « objet - contexte ».

167 Notons que dans les deux cas, la cardinalité minimale côté contexte est 1 ; en effet, en principe, il ne devrait pas exister d'éléments recueillis sans contexte de provenance ; et en pratique, une occurrence de l'entité « contexte » est toujours nécessaire, y compris pour qualifier les objets recueillis sur le tas de déblais ou dont l'étiquette a été perdue au lavage...

168 Cette cardinalité minimum «0» pour les éléments recueillis est donc une différence entre l'archéologie de terrain et l'archéologie entendue comme l'étude des objets manufacturés (mobiliers ou immobiliers) ; en effet, dans ses formes les plus évoluées et les plus récentes, celle notamment de l'école « d'archéologie moderne et d'archéologie générale » (Bruneau, Balut, 1982), cette archéologie de l'objet n'ignore pas le contexte, mais continue à tenir l'objet, plus précisément l'artefact, comme « obligatoire » (il n'y a, dans cette optique, par définition pas d'archéologie possible si il n'y a pas d'artefacts).

ou le ministère de la Culture constitue effectivement une tentation, pour des raisons de simplification d'intendance – nous paraît intellectuellement stérilisante, et néfaste à la recherche d'une meilleure productivité scientifique. Nous pensons qu'il appartient à chaque équipe de créer ou d'adopter le système et les conventions qui lui conviennent le mieux, et de les faire évoluer en fonction de ses conditions propres et de ses objectifs d'étude, à condition qu'elle fasse l'effort de définir et d'expliciter clairement les notions d'enregistrement qu'elle emploie (ce pourquoi la démarche d'analyse inhérente à la conception d'un SI est d'une grande utilité).

Un système d'information archéologique, à notre avis, ne peut donc être universel. Nous pensons que la bonne échelle de définition d'un SIA est opérationnelle : celle d'une équipe et d'un projet scientifique. L'expérience (celle de l'auteur et de ses interlocuteurs) montre en effet, partant d'un système donné, que si que le terrain d'application et/ ou l'équipe qui le met en œuvre change, le système change aussi (certaines fonctions ou éléments de la structure tombent en déshérence, d'autres sont ajoutés). Cette évolution peut se faire de façon semi-clandestine quand le SIA concerné est un outil informatique verrouillé et prétendument universel ; mais il est évidemment préférable qu'elle soit explicite ; car elle est le reflet du processus d'apprentissage par le système d'information (au sens global, incluant les acteurs humains) des nouvelles données qu'il a à traiter, et des nouvelles conditions de traitement[169]. C'est ce processus de spécialisation et d'adaptation des systèmes qui entraine leur nécessaire diversité.

Si une standardisation stricte n'est pas souhaitable, cela n'exclut pas l'idée de normes minimales à respecter par tout système d'information destiné à l'enregistrement archéologique, idée tout à fait différente de la précédente et qui nous paraît judicieuse dans une perspective de défense de la qualité scientifique des opérations archéologiques. En effet la réglementation archéologique s'est précisée au point de définir la forme des rapports d'opération, imposant notamment la présence d'inventaires de structures et de mobiliers[170], mais elle n'apporte pas de précision qualitative sur leur contenu, en particulier sur la nature et le type des informations enregistrées afin de caractériser ces structures et mobiliers. Dans les conditions actuelles de l'archéologie préventive, cela fait peser le risque d'opérations et de rapports formellement conformes à la réglementation mais au contenu scientifique fortement allégé qualitativement et quantitativement[171]. L'instauration d'exigences qualitatives explicites, traduites notamment en normes minimales d'enregistrement stratigraphique, peut par conséquent aider les prescripteurs dans l'établissement des cahiers des charges, et les équipes de terrain dans la conduite de la fouille, à mieux équilibrer pression vers le moindre coût et recherche du recueil optimal de l'information.

Par ailleurs, renoncer au fantasme du système unique et universel permet de se poser les bonnes questions : celles de l'échange des données entre systèmes différents. Le véritable enjeu de normalisation se situe à notre avis à ce niveau de la transmission de l'information, plus qu'au niveau de la structure propre à chaque système.

169 L'article d'O. Barge, S. Sanz et J. Mouraille : *Finalités et contraintes des inventaires archéologiques : réflexions et pistes pour la mise en oeuvre* est un remarquable exemple d'évolution et « d'adaptation au milieu », décrite et analysée, d'un système d'information archéologique (en l'occurence un SIG) (cf. Barge, Sanz, Mouraille, 2005).

170 Arrêté interministériel du 27 septembre 2005 portant définition des normes de présentation et de contenu des rapports d'opérations archéologiques.

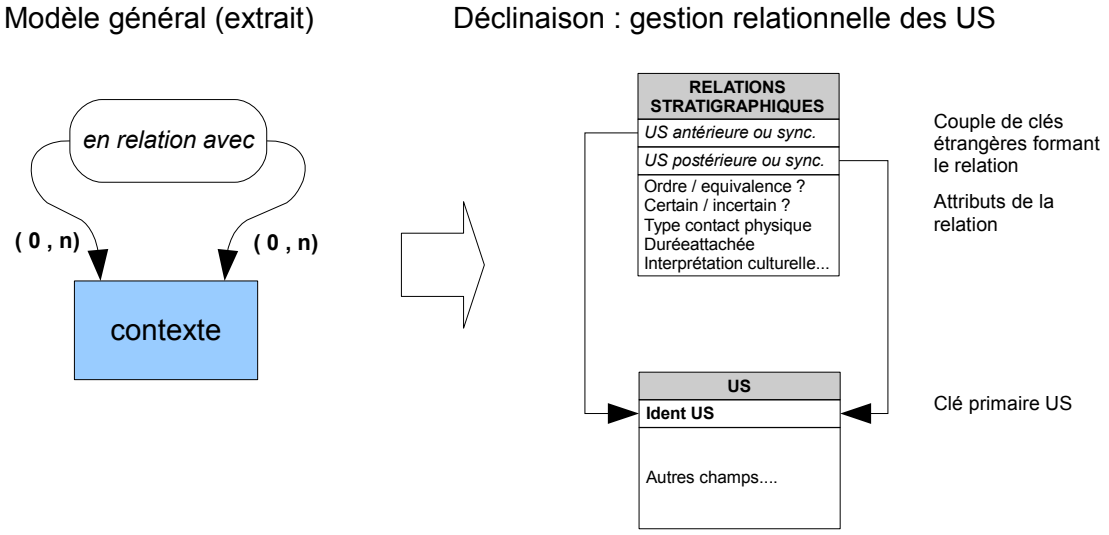
171 En raison des contraintes convergentes pesant sur le maître d'ouvrage d'une fouille préventive – qui est légalement l'aménageur, et qui pour optimiser son investissement doit rechercher la libération la plus rapide et la moins coûteuse du terrain et non l'obtention en soi de résultats archéologiques – et sur l'opérateur, qui doit chercher à réduire ses dépenses, et qui doit s'adapter à la demande de son maître d'ouvrage.

4.2.3. Systèmes d'information stratigraphique

La gestion relationnelle des données stratigraphiques : une sous-structure spécifique .

Pour permettre les traitements de création et d'exploitation du diagramme stratigraphique, un SIA de terrain doit comprendre une structure dite ici de « gestion relationnelle des US ». Il s'agit comme on l'a dit d'une relation plusieurs à plusieurs de l'entité « contexte » (ici prise au niveau des unités stratigraphiques) sur elle-même.

La décomposition en tables est simple : la table des US est lié par un double lien « un à plusieurs » à la table des relations, dont chaque enregistrement est un couple d'US formant une relation. Ce couple sur la table de relations est constitué de deux clés étrangères renvoyant aux identifiants de la table des US. La table des relations peut de plus comprendre des champs caractérisant la relation ; par exemple : le type chronologique (synchronisme ou relation d'ordre ; dans ce dernier cas l'ordre des champs de référence est à fixer : par exemple le premier pour l'US antérieure et le second pour la postérieure) ; le type de contact physique (recoupement, superposition, etc.) ; le caractère certain ou incertain de cette relation ; voire, comme proposé plus haut, son interprétation culturelle (rupture, continuité...) et les indicateurs de la durée en temps absolu qui peut lui être affectée.



La distinction en au moins deux tables (des US et des relations) qui caractérise la gestion relationnelle des US, correspond aux deux ensembles mathématiques (des sommets et des arcs) qui définissent un graphe (*cf.* chapitre 3) ; l'exportation de ces deux tables fournit donc les données nécessaires au module de traitement stratigraphique pour la création du diagramme.

Cette gestion relationnelle des US, employée dans plusieurs systèmes d'enregistrement[172], permet donc à un SIA de terrain de générer une information stratigraphique qui puisse être traitée. Ce principe peut en pratique être décliné de multiples manières, par démultiplication des tables et des attributs[173]. Il s'inscrit donc dans l'approche évoquée ci-dessus de coexistence possible de normes générales minimales, « plancher » sous lequel ne pas descendre dans la conception d'un SIA, et de

172 Cette structure de gestion relationnelle des US est présente dans le modèle IDEA (Andresen, Madsen 1996) évoqué plus haut ; elle est utilisés par plusieurs applications, notamment la base de données d'enregistrement *bdB* utilisée au centre archéologique européen du Mont Beauvray (Chaillou 2003), l'enregistrement informatisé utilisé sur le chantier école de Dembéni à Mayotte (Desachy, Belarbi, 2000), et l'application *Stratibase* ci-jointe (2e partie du mémoire). Elle a notamment comme avantage pratique de permettre l'affichage automatique de la relation réciproque lorsqu'on saisit une relation depuis un formulaire d'US (grâce à la fonction de création automatique de clé étrangère pour un enregistrement saisi depuis une table liée, dont disposent tous les SGBDR).

173 Parmi les bases de données avec lesquelles l'outil de traitement stratigraphique *le Stratifiant* (présenté en 2e partie du travail) communique pour former un SIS, l'application *Stratibase* comprend ainsi dans sa structure de base, deux tables pour gérer les relations stratigraphiques (une pour les relations d'ordre, une autre pour les synchronisme), et l'application *bdB* une seule.

développements locaux, permettant d'aller plus loin de façon adaptée à chaque site ou équipe.

Des fonctionnalités à intégrer dans un SIA

On pourrait déjà qualifier les systèmes d'enregistrement qui gèrent la notion d'US, et plus encore les applications informatisées de SIG ci-dessus évoquées qui relient la description des US à leur représentation topographique, de système d'information stratigraphique (SIS). Nous réserverons cependant ici cette appellation aux systèmes permettant, au minimum, les traitements suivants :

- Création automatique du diagramme stratigraphique à partir de l'enregistrement des US et des relations observées sur le terrain ;
- Communication du diagramme avec une base de données d'enregistrement, permettant de créer ou mettre à jour celui-ci en fonction des US et relations enregistrées sur la base, et de le modifier en fonction de requêtes effectuer sur cette base (par exemple : faire apparaître sur le diagramme les US de construction, ou les US d'occupation contenant de la céramique…)

Un SIS est ainsi un sous-ensemble de SIA, au principe voisin de celui d'un SIG : une représentation graphique d'entités (les US), reliée à des données attributaires, qui permettent de générer ou modifier cette représentation, faisant de celle-ci un outil d'information dynamique et non plus une illustration statique.

Il existe peu d'outils opérationnels informatisés qui remplissent actuellement ces conditions : parmi ceux cités plus haut (cf. 1.4.2), la société Proleg annonce de telles fonctions de SIS pour son produit StratiGraf, incluant l'application MatrixBuilder (communication avec bases de données *Microsoft Access*) ; le programme gratuit *Stratify* développé par Irmela Herzog comprend, pour décrire les US, des champs sur lesquels on peut effectuer des requêtes et générer le diagramme correspondant (et annonce dans sa dernière version des possibilités d'échanges de fichiers avec des bases de données) : il s'agit donc déjà d'un SIS et plus seulement d'un simple outil de création de diagramme (ce à quoi, en revanche, se limite encore *ArchEd*).

Au delà du développement des traitements reposant sur la liaison entre le diagramme stratigraphique et l'enregistrement stratigraphique « attributaire », l'avenir est clairement à la fusion de ces fonctions de SIS avec celles de SIG au sein des systèmes d'information archéologique de terrain.

Cette fusion prendra vraisemblablement la forme d'outils d'enregistrement et de traitement topographique tridimensionnels, permettant d'associer à l'enregistrement ainsi qu'au diagramme stratigraphiques un modèle numérique de terrain en trois dimensions décomposable en US et interfaces. Des outils de ce type, évoqués au chapitre 1 (*cf.* 1.3.6), sont déjà en expérimentation. Il faut noter, d'un point de vue formel, que la structure nécessaire aux échanges entre base de données et diagramme stratigraphique (c'est à dire la structure double : table des US, et table des couples d'US en relation), est transposable aux échanges avec un tel modèle numérique de terrain stratigraphique. À la table des US doit alors correspondre, pour le modèle numérique de terrain, une table des entités volumiques ; à la table des relations, une table des faces joignant ces entités volumiques, munie d'attributs de signification chronologique (la réunion des faces joignant les deux mêmes entités volumiques correspondant à la relation entre ces deux entités). Au fond, cela a pour conséquence que les procédures de traitement exposées au chapitre 3 et actuellement implémentées dans *le Stratifiant* peuvent elles aussi être transposées dans un système « total » de ce type ; mais en pratique, un tel système reste aujourd'hui encore extrêmement gourmand en ressources matérielles (puissance) et logicielles (logiciel de topographie 3 D gérant la topologie des volumes).

Gestion actuelle des fonctions de SIS dans la formalisation et les outils proposés

Bien que de tels développements soient possibles, les traitements actuellement effectués dans les outils que nous proposons sont pour l'instant bien plus limités ; en particulier par souci d'intégration possible dans des SIA de terrain déjà existants, utilisant des solutions matérielles et logicielles courantes.

Nous avons fait le choix d'un système modulaire, en « autonomisant » l'application spécifique de traitement stratigraphique (*Le Stratifiant*), rendant celle-ci potentiellement interfaçable avec toute application de base de données incluant une structure de gestion relationnelle des US (cf. ci-dessus) et capable d'exporter les tables correspondantes (base de données dont l'application ci-jointe *Stratibase* est un exemple possible).

La matrice d'adjacence et autres variables nécessaires au processus exposé au chapitre 3 sont directement générées dans le module de traitement à partir des tables d'US et de relations, remplissant ainsi la première fonction d'un SIS tel que défini plus haut : la création automatique de diagrammes, directement à partir des données saisies dans une base d'enregistrement de terrain.

Pour la deuxième fonction de base liée à la notion de SIS, celle de requêtes effectuées dans la partie attributaire (c'est-à-dire la base de données) visualisables sur le diagramme, la solution actuellement retenue est celle d'un champ ajouté à la table des US permettant de marquer les unités issues d'une requête effectuée dans la base de donnée (requête qui donc peut porter, de façon relationnelle, sur plusieurs tables et sur n'importe quelle combinaison de champs du système d'information) ; l'aspect des US concernées peut alors être modifié sur le diagramme en fonction de ce champ de résultat de requête (par exemple par une mise en couleurs). Ce traitement des requêtes peut aussi porter sur la chronologie stratigraphique elle-même : une sélection (effectuée depuis la base de données) appliquée aux unités et relations exportées dans le module de traitement permet d'obtenir non pas le diagramme complet, mais un diagramme partiel de tel ou tel ensemble choisi d'US.

5. L'information stratigraphique : questions théoriques et piste pratiques

Au terme de cet état des recherches, nous pouvons reformuler l'ambition que nous donnons à la notion de système d'information exposée ci-dessus, et à l'outil qui en découle présenté dans la deuxième partie de la thèse : devenir non seulement un outil de traitement des données, mais aussi d'exploration des hypothèses permises par ces données. La formalisation du traitement des données stratigraphiques entreprise dans ce travail n'est en effet pas un but en soi : elle n'est qu'un moyen, pour élaborer plus rapidement des modèles chronologiques plus riches, eux-mêmes outils de restitution des systèmes culturels, économiques et sociaux.

Cette perspective amène à s'interroger sur la solidité scientifique de l'information stratigraphique, sa fiabilité à fonder la connaissance qu'entendent produire les archéologues. Interrogation justifiée par la position relativement marginale de la stratigraphie dans les réflexions théoriques jusqu'à présent menées sur la nature de l'information archéologique, mais surtout par les lacunes, la subjectivité, l'imperfection de l'enregistrement stratigraphique ; ce questionnement cependant permet de trouver au sein même de l'empirisme de l'identification stratigraphique les règles d'une démarche scientifique, s'intégrant dans une conception systémique et contextuelle de l'archéologie de terrain (5.1). Ces remarques ne sont pas seulement théoriques : pratiquement, c'est cet « empirisme régulé » qui guide sur le terrain les choix des fouilleurs expérimentés et leur permet d'optimiser le recueil de l'information stratigraphique, face à la double contrainte des limites de compétence de l'observateur et des limites de temps et de moyens attribués à l'intervention archéologique (5.2).

5.1. Du terrain à la théorie : remarques épistémologiques

5.1.1. Analyse stratigraphique et archéologie théorique

La stratigraphie, « point aveugle » de la réflexion théorique ?

Les données stratigraphiques observées sur le terrain sont à la base d'une grande part des interprétations et raisonnements archéologiques : elles constituent en particulier, comme on l'a vu, l'information extrinsèque permettant de fonder et de corroborer les sériations chronologiques, depuis les typo-chronologies d'objets mises au point dès le XIXe siècle, jusqu'aux modèles chronologiques probabilistes les plus récents permettant de modéliser l'évolution de la culture matérielle dans les sociétés[174].

Cependant, c'est à l'étage supérieur des « constructions explicatives » (Gardin 1979), des

174 Par exemple, concernant la céramique médiévale : Husi, Bellanger, 2003

interprétations et des reconstitutions historiques ou sociales d'ensemble, et non aux méthodes de lecture et d'acquisition des données de base sur le terrain, que se sont préférentiellement attachées les réflexions des théoriciens qui se sont penchés sur la nature de l'information et du discours archéologique : ainsi le débat, principalement anglo-saxon, qui a vu se succéder depuis près de quarante ans les positions de l'archéologie processuelle (ex « *new archaeology*») puis post-processuelle (schématiquement, pour la première, le discours archéologique doit viser à une scientificité lui donnant une valeur universelle ; pour la seconde, les conclusions des archéologues sont de toutes façons limitées car subjectives et dépendantes de leurs auteurs). Plus spécifiquement, l'analyse de la validité logique des raisonnements archéologique a fait l'objet en France des travaux de Jean-Claude Gardin (1979) et de l'école logiciste. Mais celle-ci n'a pas traité de la production sur le terrain des données de fouille elles-mêmes, considérées comme les propositions de base, non remises en cause, à partir desquels se développent les discours étudiés. Une branche de l'archéologie « processuelle », toutefois, a su depuis les années 1980 retourner aux sources du raisonnement archéologique, c'est à dire à la réflexion sur la signification des indices observables sur le terrain, avec les travaux déjà cités de Lewis Binford sur la taphonomie osseuse, puis surtout ceux de l'école de la *behavioural archaeology* animée par Michael Schiffer (1987) sur les processus de formation des dépôts archéologiques (et les comportements sociaux qu'ils révèlent). Ces recherches concernent l'analyse stratigraphique ; mais celle-ci en tant que telle n'a pas été mise en questions. Edward Harris est finalement le seul à avoir cherché à penser spécifiquement la stratigraphie et ses concepts sur le plan théorique (M. Wheeler, on l'a vu, ne se situe volontairement pas à ce niveau : la stratigraphie est pour lui un outil pratique, qui n'appelle pas de questionnement théorique sur la nature de l'information produite). E. Harris se rattache d'ailleurs à l'archéologie processuelle ci-dessus évoquée, en particulier par l'ambition de formuler en « lois » l'information stratigraphique[175]. Plus récemment, des réflexions sur la nature du temps archéologique sont été publiées, en particulier par Gavin Lucas (2005) et Laurent Olivier (2008) qui se situent par contre dans une optique nettement « post processuelle » et relativiste. Pour L. Olivier en particulier, la prétention des archéologues à créer des modèles chronologiques de statut scientifique est largement illusoire compte tenu du caractère lacunaire des données et des multiples perceptions que l'on peut en avoir.

Poser la question de la nature de l'information archéologique

Il nous paraît utile de poser cette question théorique de la nature de l'information archéologique, en l'appliquant spécifiquement à l'information stratigraphique. Les résultats de terrain de l'analyse stratigraphique – par exemple, un diagramme - peuvent alors, dans une optique « processuelle » poussée à l'extrême, s'imposer comme des matériaux objectifs et indiscutables ; ou au contraire, dans une approche étroitement « post-processuelle », être tenus pour totalement subjectifs et uniquement dépendant des préjugés des fouilleurs. Ce qui nous semble, dans l'un et l'autre cas, réducteur et inapproprié[176]. Il nous faut donc aller plus loin dans l'examen du statut de l'information stratigraphique.

5.1.1. Le statut scientifique de l'information stratigraphique

Une information incomplète, subjective et fragile

Dans la recherche de formalisation qui vient d'être exposée, nous nous sommes heurtés à

175 C'est par ailleurs Michael Schiffer qui est le préfacier de la deuxième édition des « principles of archaeological stratigraphy » (1989).

176 Il faut noter que ce débat entre « scientisme » et relativisme reste toujours d'actualité, à plus large échelle que la seule archéologie : « *Dans le panorama actuel de la recherche, les sciences de l'homme et de la société ont de plus en plus de difficultés à tenir une position ferme tant elles sont prises entre deux tendances, celle qui s'observe dans un relativisme « mou », celui des Cultural Studies ou celui de l'essayisme psychologique ou philosophique à la française et celle, tout aussi répandue, d'un matérialisme positiviste (emprunté aux sciences de la nature) à très fort impact actuel sur les SHS* » (Creswell, Joulian 2008).

l'incertitude et à l'erreur. Cela constitue un premier point de questionnement théorique, sur le statut de l'information stratigraphique produite par les archéologues : du fait de ces erreurs et incertitudes d'enregistrement dont l'existence est constamment possible, il ne nous est pas possible d'admettre comme indiscutable *a priori* les données stratigraphique livrées par une fouille (par exemple sous la forme d'un diagramme stratigraphique dans un rapport ou une publication). A la source de ces erreurs et de ces incertitudes, il existe, en effet, plusieurs raisons de douter de la solidité de cette information stratigraphique.

D'abord, l'enregistrement stratigraphique n'est qu'un reflet partiel de la succession réelle des évènements à l'origine de la stratification. Nous avons vu que les discontinuités stratigraphiques occultent une partie de l'évolution du site, non représentée dans cette stratification. Puis intervient l'ensemble des « filtres » post-dépositionnels, parmi lesquels les limites de compétence du fouilleur ; celui-ci peut ne percevoir plus qu'une seule unité là ou des phénomènes d'accrétion, d'altération et d'activité biologique complexes n'ont pas permis la traduction de successions d'évènements en une stratification aisément lisible ; ainsi, par exemple, les « terres noires » citées plus haut. Ces lacunes de l'information stratigraphique s'inscrivent d'ailleurs dans celles affectant tout vestige archéologique, pointées dès 1888 par Oscar Montelius « *seulement une petite partie de ce qui a un jour existé a été enterré dans le sol ; seulement une part de ce qui a été inhumé a échappé à la main destructrice du temps ; de cette part tout n'est pas revenu au jour…* » (cité dans Harris 1979 p.11). Ainsi le fouilleur raisonne sur des données inévitablement partielles, et le diagramme stratigraphique le plus détaillé n'est qu'un sous-graphe de la chronologie réelle.

Par ailleurs, hormis les analyses géomorphologiques spécialisées (et encore...), la nature empirique, peu définie, et par conséquent fortement subjective des critères et indices mobilisés pour identifier les interfaces et les caractères des unités stratigraphiques, apparaît comme une autre faiblesse. Certains archéologues de terrain ont tenté, au moins en partie, d'expliciter les indices fondant l'interprétation des couches et de leur succession (par exemple : de Bouärd 1975 p.208-217, Meyer et al. 1983), ou de corréler cette interprétation à des éléments mesurables (Fondrillon 2007) ; c'est dans cette volonté de formalisation de l'identification que l'on doit aussi inscrire les trois premières « lois » de Harris. Mais plus fréquemment, les manuels ou ouvrages méthodologiques font appel à des généralités peu précisées (de type « on distingue les couches par des différences d'aspects et de couleur »).

Au caractère partiel des résultats, au flou des critères d'identification, s'ajoute une fiabilité non assurée de l'information stratigraphique. Même lorsqu'elle ont été tenues pour certaines par le fouilleur, les observations stratigraphiques peuvent, en effet, se révéler fausses *a posteriori* ; par exemple, ainsi que le signale Henri Duday, l'identification de limites de fosse fondée sur la perception de changements de consistance dans le terrain autour d'inhumations, remise en cause par les apports récents de l'anthropologie de terrain montrant que ces différences de consistance de terrain peuvent être dues à l'activité biologique après inhumation et non au creusement de la fosse. Ou, autre exemple évoqué plus haut, les inversions stratigraphiques parfois difficilement détectables en archéologie du bâti (reprises en sous-œuvre, en fait postérieures aux autres parties construites qui s'appuient dessus).

Une connaissance empirique et réfutable, donc scientifique

Et pourtant, on peut considérer l'information stratigraphique comme une connaissance scientifique. En effet, pour le philosophe et logicien Karl Raimund Popper (1902-1994), la science est empirique (c'est-à-dire basée sur l'expérience et l'observation) ; une construction intellectuelle scientifique (même celles élaborées à partir des données expérimentales mesurées et reproductibles des sciences « dures ») n'est pas une vérité absolue ou intangible ; ce n'est qu'un modèle théorique, un ensemble de conjectures. Les conditions du caractère scientifique de ce modèle sont qu'il doit être

« corroboré », c'est-à-dire qu'il doit rendre compte de toutes les observations disponibles sans qu'aucune ne le contredise ; et surtout, condition essentielle, ce modèle doit être formulé de façon à pouvoir être réfuté par de futures expériences et observations (critère de « falsifiabilité[177] ») ; si c'est le cas, et que ce modèle est ensuite effectivement contredit par de nouvelles expériences et observations, il doit être abandonné ou modifié au profit d'un nouveau modèle mieux corroboré, pas plus « vrai » dans l'absolu que le précédent (ou plus exactement, comme le modèle précédent, vrai seulement jusqu'à preuve du contraire), mais représentant néanmoins un état amélioré de la connaissance (Popper 1935,1973).

Bien que Popper se soit attaché principalement à la démarche d'empirisme scientifique à l'œuvre dans les sciences « dures » et en particulier chez les physiciens, ce processus intellectuel de « conjectures et réfutations » permettant l'avancement de la connaissance est commun à toute discipline de recherche, y compris dans le domaine des « sciences molles » : il a en particulier été théorisé par Jean-Claude Gardin sous la forme d'une « spirale cognitive » applicable aux interprétations archéologiques (Gardin 1979) ; et défendu, sous différentes formes, dans des travaux plus récents tirant les leçons des ambitions théoriques de la *new archaeology* (Djindjian 1991 ; 1996 ; Demoule 2002).

Ce processus scientifique de conjectures et réfutations, ou cette spirale cognitive, s'applique aussi au niveau de l'information stratigraphique recueillie sur le terrain. Dans cette optique, en effet, le caractère « subjectif » de l'identification stratigraphique, ou les éventuelles lacunes et erreurs dont elle est entachée, ne lui interdisent pas le statut de connaissance scientifique ; à condition que le modèle – ici la chronologie stratigraphique sous forme de diagramme – soit corroboré, c'est-à-dire rende compte de toutes les observations « certaines » disponibles ; et surtout, qu'il ne soit pas donné pour définitif et irréfutable, mais qu'il puisse être remis en cause pour être amélioré.

Et c'est le cas : la détection et l'élimination possible, a posteriori, d'erreurs d'enregistrement (par exemple les fautes révélées par le traitement formalisé – *cf.* chapitre 3) ou d'observation (*cf.* ci-dessus les apports de l'anthropologie de terrain invalidant les déterminations de fosse sur le seul critère de texture du sédiment), constituent une remise en cause de l'information stratigraphique qui a pour effet de la débarrasser de données non fiables. Le modèle stratigraphique résultant peut apparaître diminué, mais il est certain qu'il est plus fiable que dans son état précédent : il est donc meilleur du point de vue de la connaissance scientifique.

L'apport de nouvelles observations (poursuite de la fouille, nouveaux résultats d'étude de datation…) est de même une modification du modèle, entraînant le recul de son caractère lacunaire. Au niveau des modèles d'ensemble fondés sur la stratigraphie mais applicable à plusieurs sites – une construction typo-chronologique par exemple, ou une périodisation culturelle – ce sont les fouilles ultérieures d'autres sites qui produiront cet effet de complément et de correction, par lequel on passe à un état amélioré de la connaissance. L'information stratigraphique obtenue à un moment donné sur un site donné, comme tout modèle de connaissance, n'est donc qu'une étape d'un processus cognitif continu dans lequel cette connaissance est remise en cause et modifiée par l'avancement de la recherche, et ainsi améliorée, car tendant à cerner de plus en plus près la réalité disparue.

177 Popper (1935, 1973) donne une importance primordiale à la notion de « falsifiabilité » (anglicisme basé sur le faux ami *to falsify* – au sens de « réfuter » – désignant la capacité d'une théorie à être testée et réfutée). Pour lui, chercher à réfuter une théorie est en effet plus efficace pour l'avancement de la connaissance que chercher à la confirmer : soit un énoncé du type « tous les oiseaux sont blancs » ; même une multitude d'observations d'oiseaux blancs ne permettent pas de confirmer cette théorie (sauf à observer tous les individus concernés sans en oublier un seul, ce qui risque d'être impossible, ou en tout cas long et cher) ; pour Popper une observation qui correspond à une théorie ne la « vérifie » ou ne la « prouve » donc pas, elle ne fait que la « corroborer » (la confirmer localement, seulement jusqu'à preuve du contraire) ; par contre une seule observation d'oiseau de couleur autre que blanc réfute le modèle théorique, dont on sait dès lors qu'on doit le modifier. C'est donc cet oiseau coloré qu'il faut chercher… A condition que soit précisée la couleur de l'oiseau, critère testable par l'observation permettant de réfuter la théorie.

5.2 Retour au terrain : des pistes pour la pratique

5.2.1. Assurer la qualité de l'enregistrement : des observations fondées

Cet empirisme scientifique au départ théorisé par K. Popper, appliqué à l'archéologie de terrain, offre des réponses pratiques à la question de la qualité de l'information recueillie : comment obtenir une « bonne » stratigraphie, non polluée par de « mauvaises » données ? Partant des considérations théoriques ci-dessus et sachant qu'un diagramme stratigraphique ne saurait de toutes façons transcrire la totalité absolue de la succession des évènements effectivement survenus, on peut fixer comme objectifs au modèle chronologique qu'est ce diagramme :

- d'abord de pas être faux ; c'est à dire de n'être pas contradictoire avec la succession réelle des événements tels qu'ils se sont passés;
- ensuite d'être le plus possible accessible à la critique, c'est-à-dire fondé sur des observations explicites, exposant la nature des indices déterminant l'identification de la relation ou des caractères de l'unité considérées ;
- enfin d'être le moins lacunaire possible, c'est-à-dire au plus près de cette succession réelle d'évènements passés.

Distinguer le raisonnablement certain de l'incertain

Atteindre le premier objectif – ne pas être contradictoire avec ce qu'a été la réalité – nous ramène à la notion de modèle corroboré. Il suppose que le diagramme stratigraphique soit débarrassé des fautes et contradictions détectées dans l'enregistrement, et établi à partir de relations et d'unités stratigraphiques dont l'identification est corroborée au niveau de la fouille. Cette notion « d'information corroborée au niveau de la fouille » correspond à une certitude raisonnable du fouilleur au regard de tous les indices qu'il a pu observer, sans insuffisance, ambiguïté ou contradiction perceptibles dans ces indices. Si il y a ambiguïté, insuffisance ou contradiction perçue par les fouilleurs dans les indices observés (*i.e.* : « c'est sans doute ce fossé là qui recoupe celui-ci, mais la relation n'est pas claire, le sédiment est peu lisible... »), alors la relation stratigraphique inférée (le premier fossé est postérieur au second) n'est qu'une conjecture, que les observations dont on dispose sont insuffisantes à corroborer. On retrouve ainsi, en termes d'information corroborée ou de conjecture non corroborée, la distinction entre données certaines, et incertaines .

Rester dans ce cadre de certitude raisonnable implique pour les fouilleurs de ne pas tricher avec leurs limites de compétence. La définition utile de l'US, comme unité d'analyse du terrain, est en effet relative à la compétence du fouilleur : c'est la plus petite unité de terrain qu'il **peut** percevoir, situable antérieurement et postérieurement aux unités voisines par l'examen des ses limites physiques.

Pratiquement, lorsque que le fouilleur ne distingue pas d'interfaces nettes, la règle est d'élargir le champ de vision de façon à trouver les premières limites dont il soit certain ; celles-ci existent toujours (ne fut-ce qu'avec la couche contemporaine de bitume ou de terre arable qui constitue le sol actuel). Si, par ailleurs, des indices contradictoires apparaissent de sorte que deux unités de terrain semblent à la fois postérieures et antérieures l'une à l'autre, et si une observation plus attentive ne résout pas le problème, l'ensemble affecté par ces indices contradictoires est à considérer comme une même unité à l'intérieur des premières limites certaines (les distinctions internes à cette unité étant alors considérées comme des interstrates sans signification stratigraphique, ou si l'observation en suggère la probabilité, comme des relations et unités incertaines). En d'autres termes, les règles logiques exposées ci-dessus de traitement d'erreur et

d'incertitude (*cf.* 3.4), intellectuellement acquises par le fouilleur, sont à mettre en oeuvre dès l'observation de terrain.

Assurer la compétence d'enregistrement pour valoriser la compétence d'identification

De cette première réponse pratique à la question d'une bonne qualité de données stratigraphiques, on peut par ailleurs déduire que la maîtrise des méthodes d'enregistrement est à distinguer de la stricte compétence d'identification du terrain. Un fouilleur débutant de compétence encore limitée, mais maîtrisant et appliquant logiquement les règles de l'enregistrement stratigraphique, sauvera au moins l'information qu'il a perçue[178] ; à l'inverse, une excellente compétence d'identification, non encadrée par des règles d'enregistrement rigoureuses, peut malheureusement aboutir à un enregistrement totalement inexploitable.

Il faut noter de ce point de vue que qualifier, dans l'absolu, la stratification d'un site urbain de « complexe » et celle d'un site rural érodé de « simple » est inexact, et relève d'une confusion entre ces deux compétences d'identification et d'enregistrement. En effet, l'identification des interfaces d'une stratification urbaine est fréquemment aisée et simple, en raison de la diversité des matériaux, de l'abondance des couches construites, et de la présence de sols artificiels peu perméables (pavés, bitume, habitat..) isolant le sous sol des altérations dues aux intempéries ou à l'activité biologique[179] ; c'est à la gestion de leur enregistrement qu'est liée la difficulté, en raison du grand nombre d'interfaces dans le volume fouillé. Par ailleurs, la stratification d'un site rural n'est souvent simple que du point de vue de l'enregistrement (peu d'interfaces) : la lecture des interfaces et l'interprétation des unités peut y être difficile, et nécessiter une grande expérience et de solides notions de pédologie.

Expliciter les indices fondant l'identification stratigraphique

Le deuxième objectif – expliciter l'identification stratigraphique afin de la rendre accessible à la critique et éventuellement à la réfutation – est lui en relation directe avec la notion de falsifiabilité ; il suppose pratiquement que la description de l'aspect des unités et interfaces ne soit pas « neutre », détachée de l'identification et de l'interprétation stratigraphique, mais précise les indices qui fondent cette identification. En d'autres termes il est important, lorsque par exemple une couche a été identifiée comme « ensemble clos » et « dépôt primaire », d'indiquer sur quels indices, au vu de l'aspect des objets et du sédiment, cette identification est émise.

Plus largement, notons que cette explicitation des indices fondant la détermination des interfaces et des caractères signifiants attribués aux unités stratigraphiques constitue un domaine de recherche (déjà partiellement défriché, du côté de l'étude des processus taphonomiques notamment ; et plus récemment grâce à l'étude portant sur la comparaison entre les caractères mesurables des couches et leur interprétation par les fouilleurs – Fondrillon 2007), que l'on peut qualifier de « diagnose » stratigraphique. La poursuite et le développement des études dans ce domaine, dans une interdisciplinarité bénéficiant de la collaboration de géo-archéologues, et de fouilleurs expérimentés acceptant d'être « débriefés » afin d'analyser leur compétence et leur savoir-faire, serait d'un apport essentiel.

178 Imaginons, au pire, un fouilleur qui soit une sorte de brute bestiale et quasi aveugle, incapable de percevoir la moindre différence au sein d'une stratification anthropique urbaine, et ne s'arrêtant qu'au contact des formations géologiques sous jacentes, quelques mètres sous la surface : s'il enregistre correctement ce qu'il a perçu (une unité anthropique globale de plusieurs mètres d'épaisseur), cet enregistrement, bien que très peu précis, sera exploitable ; c'est de fait le cas des sondages géotechniques qui qualifient globalement la stratification archéologique de « remblai », utilisables pour connaître la présence et l'épaisseur de cette stratification.

179 Ce cas fréquent étant celui de « l'anthropo-relief » urbain ; la lecture stratigraphique peut en revanche devenir réellement complexe dans le cas « d'anthropo-sol », comme les terres noires.

Enrichir l'information : la pluralité des hypothèses

Le troisième point – obtenir, dans les conditions définie ci-dessus, la plus riche chronologie possible – motive la recherche poussée d'indices de caractérisation, dans une analyse de terrain mobilisant divers moyens y compris l'interdisciplinarité et le regard croisé de multiples observateurs, permettant « l'intersubjectivité » qui est pour Popper (1935, 1973) la définition de l'objectivité scientifique.

C'est dans cette perspective de recherche de l'information la plus riche qu'il apparaît utile de prendre en compte l'information non corroborée (incertaine), à titre de conjectures susceptibles d'être intégrés dans des modèles de restitution hypothétiques et multiples – les différents scénarios possibles – nourrissant de plus vastes modèles testables sur d'autres ensembles de données.

5.2.2. Gérer les contraintes : des choix adaptés

Le choix sous contraintes : l'archéologie préventive

L'échelle d'enregistrement stratigraphique est donc en principe ajustée de façon à obtenir la quantité maximale d'information, sans outrepasser les limites de compétence du fouilleur. En pratique l'archéologie préventive (c'est-à-dire l'archéologie sous contrainte, avec un délai et des moyens finis pour traiter un volume donné de toutes façons détruit au terme de l'opération) impose des choix de sacrifice d'une information que l'on aurait pu recueillir, au profit d'une autre jugée prioritaire. Ces choix amènent fréquemment un décalage de l'échelle d'enregistrement, à une résolution moins fine que l'analyse stratigraphique maximale qui aurait été possible (par exemple la fouille et l'enregistrement « par paquets » d'ensembles d'unités traités comme une seule US ; ou l'échantillonnage dans la stratification, certaines structures n'étant pas ou incomplètement fouillées). Dans l'optique d'empirisme scientifique dans laquelle nous nous sommes placés, un enregistrement de ce type n'est pas fondamentalement plus faux qu'une analyse stratigraphique poussée à son maximum possible, il est seulement moins détaillé.

Notons que les trois objectifs fixés ci-dessus (une information qui ne soit pas fausse, qui soit réfutable, et qui soit la moins lacunaire possible) s'appliquent aussi à ces conditions de contraintes de moyens, avec cependant une reformulation du dernier objectif, visant l'enregistrement le moins lacunaire possible. Une façon possible d'exprimer l'articulation entre l'archéologie préventive et l'archéologie programmée (non contrainte par la nécessité de traiter un volume destiné à être détruit) est en effet de décliner ce troisième objectif :

- soit comme le recueil du maximum d'information par unité de volume de terrain pour une opération programmée ;
- soit comme le recueil du maximum d'information par unité de moyen (par homme/jour investi, par exemple) pour une intervention préventive. Cette dernière formulation intègre en effet la notion de redéploiement de moyens au détriment de l'information jugée non prioritaire.

Bien que cette part de destruction que doit assumer l'archéologue, inhérente à l'acte de dissection qu'est la fouille, ne soit jamais absente (même d'une fouille programmée), il faut remarquer que l'exercice de ces choix destructifs dans les contraintes de l'archéologie préventive, intégrant à tout moment cette notion d'échelle variable d'enregistrement, requiert spécifiquement un haut niveau de compétence et d'expérience de la part des fouilleurs et responsables d'opération.

L'alternative : ni détruire ni disséquer, mais prolonger le processus de formation de la stratification

La démarche « naturelle » de l'archéologue face à une stratification est de la fouiller ; c'est à dire de l'analyser, de la disséquer, et de la faire ainsi disparaître, mettant un terme au processus de stratification.

Au cœur des enjeux de l'archéologie préventive et des choix sociaux de gestion de la mémoire collective que celle-ci représente, une démarche alternative est possible. Elle consiste, non plus à interrompre et à « tuer » le processus de stratification anthropique en vue d'une dissection, mais au contraire à « maintenir vivant » ce processus de constitution des archives du sol, c'est à dire à le prolonger en veillant à ce que les unités stratigraphiques du XXIe siècle viennent s'insérer postérieurement aux précédentes sans les faire disparaître. Ce sont les procédures dites d'aménagement non destructif, recourant par exemple à la mise en œuvre de fondations spéciales (pieux chemisés) permettant à un immeuble neuf de s'ancrer au sol à travers une stratification ancienne, avec un impact destructif minimal. Bien que possible et déjà appliquée réglementairement, cette approche de gestion à long terme des gisements d'information archéologique est encore inhabituelle, et objet de débats. En effet, elle diffère de la notion habituelle de classement de site ou de monument (en particulier car les vestiges concernés sont rendus inaccessibles à moyen terme, et ne permettent donc plus d'exploitation immédiate) ; et elle présente des dangers (l'insuffisance du contrôle peut la transformer en alibi couvrant de réelles destructions). Il est donc aujourd'hui nécessaire d'envisager de façon globale et coordonnée cette politique possible de gestion de long terme des archives du sol.

Pour ne pas conclure

Ce travail nous a permis de poser quelques bases, historiographiques, méthodologiques et techniques, pour une recherche sur la formalisation du traitement des données stratigraphiques en archéologie de terrain. Ces bases, matérialisées par les outils eux-mêmes encore expérimentaux présentés dans le second volume, ne sont qu'un premier état de cette recherche ; comme en témoigne le caractère incomplet et provisoire des éléments présentés.

Au terme de cet état de la recherche, plusieurs directions peuvent être envisagées pour sa poursuite.

Au niveau conceptuel, des aspects de la formalisation du traitement des données stratigraphiques, seulement esquissés ici, doivent être approfondis : l'interprétation culturelle des relations stratigraphiques et leur incidence sur la construction de la synthèse chronologique par exemple.

Au niveau technique, l'application le *Stratifiant* doit évoluer, dans l'optique pragmatique de l'utilisation des solutions les plus simples et les plus communes. À court terme par exemple, le portage de l'application vers un logiciel libre (suite OpenOffice) est à l'étude. À moyen et long terme, une « veille technologique » est nécessaire en vue d'intégrer la formalisation qui sous-tend cet outil dans des systèmes plus ambitieux, incluant la modélisation spatiale tridimensionnelle de la stratification, dès lors que les outils correspondants se seront suffisamment démocratisés.

Au niveau expérimental, le passage de l'outil au stade opérationnel n'en est qu'à son début. Des progrès, tant sur le plan technique que sur le plan méthodologique et conceptuel, sont à attendre de la poursuite de cette expérimentation pratique, appuyée sur des collaborations suivies (telles celles initiées dans le cadre du centre archéologique européen de Bibracte ou dans celui du service archéologique départemental d'Indre et Loire). Il faut souligner l'importance des échanges avec les utilisateurs, qui font apparaître deux aspects de ce travail : le développement d'un outil de recherche méthodologique d'une part (avec des perspectives telles l'intégration de nouveaux indicateurs chronographiques pour améliorer l'inscription du temps stratigraphique dans le temps quantifié, ou la valuation chronologique et culturelle des relations – cf. chapitre 2) ; et celui d'un outil de service opérationnel d'autre part (avec des besoins directement exprimés par les utilisateurs, telles la gestion des regroupements d'unités stratigraphiques à plusieurs niveaux, ou l'amélioration des échanges base de données - diagramme).

Le présent travail de thèse ne peut guère, on l'a dit, prétendre à être plus qu'un bilan d'étape ; mais ils se veut la matérialisation de la première étape de ce processus dialectique entre recherche méthodologique et application opérationnelle ; processus dont l'auteur espère la poursuite.

Références bibliographiques

Accary-Barbier, Calabretto, 2004 : Accary-Barbier (Tiphaine), Calabretto (Sylvie), La temporalité des corpus archéologiques, *Revue scientifique et technique «Document Numérique»*, Numéro spécial sur le thème «Temps et Document 8/4 - 2004():111-124, Hermes - Lavoisier ; http://liris.cnrs.fr/publis

Adams, 1992 : Adams (Max), *Stratigraphy after Harris: some questions*, dans Steane (dir), 1992 p. 13-16

Allen, 1984 : Allen (James), Towards a General Theory of Action and Time, *Artificial Intelligence*, 23 (1984), p.123-154

Allen, 1991 : Allen (James), Time and Time Again : The Many ways to Represent Time, *International Journal of Intelligent Systems*, 6(4), July 1991, p.341-355

Alvey 1993 : Alvey (Brian A.P.), *Interpreting archaeology with Hindsight : the use of three dimensions in graphic recording and site analysis*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p. 218-228.

Andresen, Madsen 1996 : Andresen (Jens), Madsen (Torsten), Dynamic classification and description in the IDEA, *Archeologia e Calcolatori*, VII, 1996, p. 591-602

Arlaud, Burnouf, 1993 : Arlaud (Catherine), Burnouf (Joëlle), *L'archéologie du bâti existe-t-elle ?*, dans (Arlaud, Burnouf dir. 1993), p. 67-69.

Arlaud, Burnouf dir. 1993 : L'archéologie du bâti médiéval urbain , dossier coordonné par Arlaud (Catherine), Burnouf (Joëlle), *Les Nouvelles de l'Archéologie,* n° 53/54, automne hiver 93, p. 5-69.

Arroyo-Bishop, Lantada Zarzosa 1990 : Arroyo-Bishop (Daniel), Lantada Zarzosa (Maria Teresa), L'informatisation des grandes fouilles urbaines et des chantiers archéologiques de sauvetage, *Brises - bulletin de recherches sur l'information en sciences économiques, humaines et sociales,* n° 15, 1989/2, CNRS - INIST, 1990, p.5-15.

Arroyo-Bishop, Lantada Zarzosa, 2005 : Arroyo-Bishop (Daniel), Lantada Zarzosa (Maria Teresa), *ArchENTITY, méthode analytique "objet-espace-temps" du système ArchéoData*, dans (Berger *et al.* 2005), p.213-223

Bahn dir. 1996 : Bahn (Paul), (edited by), *The Cambridge illustrated history of Archaeology*, Cambridge University Press, 386 p.

Bailey, 2005 : Bailey (Geoff), *Concepts of time*, in (Renfrew, Bahn, ed. 2005), p.268-273

Banning, 2000 : Banning (E. B.), *The Archaeologist's Laboratory - The Analysis of Archaeological Data - Interdisciplinary contributions to archaeology*, Springer, New York, 2000, 316 p.

Barber, 1993 dir. : Barber (John) (edited by), *Interpreting Stratigraphy 1993 (Edinburgh)*, AOC (Scotland) Ltd,

Edinburgh, 76 p. ; http://www.york.ac.uk/depts/arch/strat/pastpub/93edi.htm

Barge, Sanz, Mouraille, 2005 : Barge (Olivier), Sanz (Séverine), Mouraille (Julie), *Finalités et contraintes des inventaires archéologiques : réflexions et pistes pour la mise en oeuvre*, dans (Berger *et al.* 2005), p.249-258

Barker 1977, 1993 : Barker (Philip), *Techniques of archaeological excavations*, B.T. Batsford Ltd, 1977, 279 p. (3e édition revue et augmentée : Routledge, London, 1993, 285 p.)

Barles *et al.* dir. 1999 : Barles (Sabine), Breysse (Denis), Guillerme (André), Leyval (Corinne), (coordonné par), *Le sol urbain*, collection Villes, Anthropos, 278 p.

Barrandon, Guibert, Michel dir. 2001 : *Datation, actes des XXIe rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes (19-21 octobre 2000)*, sous la direction de Barrandon (Jean-Noël), Guibert (Pierre), Michel (Véronique), CEPAM, ville d'Antibes, ministère de la Culture et de la Communication, éditions APDCA, 2001, 437 p.

Barros Garcia 2004 : Barros Garcia (José Manuel), The use of the Harris matrix to document the layers removed during the cleaning of painted surfaces, *Studies in conservation*, 2004, vol. 49, n°4, p.245-258

Baruk, 1992 : Baruk (Stella), *Dictionnaire de mathématiques élémentaires*, Seuil, Paris, 1992, 1324 p.

Bats et al. 1986 : Bats (Michel), Bessac (Jean-Claude), Chabal (Lucie), de Chazelles (Claire-Anne), Fiches (Jean-Luc), Poupet (Pierre), Py (Michel), *Enregistrer la fouille archéologique - Le système élaboré pour le site de Lattes (Hérault)*, Editions de l'association pour la Recherche Archéologique en Languedoc Oriental, publication de l'unité de fouille et de recherches archéologiques de Lattes, 1986, 56 p.

Bernard et al. 1995 : Bernard (J.-J.), Contini (D.), Godet (G.), Gohau (G.), *Le temps en géologie*, Collection "Synapses", Hachette, 1995, 157 p.

Bertin, 1977 : Bertin (Jacques), *La Graphique et le traitement graphique de l'information*, Nouvelle Bibliothèque Scientifique, Flammarion, 273 p.

Bessières *et al.*, 2001 : Bessières (Michel), Iglesias Kuntz (Lucia), Sopova (Jasmina), dossier : contre les pilleurs et les vandales, sauvons nos trésors, *le Courrier de l'UNESCO*, avril 2001, p.16-37 ; http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001222/122266f.pdf

Bibby 1993 : Bibby (David), *Building stratigraphic sequences on excavation : an exemple from Konstanz, Germany*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p. 104-121.

Bibby, 2001 : Bibby (David), *CAD based excavation recording systems and the Harris Matrix: Some possibilities and limitations*, Archaologie und Computer, Workshop 6. Forschungsgesellschaft Wiener Stadtarchaologie, November 2001; www.archaeologie-wien.at/workshop/Workshop_old/workshop/pop25.htm

Bibby, 2002 : Bibby (David), *Permutations of the Multilinear Stratigraphic Sequence: Nature, Mathematics and Consequences*, Archaologie und Computer, Workshop 7. Forschungsgesellschaft Wiener Stadtarchaologie, November 2002 ; http://www.archaeologie-wien.at/workshop/abstracts/abs7_bibby.htm

Biddle, Kjolbye-Biddle 1969 : Biddle (Martin), Kjolbye-Biddle (Birthe), Meters, areas and robbing, *World Archaeology*, I, 2, 1969, p.208-218.

Boast, Chapman, 1991 : Boast (Robin), Chapman (Dave), SQL and hypertext generation of stratigraphic adjacency matrices, *British Archaeological Reports*, International Series 565, Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1990, edited by K. Lockyear and S. Rahtz, 1991, p.43-51

Boast, Chapman, 1991b : Boast (Robin), Chapman (Dave), SQL and Hypertext generation of stratigraphic adjacency matrices, *Archeologia e Calcolatori,* 2, 1991, p. 221-239

Boissavit-Camus et al. 2003 : Boissavit-Camus (Brigitte), Barraud (Dany), Bonnet (Charles), Fabioux (Martine), Guyon (Jean), Héber-Suffrin (François), Prigent (Daniel), Pulga (Stefano), Reynaud (Jean-François), Sapin (Christian), Vergain (Philippe), -archéologie et restauration des monuments historiques. Instaurer de véritables "études archéologiques préalables"-, *bulletin monumental*, volume 161, n°3, p.195-222

Boissavit-Camus et al. 2004 : Boissavit-Camus (Brigitte), Desachy (Bruno), Cerruti (Marie-Christine), Guilloteau (Corinne), Ibanez (Thérèse), Contexte scientifique et méthodologique du projet, dans *Informatisation des documents d'évaluation du patrimoine archéologique des villes de France - bilan d'étape 2002-2003*, Tours, Centre National d'Archéologie Urbaine, 2004, p. 11-24

Borderie, 2006 : Borderie (Quentin), *Les "terres noires" urbaines - inventaire et approche spatiale en Ile-de-France et Picardie*, mémoire de Master 2 archéologie et environnement, sous la direction de Joëlle Burnouf, université de Paris 1, juin 2006, 2 volumes, 95 et 64 p

Bonin, Desachy, Vangele 1990 : Bonin (Thierry), Desachy (Bruno), Vangele (Fabrice), Etude chrono-stratigraphique du site gallo-romain de Longueuil-Sainte-Marie "Le Bois Harlé" (Oise) : approche préliminaire , dans *Programme de surveillance et d'étude archéologique des sablières de la moyenne vallée de l'Oise – rapport d'activités 1990*, sous la direction de François Malrain et Frédéric Prodéo, Centre de Recherche Archéologique de la Vallée de l'Oise (déposé au service régional de l'archéologie de Picardie), p. 269-331.

Bordes, 1975 : Bordes (François), Sur la notion de sol d'habitat en préhistoire paléolithique, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, tome 72, 1975, p.139-143

Borillo éd 1978 : *Archéologie et calcul*, textes recueillis par Borillo (Mario), série "7" dirigée par Robert Jaulin, 10/18, 1978, 246 p.

Borillo, Gardin ed. 1974 : Borillo (Mario), Gardin (Jean-Claude), *Les banques de données archéologiques*, actes du colloque organisé par Borillo (Mario), Gardin (Jean-Claude), Marseille, 12-14 juin 1972, éditions du centre national de la recherche scientifique, 1974, Paris, 331 p.

Boudjilida, 2002 : Boudjilida (Nacer), *Bases de données et systèmes d'information - le modèle relationnel : langages, systèmes et méthodes*, Dunod, Paris, 2002, 279 p.

Bouroche, Saporta, 1980, 1992 : Bouroche (Jean-Marie), Saporta (Gilbert), *L'analyse des données*, collection "Que sais-je?", n°1854, Presses Universitaires de France, 1980, (5e édition corrigée, 1992), 128 p.

Bouyssou, 2003 : Bouyssou (Denis), La "crise de la recherche opérationnelle" 25 ans après, *Mathématiques et sciences humaines*, 41e année, n° 161, 2003, p. 7-27

Brantingham, Surovell, Waguespack , 2007 : Brantingham (P. Jeffrey), Surovell (Todd), Waguespack (Nicole), Modeling post-depositional mixing of archaeological deposits, *Journal of Anthropological Archaeology* , 26 (2007), p.517–540

Bravard et al. 1999 : Bravard (Jean-Paul), Cammas (Cecilia), Nehlig (Pierre), Poupet (Pierre), Salvador (Pierre-Gil), Wattez (Julia), *La géologie - les sciences de la Terre*, collection « Archéologiques » dirigée par Alain Ferdière, éditions Errance, 1999, 168 p.

Bréart 1986 : Bréart (Bruno), *Les chasseurs de la préhistoire en Picardie*, brochure d'exposition (Amiens, Saint-Germain-En-Laye, 1986), Société Archéologique de Picardie, Direction des Antiquités Préhistoriques et Historiques de Picardie, 1986, 45 p.

Brown, 1995 : Brown (Duncan), *Contexts, Their Contents and Residuality*, dans (Shepherd dir. 1995), p. 1-8

Brown, Harris 1993 : Brown III (Marley R.), Harris (Edward Cecil), *Interfaces in archaeological stratigraphy*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p. 7-20.

Brown, Muraca 1993 : Brown (Gregory J.), Muraca (David F.), *Phasing stratigraphic sequences at Colonial Williamsburg*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p.155-166.

Browman , Givens, 1996 : Browman (David L.), Givens (Douglas R.), Stratigraphic Excavation: The First "New Archaeology", *American Anthropologist*, New Series, Vol. 98, No. 1, (Mar., 1996), p. 80-95 ; http://www.jstor.org

Bruneau, Balut, 1982 : Bruneau (Philippe), Balut (Pierre-Yves), Positions, *Revue d'archéologie moderne et d'archéologie générale*, 1, 1982, p.3-33

Burnouf, 1986 : Burnouf (Joëlle), gestion informatisée des données de fouille préalables à la construction de la ligne B du métro de Lyon, dans *Expériences d'informatisation en archéologie urbaine*, (CNAU 1986), p.49-61.

Burnouf, 1994 : Burnouf (Joëlle), Proto-informatique : l'enregistrement des données de fouilles de l'opération archéologique préalable à la construction du métro de Lyon (1984-1988), *Le Médiéviste et l'Ordinateur* n° 29, Printemps 1994 ; http://lemo.irht.cnrs.fr/

Burnouf, 2005 : Burnouf (Joëlle), discours d'introduction, dans *Archéologie du bâti - pour une harmonisation des méthodes*, (Parron-Kontis, Reveyron dir. 2005), p. 9-12.

Burnouf, 2008 : Burnouf (Joëlle), *Archéologie médiévale en France - le second Moyen Âge (XIIe - XVIe siècle)*, La découverte, Paris, 178 p.

Buchsenschutz , Cartereau, Lambert, 1986 : Buchsenschutz (Olivier), Cartereau (Michel), Lambert (Georges-Noël), CENTRAR : un système de gestion et de représentation graphique des données archéologiques-, *Bulletin de la Société Préhistorique Française,* 1986, tome 83, numéro 10, applications informatiques en archéologie, séance du 10 décembre 1986, p.325-327

Cammas et al. 1995 : Cammas (Cecilia), Champagne (Frédéric), David (Christian), Desachy (Bruno), Guyard (Laurent), Le problème des "Terres Noires" sur les sites urbains tardo-antiques et médiévaux : réflexions et propositions méthodologiques à partir de l'exemple des fouilles du collège de France à Paris, *Les Nouvelles de l'Archéologie*, 61, automne 1995, p. 22-29.

Camps, 1979 : Camps (Gabriel), *Manuel de recherche préhistorique*, Douin, Paris, 1979, 452 p.

Carandini, 1981, 2000 : Carandini (Andrea), *Storie dalla terra - manuele di scavo archeologico*, Biblioteca Einaudi, 2000, 307 p. (1ere édition 1981)

Carver, 1985 : Carver (Martin), Theory and Practice in Urban Pottery Seriation, *Journal of Archaeological Science*, 12, 353-366, Academic Press, London, New York ;

Carver, 1990 : Carver (Martin), Digging for data : archaeological approaches to data definition, acquisition and analysis, dans Francovich (Riccardo), Manacorda (Daniele), (a cura di), *Lo Scavo Archeologico : dalla Diagnosi all'Edizione, IIIe Ciclo di Lezioni sulla Ricerca applicata in Archeologia, Certosa di Pontignano (Siena), 6-18 novembre 1989* ; edizioni all'insigna del giglio, Firenze, 1990, p.45-120

Carver, 2005 : Carver (Martin), *Key ideas in excavation*, in (Renfrew, Bahn, ed. 2005) p.106-110

Cattani, Fiorini, 2004 : Cattani (Maurizio), Fiorini (Andrea), Topologia: identificazione, significato e valenza nella ricerca archeologica, *Archeologia e Calcolatori*, n. XV - 2004, p. 317-340 ; http://soi.cnr.it/archcalc/indice/PDF15/19_Cattani.pdf

Chaillou 2003 : Chaillou (Anne), *Nature, statut et traitements informatisés des données en archéologie : les enjeux des systèmes d'informations archéologiques*, thèse de doctorat de sciences humaines et sociales, volume 1, université Louis Lumière, Lyon 2, juin 2003, 286 p.

Chaillou, 2007 : Chaillou (Anne), Les bases de données en archéologie - problèmes, homogénéité et solutions, *Les Nouvelles de l'Archéologie*, 106, février 2007, p.69-73

Chaillou, Moreau, Guichard, 2008 : Chaillou (Anne), Moreau (Raphaël), Guichard (Vincent), L'archivage et la gestion des données de fouille à Bibracte, centre archéologique européen, dans *Gestion de la documentation scientifique et des mobiliers* 2008, p. 158-173

Chapelot, Gentili, 2006 : Chapelot (Jean), Gentili (François), 30 ans d'archéologie médiévale en France, *Dossiers d'archéologie*, n° 314, juin 2006, p.4-9

Chen, 1976 : Chen (Peter Pin-Shan), The entity-relationship model—toward a unified view of data, *ACM Transactions on Database Systems (TODS)*, Volume 1, Issue 1 (March 1976), Special issue: papers from the international conference on very large data bases: September 22, 24, 1975, Framingham, MA , p. 9-36

Chen, 2002 : Chen (Peter Pin-Shan), Entity-relationship modeling: historical events, future trends, and lessons learned-, dans *Software Pioneers - Contributions to Software Engineering*, Broy, Manfred; Denert, Ernst (Eds.), Springer-Verlag New York, p 296-310

CIRAR 2005 : *Géomatique, archéologie urbaine, valorisation du patrimoine : autour du projet SIGRem (système d'information géographique de la cité des Rèmes,* journée du 9 juin 2005 à la Maison de la recherche, université de Reims Champagne - Ardenne, organisée par Centre Interinstitutionnel de Recherches Archéologiques de Reims (Université, Ministère de la Culture, INRAP), document de réunion reprographié, 47 p.

Clark, 1992 : Clark (Peter R.), *Contrasts in the Recording and Interpretation of 'Rural' and 'Urban' Stratification*, dans (Steane dir. 1992), p.17-19

Clark 1993 : Clark (Peter R.), *Sites without principles ; post-excavation analysis of " pre-matrix " sites*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p. 276-291.

Clarke 1968, 1978 : Clarke (David Leonard), *Analytical archaeology*, Methuen, London, 1968, 684 p. (2e édition : Methuen and Co., 1978, 526 p.).

CNAU 1986 : *Expériences d'informatisation en archéologie urbaine*, Centre National d'Archéologie Urbaine, Tours, 1986, 80 p.

CNRS 1977 : *3 millions d'années d'aventure humaine - le CNRS et la préhistoire*, catalogue d'exposition au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, 1977, 71 p.

Coarelli 2004 : Coarelli (Filippo), La ville surgie des cendres, *L'Histoire*, 288, juin 2004, p.38-45.

Codd, 1970 : Codd (Edgar Frank), A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks, *Communications of the Association for Computing Machinery*, Vol. 13, No. 6, June 1970, pp. 377-387

Cogis, Robert, 2003 : Cogis (Olivier), Robert (Claudine), *Au delà des ponts de Königsberg - théorie des graphes (problèmes, théorèmes, algorithmes)*, Vuibert, 251 p.

Cohen 1995 : Cohen (Vidal), *La Recherche Opérationnelle*, collection Que-Sais-Je?, Presses Universitaires de France, 1995, 127p.

Collis 2001 : Collis (John), *Digigng up the past - an introduction to archaeological excavation*, Sutton Publishing, 2001, 183 p.

Courbin dir. 1963 : *Etudes archéologiques*, recueil de travaux publié sous la direction de Courbin (Paul), Ecole Pratique des Hautes Etudes - VIe section, Centre de Recherches Historiques, Archéologie et Civilisation I, SEVPEN, Paris, 1963, 231 p.

Cox, 2000 : Cox (Adrian), *Concepts in Finds Analysis*, dans (Roskams dir. 2000), p. 197-199

Coye 1998 : Coye (Noël), *La préhistoire en parole et en acte - méthodes et enjeux de la pratique archéologique* (1830-1950), Histoire des Sciences Humaines, l'Harmattan, Paris, Montréal, 1998, 338 p.

Cresswell, Joulian 2008 : Cresswell (Robert), Joulian (Frédéric), Continuités et ruptures, *Techniques & culture,* n° 48-49, Temps, corps, techniques et esthétique, mai 2008. http://tc.revues.org/document2172.html

Daniel 1975 : Daniel (Glyn), *150 Years of Archaeology*, Duckworth, London, 410 p

Daniel 1981 : Daniel (Glyn), *A Short History of Archaeology*, Thames and Hudson, London, 232 p.

Dannay, 2002 : Dannay (Piotr), *Les systèmes d'enregistrement de données de fouilles archéologiques informatisés - Trois exemples en France : ArchéoData, bdB, SYSLAT*-, mémoire de maîtrise en archéologie, sous la direction d'Anne-Marie Guimier-Sorbets, université Paris X Nanterre, reprographié, 141 p. (déposé à la bibliothèque du centre de recherche de Bibracte, MI 55)

Davies 1993 : Davies (Martin), *The application of the Harris Matrix to the recording of standing structures*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p.167-180

Day et al., 2005 : Day (Wendy), Cosmas (John), Ryan (Nick), Vereenooghe (Tijl), Van Gool (Luc), Waelkens (Marc), Talloen (Peter), *Linking 2D Harris Matrix with 3D Stratigraphic Visualisations: an integrated approach to archaeological*, CAA 2005 (Tomar, Portugal) : "The world is in your eyes", Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology ; http://www.caa2005.ipt.pt/Abstracts.htm#Filedwork

David dir. 1997 : David (Christian) (sous la direction de), Terres noires urbaines. Collège de France (Paris 5e) - Boulevard Saint-Michel (Paris 5e). Procédures de fouilles : protocole analytique et protocole expérimental (février 1997), *Documents Sciences de la ville*, 6, juin 2000, p.61-72

de Boüard 1975 : de Boüard (Michel), *Manuel d'archéologie médiévale - de la fouille à l'histoire*, collection regards sur l'histoire, SEDES, 1975, 340 p.

de Lumley *et al.* 2004 : de Lumley (Henry), Echassoux (Annie), Bailon (Salvador), Cauche (Dominique), de Marchi (marie-Pierre), Desclaux (Emmanuel), el Guennouni (Khalid), Khatib (Samir), Lacombat (Frédéric), Roger (Thierry), Valensi (Patricia), *Le sol d'occupation de l'unité archéostratigraphique UA 25 de la grotte du Lazaret (Nice, Alpes-Maritimes)*, Edisud, 2004, 493 p.

Degos 1976 : Degos (Jean-Guy), Les méthodes d'ordonnancement de type PERT et MPM : quelques éléments essentiels », *Techniques économiques*, Institut National de Recherche et de Documentation Pédagogique, n° 81, juin 1976, p.19-24.

Delluc 1989 : Delluc (Brigitte), Delluc (Gilles), *L'âge du Rennes, du Mammouth... de Lartet et Christy*, dans (Mohen dir. 1989), p. 16-17

Delporte 1989 : Delporte (Henri), *La bataille aurignacienne*, dans (Mohen dir. 1989), p. 20-21.

Demarrais, 2005 : Demarrais (Elizabeth), *Holistic/Contextual Archaeology*, in (Renfrew, Bahn, ed. 2005), p.141-146

Demoule 2002 : Demoule (Jean-Paul), *Théories et interprétations en archéologie*, dans (Demoule *et al.* 2002), p.185-230

Demoule dir. 2007 : Demoule (Jean-Paul), (sous la direction de), *L'archéologie préventive dans le monde - apports de l'archéologie préventive à la connaissance du passé*, textes issus du colloque organisé par l'INRAP et la Bibliothèque Nationale de France, tenu les 30 septembre et 1er octobre 2005 à l'auditorium de la BNF, la découverte, collection Recherches, 288 p.

Demoule, Cleuziou 1980 : Demoule (Jean-Paul), Cleuziou (Serge), *Enregistrer, Gérer, Traiter des Données archéologiques*, dans (Schnapp dir. 1980), p. 87-132.

Demoule et al. 2002 : Demoule (Jean-Paul), Giligny (François), Lehöerff (Anne), Schnapp (Alain), *Guide des méthodes de l'archéologie*, collection "guides repères", La Découverte, 2002, 293 p.

Depaepe, 2007 : Depaepe (Pascal), *Néandertal et nous*, dans (Demoule dir. 2007), p.17-27

Desachy 1989 : Desachy (Bruno), *Aide au traitement des données stratigraphiques des sites archéologiques très stratifiés : automatisation des diagrammes de Harris*, dans (Djindjian dir. 1989), p.250-281.

Desachy, 1991 : Desachy (Bruno), Les structures archéologiques de la place Clémenceau (Hôtel de Ville de de Beauvais, Oise), *Revue Archéologique de Picardie*, 3-4, 1991, p. 47-87

Desachy, 2004 : Desachy (Bruno), L'informatique au service de l'archéologie-, dans Racinet (Philippe), Schwerdroffer (Joël), (sous la coordination de), *Méthodes et initiations d'histoire et d'archéologie*, éditions du Temps, 2004, p. 170-190.

Desachy, 2004b : Desachy (Bruno), Le sériographe EPPM : un outil informatisé de sériation graphique pour les tableaux de comptages, *Revue Archéologique de Picardie*, n° 3/4 2004, p.39-56

Desachy, 2005 : Desachy (Bruno), *Formalisation du traitement des données stratigraphiques en archéologie de terrain (vers un système d'information stratigraphique)*, mémoire de diplôme d'études approfondies, université de paris 1, 2005, 2 vol., 139 et 87 p., 1 cédérom.

Desachy, 2005b : Desachy (Bruno), *Du terrain au temps archéologique, vers un système d'information stratigraphique*, dans (Berger *et al.* 2005), p.269-272

Desachy, 2005c : Desachy (Bruno), Du temps ordonné au temps quantifié : application d'outils mathématiques au modèle d'analyse stratigraphique d'Edward Harris, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 2005, tome 102, 4, p. 729-740

Desachy, Belarbi, 2000 : Desachy (Bruno), Belarbi (Mehdi), *Dembéni (Mayotte) - mission archéologique août-septembre 1999*, rapport déposé à la Sous-Direction de l'Archéologie (Paris), et au Service Régional de l'archéologie de Picardie (Amiens), 75 p. et annexes

Desachy, Djindjian 1990 : Desachy (Bruno), Djindjian (François), Sur l'aide au traitement des données stratigraphiques des sites archéologiques, *Histoire et Mesure*, 1990 vol. 1/2, p.51-88.

Desachy, Djindjian 1991 : Desachy (Bruno), Djindjian (François), *Matrix processing of stratigraphic graphs : a new method*, dans (Lockyear, Rahtz éd. 1991), p.29-37.

Desachy, Djindjian, Giligny, 2008 : Desachy (Bruno), Djindjian (François), Giligny (François), Archéologie et nouvelles technologies, *Encyclopaedia universalis*, version 13, édition 2008, publication numérique (DVD)

Dionisi 1998 : Dionisi (Dominique), *L'essentiel sur Merise*, Eyrolles, 2e édition, 1998, 257 p.

Djindjian, 1983 : Djindjian (François), Introduction à l'informatique et aux mathématiques appliquées en archéologie, *cours intensif européen 'informatique et mathématiques appliquées à l'archéologie"*, Conseil de l'Europe, division de l'enseignement supérieur et de la recherche, 27 juin - 9 juillet 1983, Valbonne et Montpellier, support de cours reprogaphié, 19 p. ; publié dans (Djindjian, Ducasse ed. 1987), p.11-25

Djindjian, 1986 : Djindjian (François), Apport des techniques statistiques et informatiques aux méthodes et aux théories de l'archéologie, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 1986 tome 83 numéro 10 (études et travaux - applications informatiques à l'archéologie) p.372-377

Djindjian 1991 : Djindjian (François),s *Méthodes pour l'archéologie*, collection U, Armand Colin, Paris, 1991, 403 p.

Djindjian, 1993 : Djindjian (François), Les systèmes d'informations en archéologie, *Archeologia e Calcolatori*, 4, 1993, p.9-25

Djindjian, 1996 : Djindjian (François), *L'apport des sciences cognitives à l'archéologie*, dans XIII international congress of prehistoric and protohistoric sciences, Forli, Italia, 8/14 september 1996, 1 theoritical and methodological problems, edited by Amilcare Bietti, Alberti Cazzela, Ian Johnson, Albertus Voorips, p.17-27

Djindjian dir. 1989 : *séminaire "informatique et mathématiques appliquées en archéologie" - années 1987-1988, 1988-1989 - rapport d'activités*, dirigé par François Djindjian, Paris I - Paris X - Ecole Normale Supérieure, reprographié, 1989.

Djindjian, Ducasse, ed. 1987 : Djindjian (François), Ducasse (Henri), (édité par), *Data Processing and Mathematics Applied to Archaeology - Mathématiques et Informatique appliquées à l'archéologie*, PACT, 16, 1987, Cours européen postgradué 3, *Revue du groupe européen d'études pour les techniques physiques, chimiques, biologiques et mathématiques appliquées à l'archéologie*, Conseil de l'Europe, Division de la Coopération scientifique, 473 p.

Doran, Hodson, 1975 : Doran (James E.), Hodson (Frank R.), *Mathematics and Computers in Archaeology*, Edimburgh University Press, 381 p.

Duchêne 1995 : Duchêne (Hervé), *L'or de Troie ou le rêve de Schliemann*, Découvertes Gallimard, 1995, 144 p.

Duday et al. 1992 : Duday (Henri), Courtaud (Patrice), Crubézy (Eric), Sellier (Pascal), Tillier (Anne-Marie), L'anthropologie "de terrain" : reconnaissance et interprétation des gestes funéraires, actes de la réunion "Anthropologie et archéologie, dialogue sur les ensembles funéraires" organisée par la Société d'anthropologie de Paris au Musée d'Aquitaine les 15 et 16 juin 1990, *Bulletins et mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*, nouvelle série, t. 2, no. 3-4, 1990, paru 1992, p.29-49.

Dujardin 2002 : Dujardin (Véronique), La grotte des Renardières (Les Pins, Charente), niveaux paléolithiques et épipaléolithiques », *Bulletin de liaison et d'information de l'Association des Archéologues de Poitou-Charentes*, n° 30, 2001, p. 30-51, http://pageperso.aol.fr/vdujardin/

Durussel, 2002 :Durussel (Laurie), *Le rôle des archéologues dans la lutte contre le pillage et le trafic d'antiquités*-, mémoire de licence sous la direction du Prof. Denis Knoepfler, université de Neuchâtel, institut d'archéologie classique, octobre 2002, 100 p. ; http://halte-au-pillage.org/histoire.htm

EPOCH 2005 : *Tool for Stratigraphic Data Recording*, Excellence in Processing Open Cultural Heritage, Showcase 3, 28 April 2005 ; http://public-repository.epoch-net.org/deliverables/D2.4.3-Showcases.pdf

Etienne 1988 : Etienne (Robert), *Pompéi, la cité ensevelie*, Découvertes Gallimard, 1988, 216 p.

Evin et al. 1998 : Evin (Jacques), Ferdière (Alain), Lambert (Georges-Noël), Langouët (Loïc), Lanos (Philippe), Oberlin (Christine), *La datation en laboratoire*, collection "Archéologiques" dirigée par Alain Ferdière, éditions Errance, 1998, 192 p.

Evin, Oberlin 2001 : Evin (Jacques), Oberlin (Christine), *Les développements récents en datation par le radiocarbone pour l'archéologie*, dans (Barrandon, Guibert, Michel dir. 2001), p. 93-111.

Faure, Boss, Le Garff 1980 : Faure (Robert), Boss (Jean-Paul), Le Garff (André), *La Recherche Opérationnelle*, collection Que-Sais-Je ?, Presses Universitaires de France, 5e édition mise à jour, 1980, 127 p.

Faure, Lemaire, Picouleau 2000 : Faure (Robert), Lemaire (Bernard), Picouleau (Christophe), *Précis de Recherche Opérationnelle - Methodes et exercices d'application*, 5e édition (1ere édition par R. Faure : 1968), Dunod, 2000, XXII + 520 p.

Faure, Roucairol, Tolla 1976 : Faure (Robert), Roucairol (Catherine), Tolla (Pierre), *Recherche Opérationnelle*

appliquée 1 : chemins et flots, ordonnancements, collection programmation, Gauthiers-Villars, 1976, 233 p.

Ferdière, 1980 : Ferdière (Alain), *La fouille, pourquoi faire ?* , dans (Schnapp dir. 1980), p. 23-62

Ferdière, 2007 : Ferdière (Alain), Le temps des archéologues, le temps des céramologues, dans *Actes du congrès de Langres (17-20 mai 2007)*, SFECAG, 2007, p.15-24

Fondrillon, 2007 : Fondrillon (Mélanie), *La formation du sol urbain : étude archéologique des terres noires à Tours (4e-12e siècles)*, thèse de doctorat, Université François Rabelais, Tours, 2007, 2 vol., 538 et 321 p.

Frédéric 1978 : Frédéric (Louis), *Manuel pratique d'archéologie*, Robert Laffont, Paris, 1978 (2e édition), 430 p.

Gabay 2004 : Gabay (Joseph), *Merise et UML - pour la modélisation des systèmes d'information,* 01 informatique, Dunod, Paris, 2004 (5e édition), 289 p.

Galinié 1975 : Galinié (Henri), *Datation relative dans un cimetière longtemps utilisé (Tours, Saint-Pierre-le-Puellier)*, dans (de Boüard 1975), fig. 35, p.234-235.

Galinié 1980 : Galinié (Henri), *De la stratigraphie à la chronologie*, dans (Schnapp dir. 1980), p. 63-85.

Galinié, 1999 : Galinié (Henri), *L'appréhension archéologique du sol urbain*, dans (Barles *et al.* dir. 1999), p. 7-21

Galinié 2004 : Galinié (Henri), L'expression "terres noires", un concept d'attente, *Les petits cahiers d'Anatole*, 15, 2004, 29 p. ; http://www.univ-tours.fr/lat/pdf/F2_15.pdf

Galinié dir. 2007 : Galinié (Henri), (sous la direction de), *Tours antique et médiéval, lieux de vie, temps de la ville*, Tours, FERACF, 2007, 440 p., CDrom (supplément RACF ; 30)

Galinié *et al.* 2005 : Galinié (Henri), Husi (Philippe), Rodier (Xavier), Theureau (Christian), Zadora-Rio (Elizabeth) : ARSOL - la chaine de gestion des données de fouilles du Laboratoire Archéologie et Territoires, *Les petits cahiers d'Anatole*, 17, 2005, 25 p. ; http://www.univ.tours.fr/lat/Pages/F2.htm

Galinié *et al.* 2007 : Galinié (Henri), en collaboration avec Husi (Philippe), Motteau (James), Lorans (Elisabeth), Seigne (Jacques), *La fouille du site du "Château"*, dans (Galinié dir. 2007), p. 61-82

Galinié, Rodier, Saligny 2004 : Galinié (Henri), Rodier (Xavier), Saligny (Aude), Entités fonctionnelles, entités spatiales, et dynamique urbaine dans la longue durée, *Histoire et Mesure*, 2004, volume XIX, numéro 3-4, p.223-242.

Gallay 1986 : Gallay (Alain), *L'archéologie demain*, collection sciences, Belfond, 1986, 319 p.

Gallay, 2003 : Gallay (Alain), Reconstituer la vie, André Leroi-Gourhan et la lecture des archives archéologiques, dans Sans dessus dessous, la recherche du sens en Préhistoire - recueil d'études offert à Jean Leclerc et Claude Masset, *Revue Archéologique de Picardie*, numéro spécial 21, 2003, p.51-68.

Gardin 1979 : Gardin (Jean-Claude), *Une archéologie théorique*, L'Esprit Critique, Hachette littérature, 1979, 339 p.

Gardin, Borillo, ed. 1970 : Gardin (Jean-Claude), Borillo (Mario), (sous la direction de), *Archéologie et Calculateurs*, actes du colloque international sur "l'archéologie et les calculateurs , problèmes sémiologiques et mathématiques", organisé par Gardin (Jean-Claude) et Borillo (Mario), tenu à Marseille du 7 au 12 avril 1969, éditions du CNRS, Paris, 1970, 371 p.

Gasche, Tunca, 1983 : Gasche (Hermann), Tunca (Onhan), Guide to Archaeostratigraphic Classification and Terminology : Definitions and Principles, *Journal of Field Archaeology*, Vol. 10, No. 3, (Autumn, 1983), p. 325-335 ; http://www.jstor.org/stable/529547

Gaucher 1990 : Gaucher (Gilles), *Méthodes de recherche en préhistoire*, CNRS plus, presses du CNRS, 1990, 222 p.

Gestion de la documentation scientifique et des mobiliers 2008 : *Gestion de la documentation scientifique et des mobiliers issus des opérations archéologiques dans le cadre de la réglementation actuelle*, Actes du séminaire au Centre archéologique européen du Mont-Beuvray Glux-en-Glenne (Nièvre), 25-27 septembre 2006, Ministère de la culture et de la communication, Direction de l'architecture et du patrimoine, Sous-Direction de l'archéologie, de l'ethnologie, de l'inventaire et du système d'information, Paris 2008, 199 p. ; http://www.culture.gouv.fr/culture/dp/archeo/pdf/bibracte_2006.pdf

Giligny, 2002 : Giligny (François), *De la fouille à l'interprétation : le traitement des données*, dans (Demoule *et al.* 2002), p.127-184

Gille, 1979 : Gille (Bertrand), La notion de "système technique" (essai d'épistémologie technique), *Technique et Culture*, 1, 1979, p.8-18

Ginouvès, Guimier-Sorbets, 1978 : Ginouvès (René), Guimier-Sorbets (Anne-Marie), *La constitution des données en archéologie classique*, éditions du Centre national de la recherche scientifique, centre régional de publication de Lyon, 1978, 161 p.

Giot, Langouët 1984, 1992 : Giot (Pierre-Roland), Langouët (Loïc), *La datation du passé - la mesure du temps en archéologie*, Groupe des Méthodes Physiques et Chimiques en Archéologie (GMPCA), 1984, 188 p. (2e édition 1992, 243 p.)

Girard et al 2005 : Girard (Michel-Claude), Walter (Christian), Rémy (Jean-Claude), Berthelin (Jacques), Morel (Jean-louis), *Sols et environnement*, sciences sup, Dunod, 2005, 816 p.

Gohau 2003 : Gohau (Gabriel), *Naissance de la géologie historique - la terre, des "théories" à l'Histoire*, collection "inflexions", Vuibert Adapt, Paris, 2003, 124 p.

Goldberg, MacPhail, 2006 : Goldberg (Paul), MacPhail (Richard), *Practical and Theoritical Geoarchaeology*, Blackwell Publishing, 2006, 455 p.

Gran-Aymerich, 1998 : Gran-Aymerich (Eve), *Naissance de l'archéologie moderne (1798-1945)*, CNRS éditions, Paris, 533 p.

Gran-Aymerich, 2007 : Gran-Aymerich (Eve), *Les chercheurs du passé 1798-1945 - Aux sources de l'archéologie,* CNRS Editions, Paris, 1271 p

Gruel, Buchsenschutz 1994 : Gruel (Katherine), Buchsenschutz (Olivier), Le relevé de terrain en archéologie : le système Arkéoplan, *Histoire et Mesure*, 1994 volume IX, n° 3/4, "archéologie II", p. 231-238.

Guedj 1997 : Guedj (Denis), *La gratuité ne vaut plus rien - les chroniques mathématiciennes de Libération*, Points, Seuil, 1997, 254 p.

Guillaumet, 1996 : Guillaumet (Jean-Paul), *Bibracte : Bibliographie et plans anciens*, Documents d'Archéologie Française, éditions de la Maison des sciences de l'homme, Paris, 170 p

Guimier-Sorbets, 1990 : Guimier-Sorbets (Anne-Marie), *Les Bases de données en archéologie. Conception et mise en œuvre*, éditions du CNRS, (préface de René Ginouvès), 1990, 272 p.

Guyard, dir 2003 : Guyard (Laurent), (sous la direction de), *Le Collège de France (Paris)*, Documents d'Archéologie Française, 95, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, Paris, 288 p

Hammond, 1991 : Hammond (Norman), Matrices and Maya Archaeology, *Journal of Field Archaeology*, Vol. 18, No. 1, Spring, 1991, p.29-41

Harris 1975 : Harris (Edward Cecil), The stratigraphic sequence : a question of time, *World Archaeology*, 7, 1975, p.109-122.

Harris 1979, 1989 : Harris (Edward Cecil), *Principles of Archaeological Stratigraphy*, Academic Press, London, 1979, 136 p. (2e édition revue, 1989, 170 p.)

Harris 1979b : Harris (Edward Cecil), The laws of archaeological stratigraphy, *World Archaeology*, 11, 1979, p. 111-117.

Harris 1992 : Harris (Edward Cecil), *Stratigraphy is the Matrix of Archaeology*, dans (Trocoli, Sospedra éd. 1992), p.84-107.

Harris 1998 : Harris (Edward Cecil), *25 years of Harris Matrix* ; http://www.harrismatrix.com

Harris, Brown, Brown éd. 1993 : Harris (Edward Cecil), Brown III (Marley R.), Brown (Gregory J.), (edited by), *Practices of archaéological stratigraphy*, Academic Press, London, 1993, 296 p.

Herzog, 1993 : Herzog (Irmela), *Computer-aided Harris Matrix generation*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p. 201-217.

Herzog 2001 : Herzog (Irmela), *Possibilities for Analysing Stratigraphic Data*, Archaologie und Computer, Workshop 6. Forschungsgesellschaft Wiener Stadtarchaologie, November 2001 ; www.stratify.privat.t-online.de/Whatis/Stratify_1.pdf

Herzog 2004 : Herzog (Irmela), Group and Conquer – A Method for Displaying Large Stratigraphic Data Sets, dans « *Enter the Past. The E-way into the Four Dimensions of Cultural Heritage* », CAA 2003, British Archaeological Reports (International serie), 1227, p. 423-426 ; www.stratify.privat.t-online.de/Whatis/Stratify_2.pdf

Herzog, 2006 : Herzog (Irmela), *No News from Stratigraphic Computing* ?, Paper presented at the Workshop 10 *Archäologie und Computer. Kulturelles Erbe und neue Technologien* held in Vienna 2005 ; fichier PDF sur CD. Phoibos Verlag, Vienna 2006 ; http://www.stratify.org/Whatis/Stratify_3.pdf

Herzog, Hansohm, 2008 : Herzog (Irmela), Hansohm (Jürgen), *Monotone Regression – A Method for Combining Dates and Stratigraphy*, Paper presented at the Workshop 12 *Archäologie und Computer. Kulturelles Erbe und neue technologien* held in Vienna 2007 ; fichier PDF sur CD. Phoibos Verlag, Vienna 2008.

Herzog, Scollar 1991 : Herzog (Irmela), Scollar (Irwin), *A new graph theoritic oriented program for Harris Matrix analysis* dans (Lockyear, Rahtz éd. 1991), p.53-59.

Husi, Bellanger 2003 : Husi (Philippe), avec la collaboration de Bellanger (Lise), Estimer la datation, la durée et les discontinuités de l'occupation des sites archéologiques à l'aide de la modélisation des faciès céramiques, *Les petits cahiers d'Anatole*, 13, 30 p. ; http://www.univ-tours.fr/lat/pdf/F2_13.pdf

Jaulin 1978 : Jaulin (Bernard), *A propos des méthodes de Bohumil Soudsky dans la fouille de Bylany*, dans (Borillo éd. 1978), p.126-132.

Jockey 1999 : Jockey (Philippe), *L'archéologie*, collection sujets, Belin, 1999, 399 p.

Journot 1999 : Journot (Florence), Archéologie du bâti, dans *La construction - la pierre*, collection "Archéologiques" dirigée par Alain Ferdière, Editions errance, 1999, p.133-163.

Katsianis et al. 2008 : Katsianis (Markos), Tsipidis (Spyros), Kotsakis (Kostas), Kousoulakou (Alexandra), A 3D digital workflow for archaeological intra-site research using GIS, *Journal of Archaeological Science*, (2008) p. 655-667 ; http://www.elsevier.com/locate/jas

Kenyon, 1952 : Kenyon (Kathleen), *Beginning in Archaeology*, Phoenix Praeger, (second revised edition 1961), 228

p.

Kobylinski 1993 : Kobylinski (Zbigniew), *Polish medieval excavations and the Harris Matrix : applications and developments*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p. 57-67

Lablaude 1997 : Lablaude (Pierre-André), La restauration : science ou pratique, dans *Science et conscience du patrimoine*, actes des entretiens du patrimoine, 28, 29 30 novembre 1994, sous la direction de Pierre Nora, Fayard, éditions du patrimoine, 1997, p.203-212.

Lamotta, Schiffer, 2005 : Lamotta (Vincent), Schiffer (Michael B.), *Archaeological Formation Processes*, dans (Renfrew, Bahn, éd. 2005), p.121-127

Lanos 2001 : Lanos (Philippe), *L'approche bayesienne en chronométrie : application à l'archéomagnétisme*, dans (Barrandon, Guibert, Michel dir. 2001), p. 113-139.

Lefèvre-Pontalis 1906 : Lefèvre-Pontalis (Eugène), Comment doit-on rédiger la monographie d'une église ?, *Bulletin monumental*, tome LXX, 1906 ;
http://www.culture.gouv.fr/culture/inventai/itiinv/cathedrale/docphotographes/Lefevre-Pontalis.htm

Lemonnier, 1983 : Lemonnier (Pierre), A Propos de Bertrand Gille : la notion de « système technique, *L'Homme*, Année 1983, Volume 23, Numéro 2, p. 109 - 115 ; consultable sur http://www.persee.fr

Lemonnier, 1986 : Lemonnier (Pierre), The Study of Material Culture Today : Toward an Anthropology of Technical Systems, *Journal of Anthropological Archaeology* , 5, (1986) , p. 147-186

Leroi-Gourhan 1961 : Leroi-Gourhan (André), Les fouilles d'Arcy-sur-Cure , *Gallia Préhistoire*, tome IV, 1961, repris dans (Leroi-Gourhan, 1983), p.179-196.

Leroi-Gourhan 1963 : Leroi-Gourhan (André), *Sur les Méthodes de Fouilles*, dans (Courbin dir. 1963), p.49-57 ; repris dans (Leroi-Gourhan, 1983), p.135-144.

Leroi-Gourhan 1971 : Leroi-Gourhan (André), Reconstituer la vie, dans "La vie préhistorique", *Sciences et Avenir*, numéro spécial, p. 57-68, 1971 ; repris dans (Leroi-Gourhan, 1983), p.234-255.

Leroi-Gourhan 1983 : Leroi-Gourhan (André), *Le fil du temps - ethnologie et préhistoire 1935-1970*, Fayard, le temps des sciences, 1983, 384 p.

Leroi-Gourhan, 1984 : Leroi-Gourhan (André), *Pincevent - campement magdalénien de chasseurs de Rennes*, Guides archéologiques de la France, ministère de la Culture, imprimerie nationale, 3, 1984, 94 p.

Leroi-Gourhan, Brézillon, 1972 : Leroi-Gourhan (André), Brézillon (Michel), *Fouilles de Pincevent. Essai d'analyse ethnographique d'un habitat magdalénien (la section 36)*, Gallia Préhistoire, 7e supplément à Gallia Préhistoire, CNRS, 2 volumes (345 p. et 1 volume de plans)

Lock 2003 : Lock (Gary), *Using computer in archaeology - towards virtual pasts*, Routledge, London and New York, 2003, 300 p.

Lockyear, Rahtz éd. 1991 : Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1990, edited by K. Lockyear and S. Rahtz, *British Archaeological Reports* (International series), 565, 1991.

Losier, Pouliot, Fortin, 2007 : Losier (Louis-Martin), Pouliot (Jacynthe), Fortin (Michel), 3D geometrical modeling of excavation units at the archaeological site of Tell 'Acharneh (Syria), *Journal of Archaeological Science*, 34 (2007) p.272-288 ; http://www.elsevier.com/locate/jas

Loustaud 1985 : Loustaud (Jean-Pierre), Techniques de fouilles terrestres, dans *L'archéologie et ses méthodes*, sous la direction de Pelletier (Alain), éditions Horvath, Roanne, 1985, p.61-81.

Lucas 2005 : Lucas (Gavin), *The archaeology of Time*, Routledge, themes in archaeology, 150p.

Manacorda, 2008 : Manacorda (Daniele), *Lezione di archeologia*, Gius, Laterza & Figli, 292 p.

Meyer dir. 1981 : Meyer (Olivier) (sous la direction de) *Saint-Denis - 93 - fouilles urbaines - rapport d'activité 1980*, , imprimerie municipale de Saint-Denis, janvier 1981.

Meyer et al. 1980 : Meyer (Olivier), Meyer (Nicole), Bourgeau (Laurent), Coxall (David-John), Archéologie urbaine à Saint-Denis, présentation d'une expérience en cours, *Archéologie Médiévale*, tome X, 1980, Caen, centre de recherches archéologiques médiévales, p.271-308.

Meyer et al. 1983 : Meyer (Olivier), Bourgeau (Laurent), Coxall (David-John), Meyer (Nicole), Relier (Caroline), Wyss (Michaël), Introduction à la fouille urbaine – stratification et enregistrement des données de terrain, dans *ville de Saint-Denis, unité d'archéologie, rapport 1982*, imprimerie municipale de Saint-Denis, juin 1983, p.175-199.

Meyer-Rodrigues, 2008 : Meyer-Rodrigues (Nicole), Enjeux et valeurs du mobilier archéologique : le point de vue d'une archéologue de collectivité, dans *Gestion de la documentation scientifique et des mobiliers 2008* p.134-140

Moberg 1980 : Moberg (Carl-Axel), *Introduction à l'Archéologie*, textes à l'appui, François Maspéro, 1980 (2e édition), 260 p.

Moberg, 1981 : Moberg (Carl-Axel), From Artefacts to Timetables to Maps (to Mankind?) : Regional Traditions in Archaeological Research in Scandinavia-, *World Archaeology*, Vol. 13, No. 2, Regional Traditions of Archaeological Research I, (Oct., 1981), pp. 209-221 ; http://www.jstor.org/stable/124438

Mohen dir. 1989 : *Le temps de la préhistoire*, sous la direction de Jean-Pierre Mohen, Société préhistorique française, éditions Archeologia, 1989, tome I.

Moscati, 1994 : Moscati (Paola), Choice, representation and structuring of archaeological information: A current problem, *Archeologia e Calcolatori*, 5, 1994, p. 9-21

Murray éd. 1999 : Murray (Tim) (edited by), *Time and Archaeology*, One world Archaeology, Routledge, London and New York, 1999, 172 p.

Mutzel, Reitgruber, Schuhmacher 2001 : Mutzel (Petra), Reitgruber (Barbara), Schuhmacher (Barbara) , ArchEd: an Interactive Tool for Visualizing Harris Matrices, *Archaologie und Computer*, Workshop 6. Forschungsgesellschaft Wiener Stadtarchaologie, November 2001 ; http://www.archaeologie-wien.at/workshop/Workshop_old/workshop/pop23.htm

Mutzel, Weiskircher, 1999 : Mutzel (Petra), Weiskircher (René), -*Automatic Graph Drawing*-, présentation en ligne ; http://www.ads.tuwien.ac.at/research/graphDrawing.html

Négri, 2008 : Négri (Vincent), Les variations du statut juridique du mobilier archéologique, dans *Gestion de la documentation scientifique et des mobiliers 2008,* p.7-14

Okello Abungu, 2008 : Okello Abungu (George), Archéologie, pillage et restitution : la destruction du futur de l'humanité, dans *L'avenir du passé - modernité et archéologie*, sous la direction de Jean-Paul Demoule et Bernard Stiegler, Inrap, La Découverte, Paris, p. 154-168

Olivier 2001 : Olivier (Laurent), Temps de l'histoire et temporalités des matériaux archéologiques : à propos de la nature chronologique des vestiges matériels, *Antiquités Nationales*, 33, 2001, p.189-201.

Olivier, 2008 : Olivier (Laurent), *Le sombre abîme du temps - mémoire et archéologie*, la couleur des idées, Seuil, Paris, 2008, 303 p.

Orton, 1979 : Orton (Clive), Dealing with the pottery from a 600 acres urban site, dans P*ottery and the archaeologist*, M Millett ed., Institute of archaeology, university of London, occasional publication n° 4, p- 61-71

Orton 1980 : Orton (Clive), *Mathematics in archaeology*, Cambridge University Press, 248 p.

Paice 1991 : Paice (Patricia), Extensions to the Harris Matrix System to Illustrate Stratigraphic Discussion of an Archaeological Site, *Journal of Field Archaeology*, vol.18, 1991, p.17-28.

Parent et al. 1997 : Parent (Christine), Spaccapietra (Stefano), Zimányi (Esteban), Donini (Pier), Plazanet (Corinne), Vangenot (Christelle), Rognon (Nadia), Crausaz (Pierre-André), MADS, modèle conceptuel spatio-temporel, *Revue Internationale de Géomatique*, vol. 7, num. 3/4, 1997, p. 317-352

Parron-Kontis, Reveyron dir. 2005 : Parron-Kontis (Isabelle), Reveyron (Nicolas) (textes réunis par), *Archéologie du bâti - pour une harmonisation des méthodes*, Actes de la table ronde - 9 et 10 novembre 2001 - musée archéologique de Saint-Romain-en-Gal (Rhône), éditions Errance, 2005, 159 p.

Parrot, 1976 : Parrot (André), *L'archéologie*, éditions Seghers 1976 (réédition Petite Bibliothèque Payot 1996), 179 p.

Parrot, 1979 : Parrot (André), *L'aventure archéologique*, collection "Vécu", Robert Laffont, Paris, 1979, 295 p.

Peake 1994 : Peake (Rebecca), Traitement des données stratigraphiques du site 16 rue des tanneurs à Noyon (Oise), dans *compte-rendu des projets 1993-1994, séminaire de méthode pour le traitement de l'information archéologique (*sous la direction de François Djindjian, François Giligny, Bruno Desachy), reprographié, université de Paris I, 1994.

Pelle 2001 : Pelle (Stéphane), *Quelques conseils pour modéliser des données géographiques*, Ecole Nationale des Sciences Géographiques ; http://www.ensg.ign.fr/~spelle/HBDSConseils.htm

Pelle 2002 : Pelle (Stéphane), *La théorie des graphes*, cours IT2 2002, Ecole Nationale des Sciences Géographiques ; http://www.ensg.ign.fr/~spelle/TheorieGraphes.pdf

Petit dir. 1988 : Petit (Dominique), (sous la direction de), *Truelles et palissades - 10 ans d'archéologie à Orléans*, catalogue de l'exposition à la collégiale Saint-Pierre-le-Puellier, 17 décembre 1988 - 12 mars 1989, ville d'Orléans, IBM France, 162 p.

Pétrequin et al. 1985 : Pétrequin (Pierre), Chaix (Louis), Pétrequin (Anne-Marie), Piningre (Jean-François), *La grotte des Planches-près-Arbois (Jura) - proto-Cortaillod et Âge du Bronze final*, éditions de la maison des sciences de l'Homme, Paris, 1985, 273 p.

Pesez 1997 : Pesez (Jean-Marie), *L'archéologie - mutations, missions, méthodes*, collection 128, Nathan université, 1997, 128 p.

Poplin 1989 : Poplin (François), *L'âge de l'Homme et de la terre au temps des encyclopédistes et de Buffon*, dans (Mohen dir. 1989), p. 4-7.

Popper, 1935, 1973 : Popper (Karl), *La logique de la découverte scientifique*, bibliothèque scientifique Payot, 480 p. (traduction de *Logik der Forschung* , 1935)

Poupet 1999 : Poupet (Pierre) , *La pédologie*, dans (Bravard et al. 1999), p.93-138

Praetzellis 1993 : Praetzellis (Adrian), *The Limits of arbitrary excavation*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p. 68-86

Pressouyre 1990 : Pressouyre (Léon), In Memoriam - Michel de Boüard, tel qu'en lui-même, *Archéologie Médiévale*, XX, 1990, p.VII-IX.

Prins 1997 : Prins (Christian), *Algorithmes de graphes*, Eyrolles, Paris, 1997, 401 p.

Py dir. 1997 : Py (Michel), (sous la direction de), *SYSLAT 3.1, Système d'Information Archéologique - manuel de référence*, Lattara 10, 1997, 384 p.

Randouin éd. 1987 : Randouin (Bernard), (textes réunis par), *Enregistrements des données de fouilles urbaines (première partie)*, Centre National d'Archéologie Urbaine, Tours, 1987, 99 p.

Rathje 1980 : Rathje (William), *L'opération poubelle - une nouvelle manière de regarder les problèmes de l'archéologie*, dans (Schnapp dir. 1980), p. 251-261.

Rauxloh, 2000 : Rauxloh (Peter), *Stratigraphy, Residuality and a Relational Database*, dans (Roskams dir. 2000), p. 213-216

Reinach, 1911 : Reinach (Salomon), La méthode en archéologie, dans *De la Méthode dans les Sciences*, deuxième série, nouvelle collection scientifique, , librairie Félix Alcan, 1911, p.199-219

Renfrew, Bahn, 2004 : Renfrew (Colin), Bahn (Paul), *Archaeology - Theories, Methods and Practice (fourth edition)*, Thames and Hudson, 656 p.

Renfrew, Bahn, ed. 2005 : Renfrew (Colin), Bahn (Paul), (edited by), *Archaeology - the key concepts*, Routledge, 298 p.

Reveyron 2002 : Reveyron (Nicolas), L'apport de l'archéologie du bâti dans la monographie d'architecture, *In situ*, 2-2002. http://www.culture.gouv.fr/culture/revue-inv/002/nr002.pdf

Rey dir. 1997 : Rey (Jacques) (sous la coordination de), *Stratigraphie - terminologie française*, Comité Français de Stratigraphie, *bull. Centre Rech. Explor.-Prod, Elf Aquitaine*, mémoire 19, 164 p. 1997

Richard 1989 : Richard (Nathalie), Le temps catastrophiste de Boucher de Perthes, le temps transformiste de Gabriel de Mortillet, dans *Le temps de la préhistoire*, (Mohen dir. 1989), p. 8-11.

Richards, 1998 : Richards (Julian D.), Recent Trends in Computer Applications in Archaeology, *Journal of Archaeological Research*, Vol. 6, No. 4, 1998, p.331-382

Rigambert 1996 : Rigambert (Catherine), *Le droit de l'archéologie française*, Picard éditeur, 1996, 255 p.

Rigaux 2003 : Rigaux (Philippe), *Cours de bases de données*, Conservatoire national des arts et métiers, juin 2003.

Rodier, Saligny, 2007 : Rodier (Xavier), Saligny (Laure), *Modélisation des objets urbains pour l'étude des dynamiques urbaines dans la longue durée*, in Batton-Hubert M., Joliveau T., Lardon S., (dir.) 2007: SAGEO 2007, Rencontres internationales Géomatique et territoire. CdRom. Série : Aménagement du territoire, AgroParisTech-ENGREF Clermont-Ferrand, 24 p.

Rosenstiehl, 2002 : Rosenstiehl (Pierre), Claude Berge, ses graphes et hypergraphes, *Mathématiques et sciences humaines*, n° 160, Hiver 2002, p 7-12 ; http://msh.revues.org/document2915.html

Roskams, 1992 : Roskams (Steve), *Finds Context and Deposit Status*, dans (Steane dir. 1992), p.27-29

Roskams, 2001 : Roskams (Steve), *Excavation*, Cambridge Manuals in Archaeology, Cambridge University Press, 311 p.

Roskams, dir. 1996 : Roskams (steve) (edited by), *Interpreting Stratigraphy 8 - 1996 York-*, Papers presented to the Eight Stratigraphy Conference at York, Print Unit, University of York, 84 p. http://www.york.ac.uk/depts/arch/strat/pastpub/96wv.pdf

Roskams dir. 2000 : Roskams (steve), (edited by), *Interpreting Stratigraphy - Site evaluation, recording procedures and stratigraphic analysis*, Papers presented to the Interpreting Stratigraphy Conferences 1993-1997, edited by Steve Roskams, British Archaeological Reports (International series), 910, 256 p.

Roy, 1959 : Roy (Bernard), Contribution de la théorie des graphes à l'étude de certains problèmes linéaires, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, tome 248, séance du 27 avril 1959, p. 2437-2439

Roy, 2006 : Roy (Bernard), Regard historique sur la place de la recherche opérationnelle et de l'aide à la décision en France, *Mathématiques et sciences humaines*, 44e année, n° 175, 2006 (3), p. 25-40

Ryan 2001 : Ryan (Nick), Jnet, a successor to gnet, *Archaologie und Computer*, Workshop 6. Forschungsgesellschaft Wiener Stadtarchaologie, November 2001 ;
http://www.cs.kent.ac.uk/people/staff/nsr/arch/jnet/jnet_vienna.doc

Sapin, 1999 dir. : Sapin (Christian), (sous la direction de), *Peindre à Auxerre au Moyen Âge- IXe-XIVe siècles - Dix ans de recherches à l'abbaye Saint-Germain d'Auxerre et à la cathédrale Saint-Étienne d'Auxerre-*, Collection : Mémoires de la section d'archéologie et d'histoire de l'art numéro : 7, 300 p. ; CD-rom joint avec annexes

Schaer 1993 : Schaer (Roland), *L'invention des musées*, Découvertes Gallimard, Réunion des Musées Nationaux, 1993, 144 p.

Schiffer, 1987, 1996 : Schiffer (Michael. B.), *Formation processes of the archeological record*, Albuquerque, University of New Mexico press, 1987 (réédition University of Utah Press, 1996, 428 p.)

Schnapp dir. 1980 : Schnapp (Alain), (dirigé par), *L'Archéologie Aujourd'hui*, Bibliothèque d'Archéologie, Hachette Littérature, 1980, 320 p.

Schnapp 1993 : Schnapp (Alain), *La conquête du passé - Aux origines de l'archéologie*, éditions Carré, Paris, 1993, 384 p.

Schnapp 2002 : Schnapp (Alain), *Histoire de l'archéologie et l'archéologie dans l'histoire*, dans (Demoule *et al.* 2002), p. 9-38

Seigne dir. 2007 : Seigne (Jacques), (sous la coordination de), Dendrochronologie et datations archéologiques pour la période antique. Compte-rendu de la table-ronde du 23 janvier 2006 à Tours, *Les petits cahiers d'Anatole*, revue en ligne publiée par le Laboratoire Archéologie et Territoires, UMR 6173, 20, (23/01/07), 10p. ;
http://citeres.univ-tours.fr/doc/lat/pecada/pecada_20.pdf

Sharon, 1995 : Sharon (Ilan), Partial Order Scalogram Analysis of Relations - A Mathematical Approach to the Analysis of Stratigraphy, *Journal of Archaeological Science*, 22 (1995), p.751-767

Shepherd dir. 1995 : Shepherd (Liz), (edited by), *Interpreting Stratigraphy 5*, Proceedings of a Conference held at Norwich Castle Museum on Thursday 16th June 1994, Norwich, 71 p. ;
http://www.york.ac.uk/depts/arch/strat/pastpub/95wv.pdf

Signore, Missikoff, Moscati, 2005 : Signore (Oreste), Missikoff (Oleg), Moscati (Paola), La gestione della conoscenza in archeologia: modelli, linguaggi e strumenti di modellazione concettuale dall'XML al semantic Web, *Archeologia e Calcolatori*, 16, 2005, p 291-319 ; http://soi.cnr.it/archcalc/indice/PDF16/SIGNORE291-319.pdf

Sopena 2001 : Sopena (Eric), Éléments de théorie des graphes, présentation réalisée par Éric Sopena, professeur à l' I.U.T de Technologie de l'Université Bordeaux 1 (septembre 2001) ;
http://mathematiques.ac-bordeaux.fr/peda/lyc/seqdocped/graphes/cours/elem_theorie_graphes.pdf

Soudsky 1970 : Soudsky (Bohumil), Le problème des propriétés dans les ensembles archéologiques, dans *Actes du colloque international "archéologie et les calculateurs , problèmes sémiologiques et mathématiques"*, Marseille 7 - 12 avril 1969, sous la direction de J.C. Gardin et M. Borillo, éditions du CNRS, Paris, 1970, p.45-52.

Soulier *et al.* 1978 : Soulier (Philippe) (sous la direction de), Ruffier (Olivier), Toupet (Christophe), Trombetta (Jean-Pierre), *Abbaye de Maubuisson Saint-Ouen l'Aumone (Val d'OIse) - rapport de fouille 21 Mai - 15 décembre 1978*, reprographié, 27 p. , déposé à la bibliothèque du service archéologique départemental du Val d'Oise.

Speller et al. 2008 : Speller (Anne), Bellan (Gilles), Bryas (Emmanuelle), Ciezar (Pablo), L'INRAP et les nouvelles dispositions relatives à la gestion du mobilier et de la documentation scientifique-, dans *Gestion de la documentation scientifique et des mobiliers* 2008 p.106-115

Spence 1992 : Spence (Craig), *An introduction to the Excavation Recording System of the Department of Urban Archaeology - Museum of London*, dans (Trocoli, Sospedra éd. 1992), p.108-123.

Spence, 1992b : Spence (Craig), *Archaeological Site Manual*, dans (Trocoli, Sospedra éd. 1992), p.123-252.

Spence 1993 : Spence (Craig), *Recording the archaeology of London : the development and implementation of the DUA recording system*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p. 23-46.

Steane, 1992 : Steane (Kate), *Reinterpretation : thoughts from the backlog*, dans (Steane dir. 1992), p.40-42

Steane (dir), 1992 : Steane (Kate), (compiled by), (with Jen Mann and Helen Palmer-Brown), *Intrepretation of stratigraphy : a review of the art-, proceedings of a conference held on 18th june, 1992, at the City of Lincoln Archaeology Unit*, CLAU archaeological report n° 31, 42 p ; http://www.york.ac.uk/depts/arch/strat/pastpub/92lin.htm

Stein, 1987 : Stein (Julie), Deposits for archaeologists, dans Schiffer, M. B. (ed.), *Advances in Archaeological Method and Theory*, Vol. 11, Academic Press, San Diego, p. 337-393 ; http://faculty.washington.edu/jkstein/publications.htm

Stein, 1990 : Stein (Julie), Archaeological stratigraphy, dans Lasca, N. P., and Donahue, J. (eds.), *Archaeological Geology of North America*, Geological Society of North America, Centennial Special Vol. 4, Boulder, CO, p. 513-523 ; http://faculty.washington.edu/jkstein/publications.htm

Stein, 2000 : Stein (Julie), Stratigraphy and Archaeological Dating, dans Nash, S. E. (ed.), *It's About Time: A History of Archaeological Dating in North America*. Univeristy of Utah Press, Salt Lake City, p. 14-40 ; http://faculty.washington.edu/jkstein/publications.htm

Stein, 2005 : Stein (Julie), *Principles of stratigraphic succession*, dans (Renfrew, Bahn, ed. 2005), p.243-248

Trocoli 1993 : Trocoli (Isabel G.), *The contribution of the Harris Matrix to the development of Catalan archaeology*, dans (Harris, Brown, Brown éd. 1993), p. 47-56.

Trocoli, Sospedra éd. 1992 : Trocoli (Isabel G.), Sospedra (Rafel), (sous la direction de), *Harris Matrix - sistemes de registre en arqueologia*, Publicacions de l'Estudi General de Lleida, collection El Fil d'Ariadna, Pagès editors , Lleida, 1992, 2 volumes, 253 et 275 p.

Vidal-Naquet 1980 : Vidal-Naquet (Pierre), *Le texte, l'archéologue et l'histoire*, dans (Schnapp dir. 1980), p.173-186

Vince, 1995 : Vince (Alan), *Approaches to Residuality in Urban Archaeology*, dans (Shepherd dir. 1995), p.9-14

Wheathley, Gillings 2002 : Wheathley (Daniel), Gillings (Mark), *Spatial technology and archaeology - the archaeological applications of GIS*, Taylor & Francis, 2002, 269 p.

Wheeler 1954, 1989 : Wheeler (Mortimer), *Archéologie : la voix de la terre*, traduction de Archaeology from the Earth (Oxford University Press 1954), par Myriam Morel-Deledalle et Annie Pralong, preface de Paul Courbin, Edisud, 1989, 255 p.

Yule, 1992 : Yule (Brian), *Truncation Horizons and Reworking in Urban Stratigraphy*, dans (Steane dir. 1992), p. 20-22

Zadora-Rio 1994 : Zadora-Rio (Elizabeth), Le sytème de gestion des données de fouilles à Rigny, *Le Médiéviste et l'Ordinateur*, 29, Printemps 1994 . http://lemo.irht.cnrs.fr/

Table des figures

fig. 1: coupe de tumulus dessinée par Olof Rudbeck en 1697 (document reproduit dans Schnapp 1993 p.200).....20

fig. 2: Saint-Acheul 1859 : la preuve stratigraphique.....25

fig. 3: "protostratigraphie" et extrapolation : "coupe théorique" publiée par Jacques de Morgan en 1912 (document reproduit dans Gran-Aymerich 1998 p.291).....32

fig. 4: Kidder : la coupe, reflet de l'analyse stratigraphique (document reproduit dans Daniel 1981 p. 176).....35

fig. 5: Wheeler : la dénonciation de la destruction de l'information stratigraphique (Wheeler 1954, trad. 1989, fig.16 p.91) 35

fig. 6: Wheeler et Kenyon : le mur fantôme.....36

fig. 7: Wheeler : la dénonciation de la destruction de l'information stratigraphique (II) (Wheeler 1954, trad.1989, fig. 11 p.70).....36

fig. 8: la méthode Wheeler : des chantiers au carré.....37

fig. 9: Sutton Hoo 1939 : déjà la fouille stratigraphique en aire ouverte (photo reproduite dans Daniel 1981 p.179).....40

fig. 10: Les limites du système Wheeler : la stratification morcelée par les banquettes.....41

fig. 11: la coupe, référence impossible en stratification dense.....42

fig. 12: fouille en aire ouverte à Winchester en 1968.....45

fig. 13: la Harris Matrix : diagramme et synthèse de plusieurs coupes (Harris 1979 fig.32).....46

fig. 14: schématisation des relations stratigraphiques d'après E. Harris (extrait de Harris 1979).....60

fig. 15: le cycle de stratification anthropique d'après Harris (extrait de Harris 1979 fig.8).....64

fig. 16: exemple d'unité d'altération (rubéfaction de la paroi d'un four).....65

fig. 17: schéma du processus de stratification (érosion - dépôt - altération).....67

fig. 18: les types d'unités stratigraphiques d'après Harris (1979, chap. 5 et 6).....68

fig. 19: de l'évènement à l'US : interprétation culturelle et processus de formation.....73

fig. 20: typologie fonctionnelle des couches (extrait de Fondrillon 2007 p.158).....73

fig. 21: exemple d'interprétations des unités - Paris, fouilles du Louvre, cour Napoléon, 1985 (document AFAN CRDP). 74

fig. 22: « Carver Matrix » (extrait de Carver 1990 fig 24 et 25).....75

fig. 23: « Paice Matrix » (extrait de Paice 1991).....76

fig. 24: cycle de stratification et objets archéologiques.....79

fig. 25: inscription du temps stratigraphique dans le temps quantifié.....82

fig. 26: exemples de fiches d'unité stratigraphique.....85

fig. 27: information stratigraphique, spatiale et attributaire sur un relevé de coupe....86

fig. 28: Single context plan....87

fig. 29: système informatisé d'enregistrement par US et relevé 3D sur le site de Paliambela Kolindros (Grèce) (Katsianis et al. 2008 p. 665)....88

fig. 30: le processus de dépouillement des relations observées pour arriver à la Harris Matrix (dépouillement des relations non redondantes) (Harris 1979 fig.28)....91

fig. 31: utilisation du sériographe EPPM sur des données de fouille urbaine (extrait de Desachy 2004 b)....96

fig. 32: exemples d'éléments de datation....98

fig. 33: diagrammes mis en paliers, et graphique des intervalles TPQ-TAQ d'après la stratification et les éléments de datation de la figure 32....99

fig. 34: diagramme mis en séquences et phases (fouilles du monastère du Mont St Syméon, Syrie, 2007)....101

fig. 35: schéma extrait de Bordes 1975....106

fig. 36: Euler et les ponts de Königsberg : de la topographie à la topologie....112

fig. 37: graphes....113

fig. 38: graphes partiels et sous-graphes....114

fig. 39: graphe MPM du processus (fictif) de fouille d'une sépulture....115

fig. 40: graphe PERT du processus (fictif) de fouille d'une sépulture....116

fig. 41: information structurée en table....141

fig. 42: catégories d'enregistrements différentes (US et mobilier) mélangées dans une table unique....142

fig. 43: relation 1 à plusieurs....143

fig. 44: relation plusieurs à plusieurs (US et mobilier)....144

fig. 45: relation plusieurs à plusieurs US et mobilier : modèles conceptuel (MCD) et logique (MLD) de données (représentation méthode Merise)....146

fig. 46: analyse de processus archéologiques....148

fig. 47: une structure de base de données d'enregistrement (parmi d'autres) correspondant au modèle général, décliné au niveau d'un enregistrement par US (base Stratibase présentée en 2e partie)....154

Table des matières détaillée de la partie 1

Introduction....3

1. La stratigraphie archéologique : aperçu historique....6

1.1. Extraire l'objet de sa gangue : la fouille sans stratigraphie....6

1.1.1. La chasse aux objets de valeur : le fouilleur prédateur (de l'Antiquité à nos jours)....7

L'ancienneté des fouilles prédatrices....7

L'exploitation des gisements archéologiques à grande échelle : les flux de pillage contemporains....8

1.1.2. La collecte d'objets à étudier : antiquaires et philologues (Renaissance - 19e siècle)....9

Humanisme et antiquarisme....9

La philologie archéologique....11

1.1.3. Le temps figé des ruines : les dégagements de sites (18e - 20e siècle)....12

Les vestiges in situ : première prise en compte du contexte....12

L'instant figé de Pompéi : une vision forte, excluant la stratigraphie....13

Ôter le voile du temps : les grandes fouilles de dégagement....14

La tradition du temps figé : l'archéologie monumentale en France....15

1.1.4. L'objet sans le contexte : permanence et actualité de la fouille sans stratigraphie....17

Caractères généraux de l'archéologie sans stratigraphie : une archéologie de l'objet....17

Les deux archéologies actuelles : archéologie de l'objet, archéologie de terrain....18

1.2. Le temps vu en coupe : la stratigraphie archéologique classique....19

1.2.1. Les origines : la révolution chronologique des sciences naturelles (fin XVIIIe - début XIXe s.)....20

Des observations isolées dans un cadre intellectuel contraint....20

La naissance des sciences de la Terre et l'éclatement du cadre biblique....21

L'apparition et le développement des concepts de la stratigraphie géologique....22

la voie ouverte à la méthode stratigraphique en archéologie....23

1.2.2. La stratigraphie au cœur de la Préhistoire : l'application des concepts géologiques (XIXe - XXIe s.)....23

Un dernier verrou intellectuel : le refus de l'ancienneté de l'Homme....23

1859 : la naissance de la Préhistoire, ou la preuve par la stratigraphie....24

Typologie et stratigraphie : le débat entre les premiers préhistoriens....25

La tradition de la stratigraphie géologique en archéologie préhistorique....26

1.2.3. Contextes et structures : le double apport des protohistoriens (XIXe – milieu XXe s.)....27

Le lien entre typologie et stratigraphie : le raisonnement fondé sur la relation objet – contexte....27

L'identification des structures d'occupation ténues : la stratigraphie non verticale....28

Un impact limité mais réel sur l'archéologie française....29

1.2.4. La stratigraphie aux marges de l'archéologie classique et historique (1873-1954)....30

Le temps empilé des cités enfouies : Schliemann et le mythe de Troie....30

L'exploration des origines des civilisations urbaines de l'Ancien Monde....30

La « proto-stratigraphie » : une première vision approximative des stratifications anthropiques....31

1.2.5. L'école de Wheeler, première approche systématique des stratifications anthropiques (1954-1990) 33
La perception du processus de stratification anthropique.....33
Mortimer Wheeler et ses élèves.....35
La tradition wheelerienne en France.....37
1.2.6. Caractères généraux de la stratigraphie classique : la primauté de la vision en coupe 38
La référence : la coupe.....38
La coupe et l'organisation de la fouille : une vision doublement verticale.....38
La place marginale de la vision non verticale.....39
1.3 Le temps lu dans l'espace : la stratigraphie archéologique tridimensionnelle 40
1.3.1. La naissance de l'aire ouverte urbaine : la lecture stratigraphique au delà de la coupe (1965-1977).....41
Quand la coupe de référence déborde… Le problème des sites urbains à stratification complexe.....41
le développement de l'analyse spatiale et la remise en cause de la vision verticale.....42
L'expérience de Winchester : l'aire ouverte et l'intégration de la stratigraphie dans le processus de fouille.....44
Des coupes à l'ensemble du volume fouillé, le passage en trois dimensions de l'identification stratigraphique.....44
1.3.2. La création de la Harris Matrix et ses conséquences méthodologiques (1973- 1979) 46
Un nouvel outil synthétique pour la chronologie stratigraphique.....46
Le modèle stratigraphique de Harris : un changement de paradigme.....47
Le modèle de Harris, complément méthodologique de la fouille en aire ouverte.....48
1.3.3. La mutation de l'enregistrement de terrain sur les fouilles urbaines (années 1970).....49
le « single context recording » : l'apparition de systèmes analytiques d'enregistrement 49
La fin de l'équivalence « stratigraphie = relevé de coupe » 49
La nécessité d'une nouvelle organisation du travail 50
1.3.4. La diffusion du modèle de Harris et de la fouille stratigraphique en aire ouverte (1979 – 2008).....50
Dans les pays européens et au delà.....50
En France.....51
1.3.5. la stratigraphie de Harris aujourd'hui : un état de l'art face à des limites.....53
Un succès apparent, mais une assimilation limitée.....53
L'apparition de limites opérationnelles.....54
1.3.6. L'informatisation de l'enregistrement et du traitement stratigraphique (1980-2008).....54
L'informatisation des systèmes d'enregistrement de terrain.....54
Premières recherches sur les outils d'aide au traitement stratigraphique.....55
2. La stratigraphie archéologique : quelques notions actuelles.....58
2.1 L'analyse du terrain : la notion d'unité stratigraphique.....59
2.1.1. les concepts fondamentaux d'analyse : interfaces et unités stratigraphiques 59
lnterfaces et identification des US : la définition première de l'unité stratigraphique.....59
Interfaces et relations d'antéro-postériorité : un saut dans l'abstraction chronologique.....60
Interfaces et relations de synchronisme : une ambiguïté.....61
Les aléa de l'identification stratigraphique : proposition d'une modalité d'incertitude.....62
2.1.2. L'US, unité physique de formation du terrain archéologique.....64
La notion de négatif et les deux étapes du cycle de stratification anthropique de Harris.....64
Proposition d'un type spécifique d'US : l'unité d'altération, dans un cycle à trois étapes.....65
Les caractères « non historiques » des unités stratigraphiques.....67
« Anthropo-relief » et « anthropo-sol ».....69
La stratigraphie archéologique, une science autonome ? 70
2.1.3. L'US unité d'interprétation culturelle et historique du site.....72
Interprétation culturelle et historique des unités 72
Vers une interprétation culturelle et historique des relations stratigraphiques : rupture ou continuité d'occupation ?....74
2.1.4. l'US unité d'étude des vestiges matériels recueillis 77
La concordance entre enregistrement des couches et recueil du mobilier.....77
Caractériser la relation matériel recueilli/ contexte 77
2.1.5. l'US unité de temps quantifié.....80
Durées et instants : proposition d'inscription du cycle stratigraphique dans le temps quantifié.....80
Borner l'instant final : les indicateurs TPQ et TAQ.....82
En perspectives : un jeu plus étendu d'indicateurs de datation, la prise en compte des durées de vie culturelle.....83
2.1.6. l'US unité d'enregistrement.....84

Unité et système d'enregistrement....84
Remarques sur l'enregistrement graphique....85
2.2. La synthèse chronologique : le diagramme stratigraphique....88
2.2.1. L'établissement de la chronologie stratigraphique : le diagramme nu....89
Représentation graphique....89
Proposition de représentation : le graphe ortho-linéaire....89
De la stratigraphie physique à la stratigraphie abstraite : le traitement des relations redondantes....91
2.2.2. La stratigraphie et le temps relatif des évolutions de la culture matérielle....93
Stratigraphie et sériation chronologique : une dialectique pérenne....93
Un outil : le sériographe (examen des écarts à l'indépendance sous contrainte de l'ordre stratigraphique)....95
2.2.3. L'inscription de la chronologie stratigraphique dans la chronologie quantifiée....96
La correction stratigraphique des intervalles de datation....96
Représentation graphique : mise en palier du diagramme, graphique des intervalles de datation....98
2.2.4. les regroupements synthétiques d'unités stratigraphiques....99
La pratique des regroupements d'unités dans le traitement des données stratigraphiques....99
Regroupements structurels et chronologiques : la dialectique des vues synchronique et diachronique....100
2.3 Application et limites de la méthode stratigraphique....101
2.3.1. La pluralité des approches : les trois niveaux d'analyse du terrain....102
L'analyse spatiale large : la fouille en grand décapage....102
L'analyse spatiale fine : la fouille « ethnographique »....102
Le niveau médian : l'analyse par US....103
2.3.2. la complémentarité des approches....103
Une unité méthodologique autour de la notion de contexte....103
Des critères pour le choix de l'approche pertinente : les caractères de la stratification....104
Pour une perméabilité des approches....104
2.3.3. Le champ de l'approche stratigraphique....106
Un cadre nécessaire....106
Des outils utiles : diagramme et single context recording....107
Un cas d'application spécifique : l'archéologie du bâti....107
3. Formalisation du traitement des données stratigraphiques....109
3.1. Outils mathématiques....109
3.1.1. Les relations stratigraphiques : des objets mathématiques munis de propriétés....109
Réflexivité, symétrie, transitivité et types de relations....109
L'antéro-postériorité stratigraphique : une relation d'ordre....110
Le synchronisme stratigraphique : une relation d'équivalence....111
3.1.2. l'identification des relations à partir des interfaces : un processus topologique....111
De la géométrie du site à la géométrie de situation : les ponts de Königsberg....111
Application à la stratigraphie....112
3.1.3. Le diagramme stratigraphique : une application de théorie des graphes....112
Notions de graphe....112
Recherche opérationnelle et graphes d'ordonnancement dans le temps....114
La parenté formelle du graphe MPM et du diagramme stratigraphique....116
La spécificité du diagramme stratigraphique....116
3.1.4. Le choix d'une structure de codage et de traitement : la matrice d'adjacence....117
Principe....117
Le point de départ du traitement : le codage des relations enregistrées sur la matrice....117
3.2. Le temps ordonné : l'obtention du diagramme stratigraphique....118
3.2.1. Traitement des synchronismes – notion d'ensemble synchrone....119
Déduction des synchronismes non enregistrés par symétrie et transitivité....119
Identification et fusion des ensembles synchrones : la dialectique du maître et de l'esclave stratigraphiques....119
3.2.2. Traitement des relations d'ordre....120
Notion de distance stratigraphique....120
Calcul des distances stratigraphiques sur la matrice....121
3.2.3. Le tracé du diagramme à partir de la matrice....122

Définition des chemins du diagramme 122
Définition des lignes du diagramme 124
3.2.4. problèmes de planarité et d'optimisation graphique du diagramme....124
Le problème de la planarité 124
Optimisation graphique et choix de la disposition finale : où l'utilisateur reprend la main....125
3.3. Temps quantifié et regroupements chronologiques....126
3.3.1 traitement d'inscription de la stratigraphie dans le temps quantifié....126
Formalisation du problème : un système d'inéquations algébriques....126
L'actuelle procédure automatisée....129
3.3.2 représentations graphiques....129
Mise en paliers du diagramme stratigraphique : l'intégration de contraintes de seuils....129
Graphique des intervalles de datation : une application du diagramme de Gantt....130
3.3.3. synthèse chrono-historique : mise en phases et traitement des regroupement d'unités....130
Aide à la mise en phases....130
Mise en phases inscrites dans le temps quantifié....131
regroupements synthétiques d'unités : perspectives de formalisation 131
3.4. L'incertitude et l'erreur....132
3.4.1. gestion de l'incertitude....132
Traitement des relations stratigraphiques incertaines....132
Les éléments de datation incertains....133
3.4.2. Gestion des contradictions et conflits logiques....134
Cas de contradictions stratigraphiques 134
Cas impliquant l'incertitude stratigraphique : infirmation, infirmabilité, incertitude contradictoire....136
Contradictions de chronologie quantifiée....136
Contradictions de mise en phases....137
4. Intégration dans un système d'information stratigraphique....138
4.1. Quelques notions choisies de système d'information....138
4.1.1. Conception statique du système : structuration de l'information et modèles de données....139
Un choix : une approche pragmatique des systèmes d'information....139
Structuration de base : tables et champs....140
Requêtes et langage documentaire....141
Relations de un à plusieurs 142
Relations plusieurs à plusieurs....144
Modèles de données 145
L'extension à l'information de nature spatiale : les systèmes d'information géographiques....146
4.1.2. Conception dynamique du système : modélisation des traitements et processus....147
L'analyse des processus : le fonctionnement du système d'information....147
recomposition et hiérarchies de l'information....149
4.2. Systèmes d'information archéologique et systèmes d'information stratigraphique....149
4.2.1. Remarques sur les systèmes d'information archéologiques 150
Une pensée conceptuelle largement contrainte par la technique informatique....150
En pratique : la diversité des SIA et leur appropriation par les utilisateurs....151
4.2.2. Préciser les fondamentaux d'un système d'information archéologique de terrain....153
Les bases d'un SIA : le triangle contextes – objets – documents....153
Un seul modèle ? Une prise de position : la défense de la nécessaire diversité des SIA....155
4.2.3. Systèmes d'information stratigraphique 157
La gestion relationnelle des données stratigraphiques : une sous-structure spécifique 157
Des fonctionnalités à intégrer dans un SIA....158
Gestion actuelle des fonctions de SIS dans la formalisation et les outils proposés....159
5. L'information stratigraphique : questions théoriques et piste pratiques....160
5.1. Du terrain à la théorie : remarques épistémologiques 160
5.1.1. Analyse stratigraphique et archéologie théorique 160
La stratigraphie, « point aveugle » de la réflexion théorique ?....160

Poser la question de la nature de l'information archéologique 161
5.1.1. Le statut scientifique de l'information stratigraphique....161
Une information incomplète, subjective et fragile 161
Une connaissance empirique et réfutable, donc scientifique....162
5.2 Retour au terrain : des pistes pour la pratique....164
5.2.1. Assurer la qualité de l'enregistrement : des observations fondées....164
Distinguer le raisonnablement certain de l'incertain....164
Assurer la compétence d'enregistrement pour valoriser la compétence d'identification....165
Expliciter les indices fondant l'identification stratigraphique....165
Enrichir l'information : la pluralité des hypothèses....166
5.2.2. Gérer les contraintes : des choix adaptés 166
Le choix sous contraintes : l'archéologie préventive....166
L'alternative : ni détruire ni disséquer, mais prolonger le processus de formation de la stratification....167
Pour ne pas conclure....168
Références bibliographiques....169
Table des figures....187
Table des matières détaillée de la partie 1....189