



**HAL**  
open science

# L'analyse topologique des remontages archéologiques : la méthode TSAR et le package R archeofrag

Sébastien Plutniak

► **To cite this version:**

Sébastien Plutniak. L'analyse topologique des remontages archéologiques : la méthode TSAR et le package R archeofrag. Bulletin de la Société préhistorique française, 2022, 119 (1), pp.110-113. hal-03631468

**HAL Id: hal-03631468**

**<https://hal.science/hal-03631468>**

Submitted on 5 Apr 2022

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

# L'analyse topologique des remontages archéologiques : la méthode TSAR et le package R *archeofrag*

Sébastien Plutniak 

UMR TRACES, Toulouse, France

[Version auteur de Sébastien Plutniak [2022b], « L'analyse topologique des remontages archéologiques : la méthode TSAR et le package R *archeofrag* », *Bulletin de la Société préhistorique française*, 119, 1, p. 110-113.]

## Table des matières

- 1 [Limites actuelles de l'analyse taphonomique des remontages](#)
- 2 [Réponses de l'analyse topologique \(méthode TSAR\)](#)
- 3 [Implémentations logicielles](#)
- 4 [Perspectives](#)

### 1 **Limites actuelles de l'analyse taphonomique des remontages**

Une part importante du travail archéologique consiste à reconnaître et déterminer les limites d'unités spatiales. Ces unités sont de natures diverses : limites entre couches sédimentaires, limites d'un creusement, limite entre l'intérieur et l'extérieur d'un habitat, *etc.* Plusieurs méthodes concourent à cette tâche, dont l'observation durant la fouille, l'analyse sédimentologique, l'étude de la distribution des objets archéologiques, et l'analyse des remontages entre les parties d'objets fragmentés. Une abondante littérature est consacrée à l'analyse des remontages (Cziesla 1990, Schurmans et De Bie 2007, *etc.*), qui sont employés à des fins diverses, dont reconstituer la forme des objets, déterminer des chaînes opératoires, ou évaluer la robustesse des divisions entre unités spatiales et éclairer la taphonomie d'un site. En dépit des nombreux travaux portant sur cette dernière application, plusieurs problèmes demeurent irrésolus, dont trois en particulier.

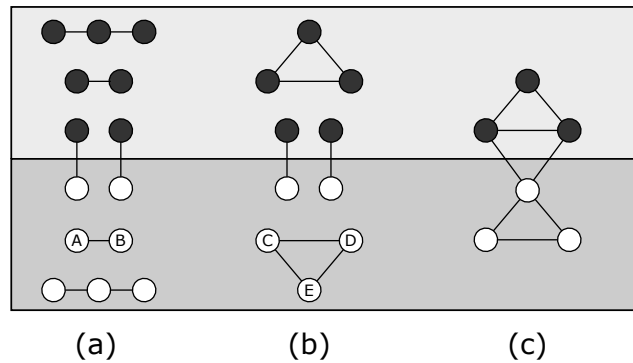


FIGURE 1 – La nécessité de tenir compte de la topologie des relations : trois situations où deux unités spatiales (e.g., des couches) contiennent le même nombre de fragments et de remontages internes ( $n=6$ ) et externes ( $n=2$ ). Bien que le nombre de relations soit égal dans les trois cas, l'interprétation archéologique de chaque cas est très différente : la distinction entre les unités sera jugée valide en (a); valide également en (b) mais avec une certitude supérieure à propos de la position initiale de chaque objet; et douteuse en (c).

1) **L'ignorance de la topologie** Distinguer des types de relations entre fragments a compté parmi les voies empruntées pour améliorer les méthodes d'analyse des remontages. Les approches les plus sophistiquées définissent ainsi jusqu'à sept types de relations (López-Ortega et al. 2011). Les méthodes existantes reposent néanmoins toutes sur le *décompte* des relations, sans tenir compte de leurs *positions relatives* dans le volume de l'objet (leur topologie). Or, comme récemment démontré (Plutniak 2021b), des ensembles de remontages suggérant des interprétations archéologiques différentes, à nombres de fragments et de relations égaux, ne peuvent être distingués qu'en tenant compte de leur topologie (Figure 1).

2) **Les limites de l'intuition** Lorsque s'accroît la quantité de relations et la complexité de leurs configurations le jugement intuitif est rapidement limité. Ceci s'illustre par la diversité des réponses apportées par des archéologues invités à ordonner en fonction de leur mélange une série d'exemples où deux unités spatiales présentent des remontages internes et externes (Plutniak 2021b). L'appréciation immédiate d'un tableau de décompte ou de la représentation graphique de la spatialisatation de remontages est donc insuffisante.

3) **L'impossibilité de comparer** L'impossibilité d'observer les états antérieurs d'un site, et l'absence de référentiels expérimentaux, rendent difficile la définition de seuils pour qualifier l'importance des mélanges et perturbations : par exemple, comparant la répartition des relations dans et entre des couches, considérera-t-on que le mélange de ces couches est « important » à partir de 2 %, 5 %, ou 10 % de relations externes ?

## 2 Réponses de l'analyse topologique (méthode TSAR)

**Principes généraux** L'analyse topologique des remontages archéologiques (*Topological Study of Archaeological Refitting*, ou TSAR) apporte une solution à ces trois problèmes (Plutniak 2021b) : 1) en tenant compte de la topologie des relations de connexion entre fragments (« remontages » au sens strict); 2) en définissant une méthode systématisée fondée sur l'analyse de graphes et automatisée sous la forme d'un logiciel; 3) en ayant recours à la simulation pour palier l'impossibilité d'observer les états antérieurs d'un site.

L'idée de modéliser par des graphes les ensembles de relations de connexion entre fragments avait déjà été émise (Gouletquer 1979, p. 26-30, Cziesla 1990, Michel 2002, p. 122-123). Elle n'avait, toutefois, jamais été systématisée comme méthode et implémentée dans des outils pouvant être appliqués. Dans la méthode TSAR, l'évaluation de la pertinence des limites entre unités spatiales repose sur le calcul de la *cohésion* de ces unités. La cohésion reflète l'idée intuitive de consistance, la mesure dans laquelle chaque unité spatiale « adhère » à elle-même. Les valeurs de cohésion (*cohesion*) sont calculées pour une paire d'unités spatiales (par exemple, deux couches superposées). La cohésion de chaque unité est comprise entre 0 et 1 et leur somme n'excède jamais 1. Le mélange (*admixture*) de deux unités spatiales est égal à la valeur de cohésion d'une troisième unité virtuelle définie à l'intersection des deux unités spatiales considérées, soit :

$$1 - (\text{cohésion}_{\text{unité 1}} + \text{cohésion}_{\text{unité 2}}).$$

L'interprétation des valeurs de cohésion et de mélange, une fois calculées à partir de données archéologiques, suppose des références auxquelles les comparer. L'approche la plus simple, quoique limitée, consiste à comparer les valeurs obtenues pour les différentes paires d'unités spatiales d'un site. Compte tenu de l'absence de jeux de données empiriques de référence, la méthode TSAR recourt à la simulation numérique. Un algorithme simulant la fragmentation et la dispersion d'objets archéologiques a été développé, admettant de nombreux paramètres (nombre d'unités spatiales à l'état initial, nombre d'objets initiaux, nombre de fragments ou de relations finales, *etc.*). Il devient ainsi possible de comparer des données empiriques avec les résultats de multiples scénarios de fragmentation. Cela permet, par exemple, d'estimer si les données observées correspondent davantage au résultat d'un processus ayant eu une ou deux unités spatiales initiales.

Le simulateur permet ainsi à l'observation de « remonter le temps » en générant des séries d'états antérieurs possibles du site. Ces états peuvent correspondre à deux points dans le passé, définissant deux usages différents du simulateur (Figure 2). Appelons  $t_0$  le moment de l'observation (lors de la fouille ou au laboratoire) des fragments épars et éventuellement incomplets d'un objet. L'identification des connexions entre ces fragments permet de reconstituer un état hypothétique de l'objet à  $t_{-1}$ . En paramétrant le simulateur avec les valeurs observées à  $t_{-1}$  il est donc possible de simuler le processus de fragmentation et de dispersion entre  $t_{-1}$  et  $t_0$ . Néanmoins, lorsque les fragments des objets sont incomplets,  $t_{-1}$  ne correspond pas au moment de déposition initial, alors noté  $t_{-2}$ . Simuler la fragmentation entre  $t_{-2}$  et  $t_0$  suppose d'introduire des hypothèses supplémentaires à propos de l'état initial  $t_{-2}$  (nombre d'objets initiaux, nombre de fragments perdus, *etc.*), définissant un second usage possible – et à ce jour encore non exploité – du simulateur.

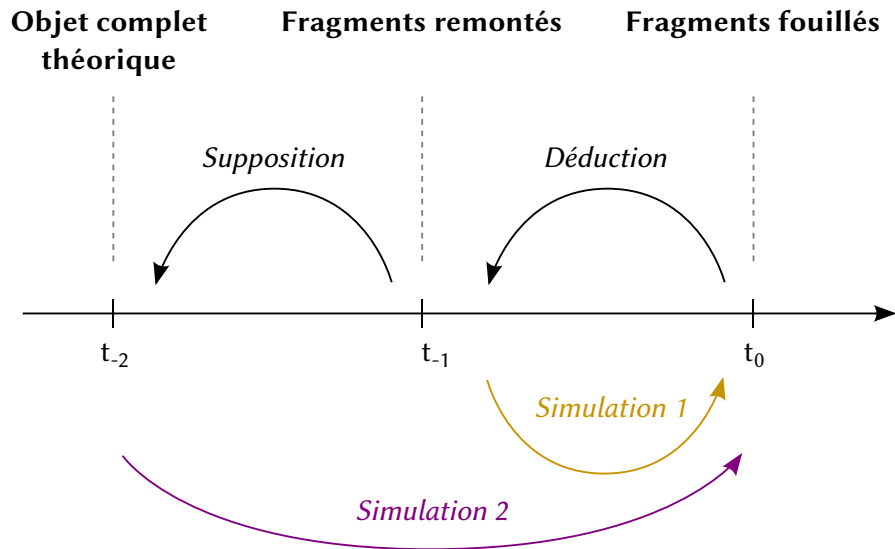


FIGURE 2 – Simulation des processus de fragmentation : les trois points dans le temps sont liés par des opérations épistémologiques différentes, qui déterminent deux usages différents du simulateur.

**Enregistrement des données** L’approche TSAR peut être appliquée à divers types d’objets fragmentés et d’unités spatiales archéologiques, par exemple : des fragments de céramiques répartis dans des couches sédimentaires ; des fragments d’os répartis entre l’intérieur et l’extérieur d’une structure d’habitat ; des fragments de pierres taillées répartis entre l’intérieur et l’extérieur de foyers, *etc.* Les données doivent néanmoins respecter certains critères.

- Une quantité suffisante de données : la quantité minimale est toutefois faible, puisque la distribution des relations entre une vingtaine de fragments dépasse largement nos capacités d’évaluation intuitive ou visuelle et requiert déjà la quantification et le calcul (*cf.* le deuxième problème signalé en introduction).
- La description individuelle des relations entre fragments : un simple tableau suffit, dans lequel chaque ligne comprend les identifiants uniques de deux fragments jointifs (Tableau 1).
- La présence de topologies plus complexes que des paires de fragments (tel qu’en Figure 1). Sans cela, l’approche TSAR n’apporte aucune plus-value particulière.

### 3 Implémentations logicielles

**Le package R *archeofrag*** Afin de faciliter son usage, l’approche TSAR est implémentée dans le package R *archeofrag* (Plutniak 2021a). *Archeofrag* est publié dans le dépôt *Comprehensive R Archive Network* (CRAN) et le code de la version de développement est déposé sur *github*<sup>1</sup>. Le package contient plusieurs ensembles de

1. <https://github.com/sebastien-plutniak/archeofrag>.

TABLEAU 1 – Enregistrement des relations entre fragments (illustration à partir des exemples donnés en Figure 1).

id	fragment 1	fragment 2
1	A	B
2	C	D
3	D	E
4	E	C

fonctions permettant de :

- créer, vérifier et transformer un graphe de fragmentation ;
- le visualiser sous la forme d’un diagramme liens-nœuds ;
- attribuer une pondération aux relations (tenant compte des propriétés topologiques des sommets et, optionnellement, de la taille des fragments et des distances entre leurs lieux de découverte) ;
- pour une paire d’unités spatiales, compter le nombre de relations dans et entre ces unités spatiales, calculer leur cohésion et leur mélange ;
- simuler des graphes de fragmentation ;
- altérer un graphe de fragmentation (pour, par exemple, simuler des données manquantes) ;
- à partir d’un graphe de fragmentation empirique, simuler des graphes similaires, calculer et comparer plusieurs métriques (cohésion, *etc.*) et renvoyer les résultats dans un format facilitant la comparaison et l’interprétation ;
- au sein d’une unité spatiale, mesurer plusieurs caractéristiques topologiques du graphe de fragmentation ;
- enfin, indépendamment de l’analyse topologique, des fonctions concernent l’analyse des relations de similarité (établies entre des fragments dont on présume qu’ils proviennent d’un même objet sans pouvoir observer de relation de connexion permettant de les remonter).

Pour être publié sur le CRAN, un package doit satisfaire à une batterie de tests et à des prérequis exigeants, dont le fait d’être documenté. La documentation d’*archeofrag* contient ainsi de nombreuses explications et exemples sur ses différentes fonctions. En outre, ces fonctions sont également présentées par la pratique dans un tutoriel (Plutniak 2022a).

**L’application R/Shiny** *Archeofrag* facilite l’usage de la méthode TSAR. Néanmoins, l’implémentation sous la forme d’un package R constitue un possible frein à son utilisation. Cette limite a été levée par le développement d’une interface graphique sous la forme d’une application web <sup>2</sup> (Figure 3). Cette application, codée en R/Shiny, est actuellement hébergée sur les serveurs du consortium *Huma-Num*. L’utilisateur est guidé dans les différentes étapes et fonctionnalités d’une analyse TSAR, qu’il peut alors réaliser de manière autonome sur ses données.

2. <https://analytics.huma-num.fr/Sebastien.Plutniak/archeofrag>.

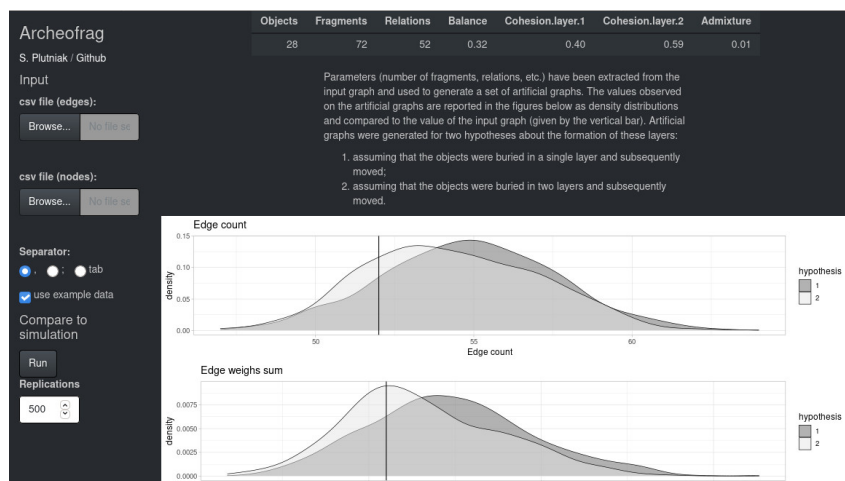


FIGURE 3 – L’application web R/Shiny pour *archeofrag*/TSAR.

## 4 Perspectives

Le développement de la méthode TSAR se poursuit, qu’il s’agisse du package R, de l’interface web, ou de leurs applications. Cette approche a déjà été employée pour le matériel céramique des sites de Liang Abu (Indonésie, [Plutniak 2021b](#)) et du Taï (France, [Caro et al. 2022](#)). Explorer et perfectionner les potentialités de cette méthode requerra, d’une part, des applications supplémentaires et leur diversification, notamment à des types de matériaux et d’unités spatiales différents, et à des objets fracturés en conditions expérimentales permettant la constitution de référentiels (séquence de taille lithique, fragmentation de vase, piétinement d’objets osseux, *etc.*). D’autre part, le potentiel du simulateur reste encore largement à explorer, ce qui pourrait être mené en tirant parti du calcul haute performance et de méthodes d’exploration de variables.

## Références

- Caro, Joséphine, Claire Manen, Agathe Baux et Sébastien Plutniak [2022], « Les productions céramiques du Néolithique ancien et moyen : approches céramo-stratigraphique, technologique et morpho-stylistique », in *Le Taï (Remoulins – Gard). Premières sociétés agropastorales du Languedoc méditerranéen (6<sup>e</sup>–3<sup>e</sup> millénaire avant notre ère*, sous la dir. de Claire Manen, Toulouse : Archives d’Écologie Préhistorique, p. 616-687, à para.
- Cziesla, Erwin [1990], « On Refitting of Stone Artefacts. International Symposium on Refitting Stone Artefacts », in *The Big Puzzle*, Monrepos, 6-9 sept. 1987, sous la dir. d’Erwin Cziesla, Sabine Eickhoff, Nico Arts et Doris Winter, *Studies in Modern Archaeology*, 1, Bonn : Holos, p. 9-44.
- Gouletquer, Pierre [1979], *Préhistoire du futur. Connaître les pays est un repos*, Morlaix : Éditions Bretagnes, 112 p.
- López-Ortega, Esther, Xosé Pedro Rodríguez et Manuel Vaquero [2011], « Lithic Refitting and Movement Connections: the NW area of level TD10-1 at the Gran Dolina site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain) », *Journal of Archaeological Science*, 38, 11, p. 3112-3121, DOI : [10.1016/j.jas.2011.07.011](https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.07.011).

- Michel, Robert [2002], *Saint-Blaise/Bains des Dames*, 3. *Typologie et chronologie de la céramique néolithique. Céramostratigraphie d'un habitat lacustre*, 2 t., Archéologie neuchâteloise, 27, Neuchâtel : Service et musée cantonal d'archéologie, 222 p.
- Plutniak, Sébastien [2021a], *Archeofrag: an R package for Refitting and Spatial Analysis in Archaeology*, DOI : [10.5281/zenodo.4720392](https://doi.org/10.5281/zenodo.4720392),  
<https://CRAN.R-project.org/package=archeofrag>.
- Plutniak, Sébastien [2021b], « The Strength of Parthood Ties. Modelling Spatial Units and Fragmented Objects with the TSAR Method – Topological Study of Archaeological Refitting », *Journal of Archaeological Science*, 136, p. 105501, DOI : [10.1016/j.jas.2021.105501](https://doi.org/10.1016/j.jas.2021.105501).
- Plutniak, Sébastien [2022a], « Archeofrag: an R package for Refitting and Spatial Analysis in Archaeology. Presentation and tutorial », *Journal of Open Source Software*, soumis.
- Schurmans, Utsav et Marc De Bie (éd.) [2007], *Fitting Rocks. Lithic Refitting Examined*, British Archaeological Reports International series, 1596, Oxford : Archaeopress.