Céramiques imprimées de Méditerranée occidentale (VI^e millénaire AEC) : données, approches et enjeux nouveaux / Western Mediterranean Impressed Wares (6th millennium BCE): New data, approaches and challenges
Actes de la séance de la Société préhistorique française de Nice (mars 2019)
Textes publiés sous la direction de Didier Binder et Claire Manen
Paris, Société préhistorique française, 2022
(Séances de la Société préhistorique française, 18), p. 349-378
www.prehistoire.org
ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-89-X

Chaines opératoires décoratives des poteries imprimées de Méditerranée occidentale : apports de l'imagerie 3D surfacique

Laura Cassard, Sabine Sorin, Gilles Durrenmath et Didier Binder

Résumé : Au cours du premier Néolithique de Méditerranée occidentale, les décors des poteries, majoritairement imprimés, illustrent un fort polymorphisme attesté à tous les niveaux de la chaîne opératoire décorative (éléments de base, procédés, architectures, positions). Nous présentons dans cet article un nouveau protocole d'analyse des décors s'appuyant sur l'imagerie 3D surfacique. La méthode développée vise à décrire et caractériser dans le détail, de façon qualitative et quantitative, chaque maillon de la chaîne opératoire, depuis l'empreinte jusqu'au décor dans sa globalité. Dans une démarche intégrée, l'ensemble des données sur les décors est ensuite replacé dans le système de production céramique. Cette nouvelle méthode d'analyse, fondée sur l'imagerie tridimensionnelle et l'expérimentation, permet d'aller au-delà des approches stylistiques et technologiques de la décoration mises en œuvre jusqu'à présent. Elle a notamment permis de préciser la nature des outils de décor et leurs modalités d'utilisation et de mettre en évidence les schémas opératoires de réalisation des décors, aspect totalement inédit dans l'étude des décors du complexe de la céramique imprimée. L'efficacité de cette nouvelle méthode virtuelle d'analyse des décors imprimés est plus particulièrement illustrée ici par l'étude d'un récipient de l'*Impressa* (phase 1B) de l'abri Pendimoun (Castellar, Alpes-Maritimes).

Mots-clés : Méditerranée occidentale, complexe culturel *Impresso-Cardial*, poterie, décor imprimé, chaîne opératoire, imagerie 3D surfacique

Abstract: In the course of the 6th millennium BCE, the first agropastoral societies reached the Central and Western Mediterranean. These Neolithic groups are characterised, among other things, by pottery productions decorated mainly by impression. This type of ornamentation was the basis of the initial spatial and temporal frameworks related to this large 'cultural complex of Impressed Wares'', which was broadly divided into two major stages: the *Impressa* followed by the Cardial. Through mainly stylistic approaches of these decorations, different regional synchronic and diachronic facies have subsequently been defined (Binder, 1995; Manen *et al.*, 2010 and 2019; Binder *et al.*, 2017). However, at the regional and local scale the polymorphism of pottery decoration makes it difficult to establish detailed phylogenies. Indeed, each single element (tool, process, architecture, position) is subject to variations. A new approach to pottery decoration has been developed as part of a doctoral thesis supported by the ANR CIMO (Cassard, 2020), with the aim of improving and standardising the current methods of analysis and developing new ones. This was done by using 3D surface imaging and by analysing in more detail the *chaîne opératoire* related to the decoration process within the pottery production system.

Acquisition of 3D data and reconstruction of pots

The acquisition was done in real time with a structured light 3D scanner (Artec Spider, resolution: 0.1 mm, accuracy: 0.05 mm) and we have decided to work on the non-textured 3D models exclusively. The 3D models of sherds from a single pot were used to virtually reconstruct the vessel using the 3DReshaper software, by virtually reassembling sherds and then modelling the shape on the basis of the largest preserved profile. The complete 3D shape model constituted the analytical support of the ensuing observations and measurements. The Meshlab software, which allows to optimise lighting of the surface topography, was used for in-depth qualitative observations of the impressed decoration, both globally and in detail.

Description protocol and technological analysis of impressed decorations

The first part of the operational sequence (chaîne opératoire), the construction of the decoration, was subject to technological analysis. This analysis started from the basic element, understood as the singular result obtained with the help of a tool and a process (technique, gesture and modalities of gesture). Only the impression technique was treated in this article; in this case the basic element is an imprint.

Tools

Three categories of tools were considered: marine shells, fingers/nails and instruments. In order to establish diagnostic characteristics

for marine shell and finger/nail impressions, we built a comparative reference collection by supplementing three pre-existing experimental comparative reference collections for marine shells (Manen and Salanova, 2010; Martínez Sánchez et al., 2017; Breu, 2013) and by first adding an experimental comparative reference collection to the archaeological concerning finger/nail decorations (Natali, 2015). As regards shells, we established a list of identification criteria, which refer to the anatomical parts visible on the imprints, for sixteen species of bivalves and fifteen species of gastropods. We also set up a protocol to deal with the question of size for bivalves with serrated edges, by establishing a correlation between the measurements taken from the imprint and the size of the shell. The description of the finger/nail decorations focused on fingerprints on which measurements provide information on the biological sex and inform about the age range (child, adult) and on the size of nail negatives, which can also indicate age ranges. The instrumental category includes tools for which the precise exact nature could not be identified. The classification is based on the morphological examination of the imprints, made in more detailed and completed thanks to the 3D approach.

Gestures and modalities related to gestures

For each tool, several gestures were considered: four for marine shell decorations (single, rolled, rocker, dragged), two for finger decorations (simple, pinched) and two for the instruments (simple, dragged). Each gesture was characterised by the inclination of the tool and the pressure applied. In cases in which the tool was identified, its inclination was determined based on experiments. The pressure, which varies according to the potter and the water content of the clay, is subject to strong variations. It was only described depending on the degree of penetration of the tool into the clay matter (visibility of anatomical details).

Application of the decoration

The application of the decoration corresponds to the sequence of gestures carried out during the realisation of the decoration. These gestures, which consist in repeating a basic element, are executed according to one or more directions. However, they are not executed in one go, but are repeated in sequences according to a chronology. The 3DReshaper software provides a presentation of the pot in an unrolled view that give access to the entire development of the decoration. This new mode of display makes it possible to identify characteristics that are cyclically repeated or that constitute anomalies in apparently homogeneous sequences. It has been assumed that the gesture follows a rhythmic pattern that can be translated by regular distances spacing out the imprints, their orientation, their alignment and their depth. If irregularities appear, these may correspond to limits between different rhythms and thus refer to several sequences of gestures. Overlapping imprints inform about the chronology of gestures, not only within a sequence but also between the different sequences that were identified. Contiguous imprints can also provide clues as to the chronology of gestures through the remobilisation of the paste during printing. The description of the chronology of the gestures intra-sequences refers to the direction of the gestures, repeated from the left to the right or vice versa and from the rim to the base or vice versa. Once the order of the sequences has been determined, it is possible to reconstruct the entire operational scheme of the construction of the decoration.

Stylistic analysis of impressed decorations

The second part of the process regards the structuration of the decoration, i.e. the final result, which was subject to stylistic analysis. The main decoration forms the dominant unit on the pot; it is the central element around which stylistic analysis is organised. Secondary decoration augmented the main decoration and was restricted to certain parts of the pot. Our stylistic analysis considers the main structure described from the unrolled view of the 3D model, which helps to approach the overall organisation. The decorations related to the Impressed Wares can be described from the rim to the base and broken down into rows. The first level of description focuses on the design, which is related to a recognised type in this context (Binder, 1991 and 1995; Manen et al., 2010). The definition of design types is based on the number of rows and the layout of the identified row(s). A row is composed of one or more motives; a motif corresponds to a basic element (imprint) oriented according to one out of four possibilities (vertical, oblique 45°, horizontal, oblique 135°). Then, the analysis will consist in describing the arrangement of the motives within and between the rows. The position of the main decoration is determined, first, in relation to the pot divided into thirds (upper, middle, lower), the decoration may occupy one or several thirds, and, second, in relation to the handles (the decoration being positioned above, on, below the handle, etc.).

Application of the method to pot AP_0002 from the Pendimoun rock shelter

The contribution of this new approach is illustrated by the results of pot AP_0002 from the Impressa at the Pendimoun rock shelter (Castellar, Alpes-Maritimes). The decoration, positioned on the rim and on the upper part of the body, is organised according to a metope-like design in four panels. Each panel is composed of four rows, within which the imprints are oriented vertically; the second row being systematically aligned with a handle. The hypothesis of the use of a limpet shell has been advanced (Binder et al., 1993). Our experimental comparative reference collection made it possible to identify Patella caerulea, made by simple impressions with normal inclination. Several overlapping imprints between the rows show that the decoration was made from the rim to the base. Irregularities in the layout of imprints suggest that the rows were not made in one go, but were broken down into sequences of gestures. As the variations of the gestures are located at approximately the same level for each row, it can be assumed that the decoration was made in successive steps. The location of the decoration seems to mirror the bipartition of pot manufacturing as described for the “spiralled patchwork technology” (Gomart et al., 2017). It is possible that the second stage of manufacturing was carried out after a time of drying, and that the imprints were made only on the upper part, which was still leather-hard (L. Gomart, pers. comm.). Moreover, if the pot was held in an external support during shaping (Gomart, Binder, Blanc-Féraud et al., this volume), it is obvious that this latter has obstructed and thus delimited the decorated panel in the upper part. Lastly, it can be noted that surface treatment was carried out after the decoration, without any specific caution having been taken to avoid it.

Perspectives

The acquisition and analysis protocol developed for decorations has shown its potential when it comes to describe in more detail the chaîne opératoire of impressed pottery decorations. The accuracy of the 3D models makes it possible to better understand the variety of tools, processes and gestures used by the potters to make decorations. When combined, the data acquired for each step make it possible to reconstruct the general dynamics of the decoration and provide a better understanding of their internal logic. The decoration subsystem is finally replaced within the ceramic production system to obtain a comprehensive overview. Our approach provides objective and multi-scalar demonstrations, combining 3D analysis of the archaeological material with that of the expe-

rimental comparative reference collections. In to substantiate the conclusions, the comparative reference collections of tools and processes have to be enhanced. Lastly, new perspectives result from artificial intelligence methods that can improve the informative potential of 3D models, particularly with regard to the identification and automated classification of tools and process.

Keywords: Western Mediterranean, Impressed Ware complex, pottery, impressed decoration, chaîne opératoire, 3D surface imaging

Au cours du VI^e^ millénaire ACE, les premières sociétés agropastorales atteignent la Méditerranée centrale et nord-occidentale et se propagent selon un modèle de progression rapide et arythmique (Binder et Guilaine, 1999 ; Guilaine, 2001 ; Zilhão, 2001 ; Binder *et al*., 2017 ; Binder, Gomart *et al*., ce volume). Ces groupes néolithiques se caractérisent, entre autres, par des productions céramiques décorées majoritairement par impression[(1)]. C'est à partir de l'étude de cette ornementation particulière que les premiers cadres spatio-temporels de ce courant de néolithisation ont pu être posés, avec notamment la distinction de deux grandes étapes : l'*Impressa* puis le Cardial, composant un vaste « complexe culturel de la céramique imprimée » ou « *Impresso-Cardial* ». Par des approches essentiellement stylistiques de ces décors, différents faciès régionaux, synchrones ou successifs, ont été définis (Binder, 1995 ; Manen *et al*., 2010 et 2019 ; Binder *et al*., 2017).

Si à l'échelle de l'aire culturelle, des caractéristiques générales permettent de dessiner des entités, à l'échelle régionale et locale, le polymorphisme de la décoration rend difficile l'établissement de phylogénies fines. À ces échelles, la variété apparente des décors et la difficulté à identifier des caractères discriminants réduisent les possibilités d'identifier des liens de parentés et des échanges entre les groupes (Manen *et al*., ce volume). En effet, la variété des décors ne s'exprime pas seulement au niveau de l'outil, mais c'est l'ensemble des éléments participant à la décoration (outil, procédé, architecture, position) qui prend des apparences diverses. Les études uniquement stylistiques des décors montrent ainsi leurs limites dans un contexte où les approches technologiques n'en sont encore qu'à leurs débuts pour proposer un cadre général.

Les limites interprétatives des études résultent aussi de l'hétérogénéité des outils et méthodes d'analyse des décors constatée sur cette aire, problème régulièrement rappelé (Binder, 1991 ; Manen, 2002 ; Manen *et al*., 2010 et ce volume). Ces difficultés sont accrues du fait que les procédés descriptifs (observation directe du mobilier, relevés photographiques, relevés graphiques, moulages) permettent principalement la collecte de données qualitatives, difficilement comparables. Les outils métriques sont rarement employés (Breu, 2013) et, parce que très chronophages, ne sont souvent appliqués que sur de petits échantillons, ce qui restreint la portée des comparaisons. Enfin, le manque de référentiels expérimentaux et ethnographiques adaptés limite les possibilités d'identification des outils employés pour la décoration imprimée ; il en résulte que la quantification des outils et des procédés n'est pas pratiquée en routine.

En regard des outils d'analyse employés pour l'étude des autres composantes de la chaîne opératoire céramique, il devenait urgent de réduire le retard constaté dans le renouvellement des outils d'observation et d'étude appliqués aux décors de l'*Impresso-Cardial*. Cet article présente une nouvelle approche analytique, développée dans le cadre d'une thèse adossée à l'ANR CIMO (Cassard, 2020), qui avait pour ambition de perfectionner et d'homogénéiser les méthodes d'analyse en vigueur mais aussi d'en développer de nouvelles, en considérant finement la chaîne opératoire décorative replacée dans le système de production céramique. Cette démarche repose sur la mise au point d'une méthode d'acquisition des données à la fois fine et extensive à l'aide d'un scanner 3D surfacique produisant un modèle numérique sur lequel des observations et des mesures reproductibles sont réalisées de façon systématique.

Après avoir présenté l'outil et la méthode d'acquisition des données 3D et de reconstruction des vases, nous détaillerons le protocole de description et d'analyse des décors imprimés mis en place. Nous illustrerons les potentialités de ce protocole avec l'étude d'un vase *Impressa* de l'abri Pendimoun (Castellar, Alpes-Maritimes).

ACQUISITION DES DONNÉES 3D ET RECONSTRUCTION DES VASES

Le scanner 3D choisi pour la numérisation des céramiques est l'Artec Spider, petit scanner à main de 850 g, facilement maniable. Il s'agit d'un scanner surfacique à lumière structurée qui procède par mesure optique pour reconstituer l'objet. Il est muni de LED bleues qui émettent cycliquement une frange lumineuse en direction de l'objet. C'est là un des avantages de cet équipement : l'éclairage est parfaitement maîtrisé et constant car c'est l'appareil qui produit sa propre lumière. Avec cinq caméras embarquées qui permettent des prises de vues rapides (jusqu'à quinze images par seconde) combinées à un système stéréoscopique, les formes lumineuses projetées sur l'objet à chaque émission sont enregistrées, puis les déformations sont analysées pour déterminer les distances réelles entre des points homologues de chaque prise de vue et reconstituer l'objet (Artec 3D, 2018 ; Artec 3D, https://www.artec3d.com/fr/portable-3d-scanners/artec-spider). Cet outil métrologique permet ainsi l'acquisition et la production de modèles 3D orthonormés en temps réel.

Procédure d'acquisition des données 3D

Le scanner a un champ de numérisation de 9 cm par 7 cm (distance minimum de travail : 20 cm) à 18 cm par

14 cm au plus loin (distance maximale de travail : 30 cm). Compte tenu de la fenêtre de numérisation, il est nécessaire de déplacer manuellement le scanner afin de balayer l'ensemble de la surface des fragments de poteries. Pour procéder à leur numérisation, les tessons sont stabilisés dans un bac de sable ou de sel. Ce bac est positionné sur un plateau tournant que l'on actionne manuellement afin de moduler le temps d'acquisition en fonction de la morphologie du tesson. Cette modulation est indispensable, notamment pour la numérisation des parties fines (tranches et bord du tesson) pour lesquelles il faut augmenter le temps d'acquisition et multiplier les prises de vues afin d'identifier des points homologues (fig. 1).

Dans le cas de tessons de petite taille (moins de 2 cm²) sans reliefs remarquables, un modèle 3D est disponible en une dizaine de minutes. Dans le cas de tessons de grande taille (au-delà de 15 cm par 15 cm) et notamment ceux aux reliefs remarquables (*e.g.* présence d'une préhension), le nombre d'acquisitions augmente, pouvant aller jusqu'à dix passages. L'obtention d'un modèle 3D pour les récipients bien conservés et de grande taille peut demander jusqu'à une demi-journée de travail (acquisition et traitements).

La numérisation de la surface des tessons produit des scans bruts. Le logiciel adossé au scanner Artec Spider propose une chaîne de traitement pour la production du modèle 3D, dont le temps d'application est proportionnel à la taille de l'objet numérisé. Plusieurs étapes de nettoyage manuel et automatique sont mises en œuvre sur les acquisitions qui sont ensuite alignées puis fusionnées pour construire le modèle 3D du tesson. Le modèle 3D final est disponible sous trois formes : un nuage de points (fig. 2a), un modèle maillé texturé (fig. 2b) ou non texturé (fig. 2c). Nous avons fait le choix de nous affranchir de la texture, qui obère la lecture technologique, et de n'exporter que les modèles 3D non texturés.

La qualité des modèles 3D produits répond à nos attentes en matière de justesse et de précision : la résolution 3D (distance entre deux points) est de 0.1 mm et la précision (erreur standard sur la position 3D d'un point) est de 0,05 mm. Lorsque l'empreinte est suffisamment large pour permettre l'acquisition, la haute résolution des numérisations permet une lecture optimale des creux des décors. Il est alors possible de documenter la topographie des décors dans leur intégralité, du fond des empreintes jusqu'à la saillance de leurs bords (fig. 3).

Les modèles 3D sont sauvegardés au format standard .ply (*Polygone File Format*) qui est le format d'enregistrement préconisé pour l'archivage par le Consortium 3D (Vergnieux *et al*., 2017 ; Granier *et al*., 2019).

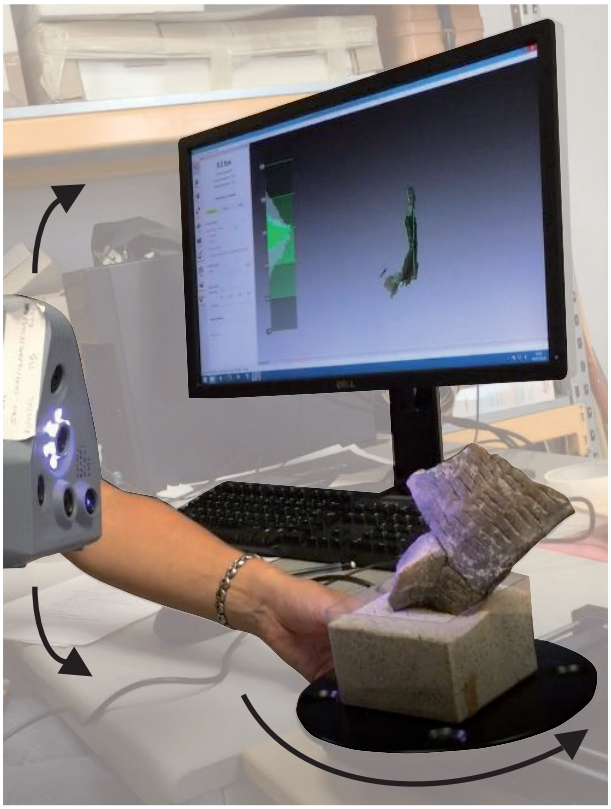


Fig. 1 – Numérisation d'une céramique avec l'Artec Spider.
***Fig. 1** – Digitisation of a pottery using Artec Spider.*

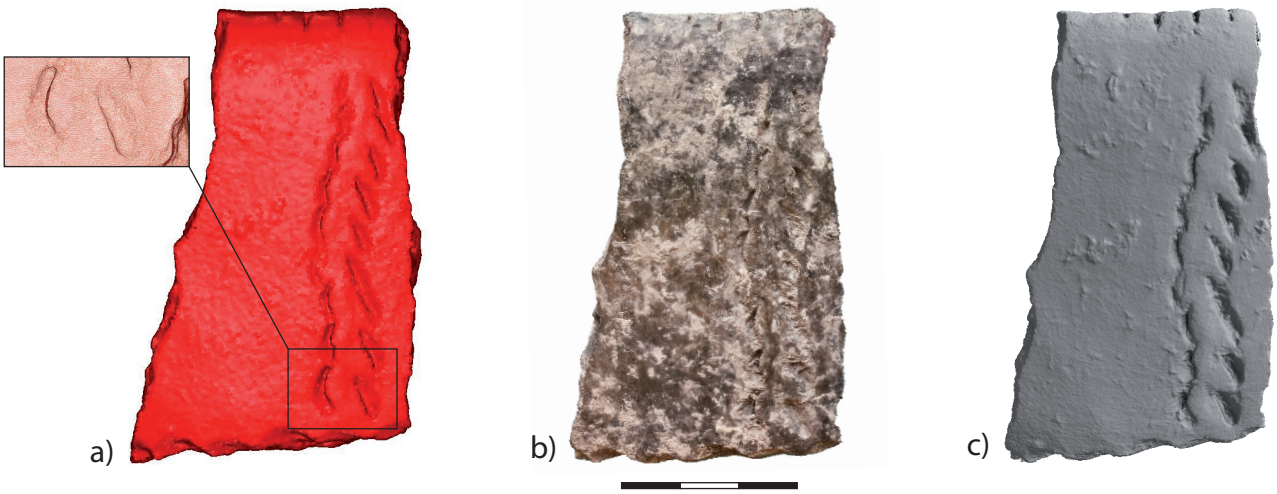


Fig. 2 – Modèle 3D d'un tesson ; a : nuage de points ; b : modèle maillé texturé ; c : modèle maillé non-texturé. Échelle en cm.
***Fig. 2** – 3D model of a potsherd; a: point cloud; b: textured mesh model; c: non-textured mesh model. Scale in cm.*

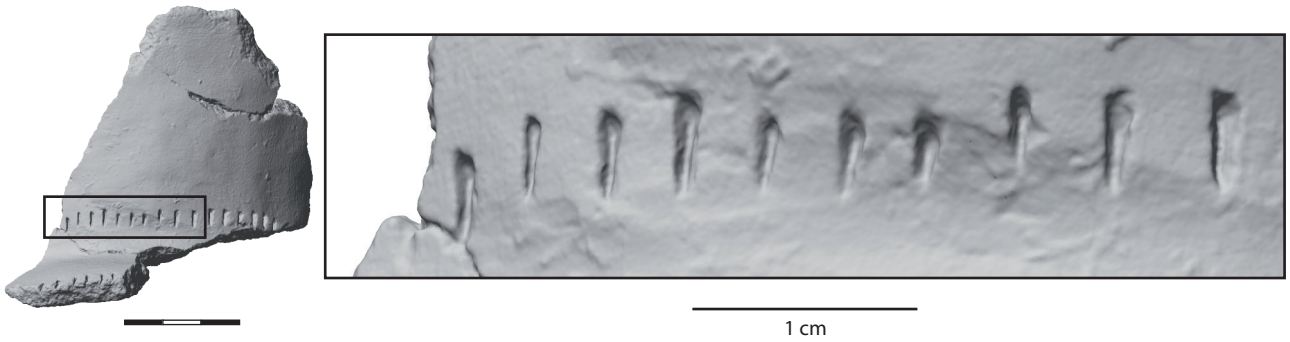


Fig. 3 – Modèle 3D d'un vase et vue détaillée des empreintes décoratives (AP_0009). Échelle en cm.
***Fig. 3 –** 3D model of a pot and detailed view of the impressed decoration (AP_0009). Scale in cm.*

Reconstruction virtuelle des vases : remontage et modélisation de la forme et du format

Une fois les modèles 3D des tessons d'un même vase obtenus, le récipient lui-même peut être reconstruit virtuellement à l'aide du logiciel 3DReshaper[(2)]. Les modèles 3D, visualisés au choix sous forme de nuages de points ou de modèles maillés, peuvent être traités à l'aide d'une large gamme de fonctionnalités (Vergnieux *et al*., 2017 ; Granier *et al*., 2019). Certaines d'entre elles correspondent aux outils classiquement utilisés pour reconstituer graphiquement les vases (diamétron, équerre, conformateur, pied à coulisse, etc.). Pour ce qui concerne la préservation de l'intégrité des documents, les bénéfices de cette procédure numérique sont immédiatement perceptibles : les tessons ne sont plus aussi fréquemment manipulés, il y a donc moins de risque de les casser et l'apposition d'outils de mesure ne laisse pas de marques sur les objets.

L'opération se déroule en trois étapes : le remontage virtuel, la modélisation de la forme sur la base du plus grand profil conservé, l'insertion des tessons restant dans le modèle.

Bien que le remontage des vases soit informatisé, nous avons choisi une procédure non-automatique car les séries concernées par notre étude sont insuffisamment standardisées pour que puissent être appliquées des méthodes automatisées fondées sur les concordances des formes (*inter alia* Iqbal et Hisham, 2005 ; Kampel et Sablatnig, 2004 ; Karasik et Smilansky, 2008 ; Zheng *et al*., 2014) ou sur la caractérisation des textures des tessons (Abadi *et al*., 2012 ; Hein *et al*., 2018 ; Rasheed et Jan Nordin, 2015 ; Stanco et Gueli, 2013). Nous procédons à la reconnaissance manuelle des remontages des céramiques que nous reproduisons ensuite virtuellement à partir des modèles 3D des tessons. Le vase ainsi produit est fusionné en un seul objet 3D (fig. 4).

Le remontage réel puis virtuel est une étape fondamentale du protocole de modélisation car il doit permettre d'exploiter la plus grande surface possible pour aboutir ensuite à une modélisation de la forme et du format qui soit la plus fidèle possible. C'est d'autant plus vrai pour les productions impresso-cardiales de cette aire : en effet, la méthode de montage par patchs spiralés donne à la lèvre un aspect gondolé (Gomart *et al*., 2017 ; Gomart, Binder, Blanc-Féraud *et al*., ce volume) ce qui peut conduire à des hypothèses d'orientation différentes selon la portion de bord conservée.

De façon tout à fait classique, la forme du vase est en grande partie restituée si sont présents au minimum le bord ou l'assise ainsi qu'une portion suffisante du profil. Les étapes de reconstruction de la forme et du format reposent en effet sur la détermination d'une orientation, l'obtention d'un diamètre et le tracé d'un profil.

Pour définir l'orientation, un plan est positionné automatiquement à partir de points disposés manuellement sur toute la longueur de la lèvre (fig. 5a) ; l'opérateur doit placer un maximum de points pour minorer le poids des irrégularités de la lèvre dans le calcul. La surface plane créée passe par un maximum de points et exclut les irrégularités extrêmes de la lèvre, c'est-à-dire les parties les plus hautes et les plus basses.

L'orientation du vase peut ensuite être déterminée ; elle est ouverte, droite ou fermée. Le calcul du diamètre se fait à partir de points placés à la jonction entre le plan et la lèvre : un minimum de trois points, permettant de couvrir toute la longueur du bord, est nécessaire. La multiplication des points sur le pourtour de la lèvre augmentera la précision du calcul (fig. 5b). Le centre du cercle, qui correspond au diamètre du vase à l'ouverture, constitue l'origine d'un repère orthonormé (x, y, z), z étant l'axe de rotation du vase.

À partir de l'axe z, des sections radiales régulières permettent d'extraire différents profils du vase ; leur nombre est déterminé par l'opérateur/l'opératrice (fig. 5c). Il est également possible de positionner un curseur pour obtenir une section particulière.

Une fois l'inclinaison, le diamètre, et le profil acquis, une extrusion automatisée du profil est réalisée (fig. 5d). L'extrusion consiste à étendre le profil en continu en suivant la circonférence du vase afin de restituer la forme globale.

On obtient alors un modèle 3D de la morphologie du vase sur lequel les étapes suivantes de la reconstruction vont s'appuyer (fig. 5e et annexe 1). La reconstruction de l'assise, très souvent manquante, est la plupart du temps subjective et fondée sur les tendances morphologiques observées pour la série étudiée. La reconstruction virtuelle des vases permet de repositionner les tessons isolés

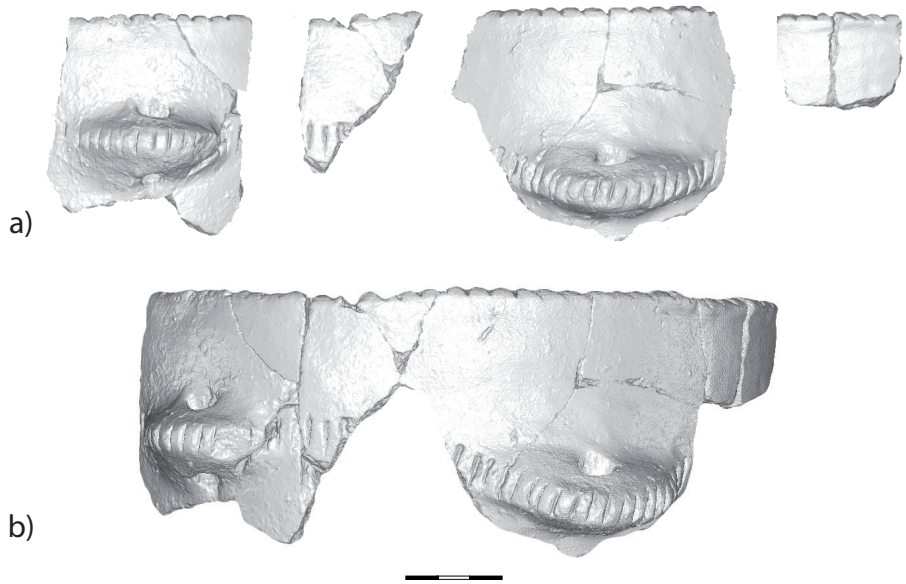


Fig. 4 – A : numérisation des tessons ; b : remontage virtuel du vase (AP_0004). Échelle en cm.
Fig. 4 – *A: digitisation of potsherds; b: virtual reassembly of the pot (AP_0004). Scale in cm.*

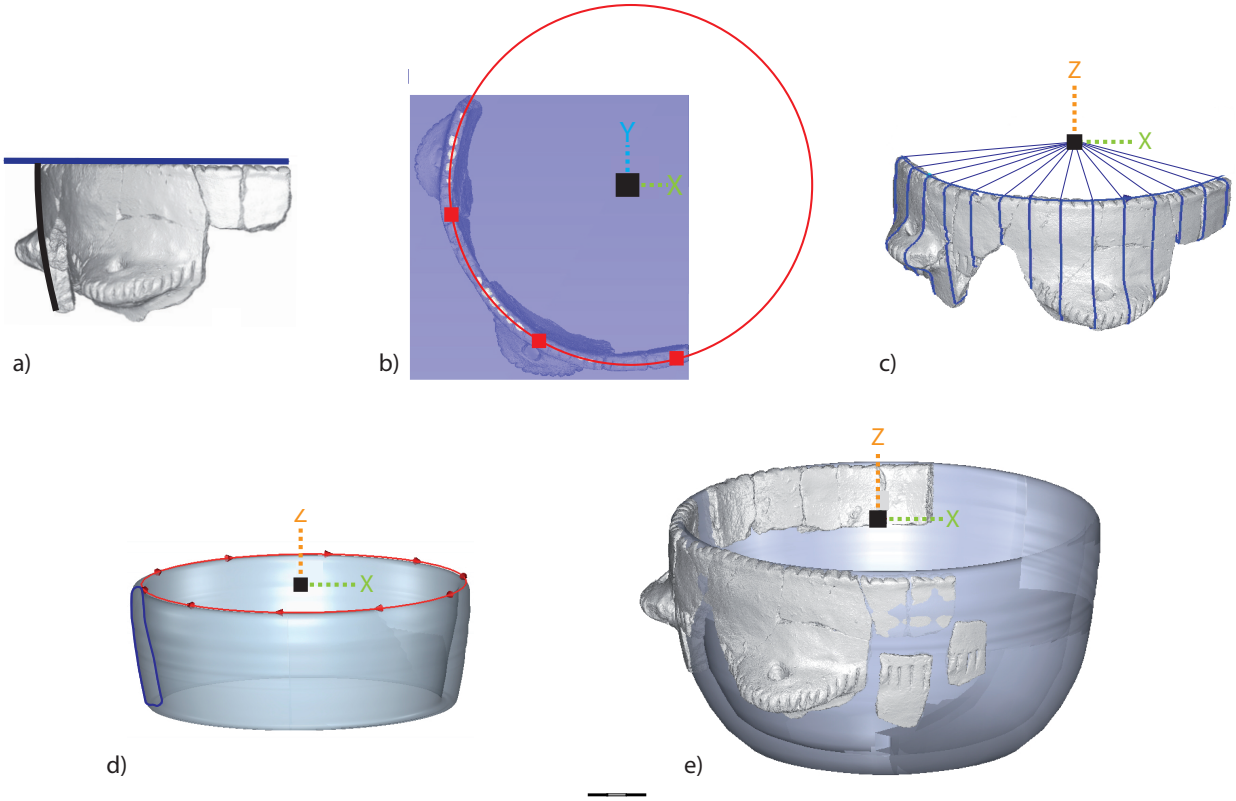


Fig. 5 – A : positionnement du plan et détermination de l'orientation du vase – ici le vase est ouvert ; b : calcul du diamètre et mise en place du système de coordonnées (x, y, z) ; c : extraction des profils ; d : extrusion du profil ; e : reconstruction finale. Échelle en cm.
Fig. 5 – *A: positioning of the plane and determination of the orientation of the pot – here the pot is open; b: calculation of the diameter and setting up of the coordinate system (x, y, z); c: profile extraction; d : profile extrusion; e : final reconstruction. Scale in cm.*

en fonction de l'analyse de l'architecture décorative et de leur adéquation au modèle numérique.

Cette reconstruction constitue le support analytique pour les observations et la prise de mesures à partir des outils numériques proposés par 3DReshaper. Les observations qualitatives du décor, dans son ensemble et dans le détail des empreintes, sont également faites avec le logiciel Meshlab. Ce dernier offre en effet l'avantage d'orienter l'éclairage pour une mise en évidence optimale de la topographie de surface (fig. 6).

Les outils d'acquisition et de traitement des données 3D permettent, en comparaison avec les méthodes manuelles d'étude de la céramique, d'optimiser les temps et la qualité de réalisation des relevés mais aussi la précision des données extraites. L'opérateur/l'opératrice garde un rôle actif en contrôlant et en validant l'ensemble de ces opérations numériques.

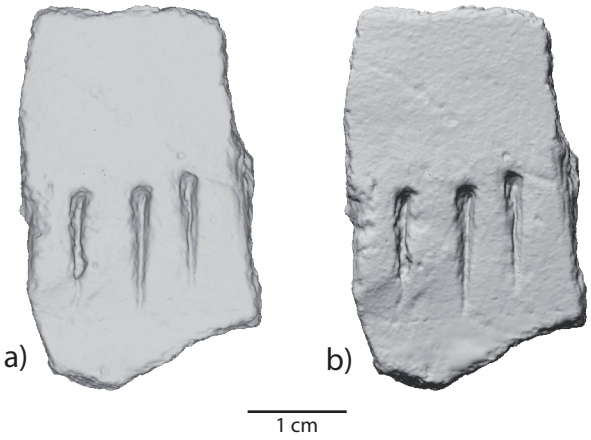


Fig. 6 – A : tesson décoré visualisé avec 3D Reshaper – éclairage frontal ; b : tesson décoré visualisé avec Meshlab – éclairage conventionnel depuis le nord-ouest. Échelle en cm.
Fig. 6 – *A : decorated sherd viewed with 3D Reshaper – frontal lighting; b: decorated sherd viewed with Meshlab - conventional lighting from the northwest. Scale in cm.*

PROTOCOLE DE DESCRIPTION ET D'ANALYSE DES DÉCORS IMPRIMÉS

À l'appui de travaux fondateurs (Shepard, 1956 ; Camps-Fabrer, 1966 ; Balfet *et al.*, 1983 ; Caneva, 1987 ; Balfet, 1991 ; Haour *et al.*, 2010 ; Manen *et al.*, 2010), la chaîne opératoire des décors a été définie comme suit (fig. 7).

La première partie correspond à la construction du décor, qui fait l'objet d'une analyse technologique. Cette analyse part de la plus petite unité considérée, l'élément de base, qui est compris comme étant le résultat singulier obtenu à l'aide d'un outil et d'un procédé, jusqu'aux modalités de manipulation de l'outil et du vase lors de la décoration. Dans le cadre de cet article, nous avons fait porter l'effort sur les analyses relatives à l'élément de base et à sa mise en œuvre.

La seconde partie a trait à la structuration du décor, c'est-à-dire au résultat final, que l'on soumet à une analyse stylistique. Cette dernière décrit l'architecture générale du décor (ou syntaxe décorative) et traite de sa place sur le vase et par rapport aux éléments de préhension ou suspension.

L'analyse technologique

L'élément de base

L'élément de base correspond à la plus petite unité de la chaîne opératoire décorative dont on va chercher à identifier et décrire l'outil (nature, forme, format) et le procédé (technique, geste et modalités du geste). Parmi les techniques de décors recensées dans le courant du premier Néolithique du nord-ouest de la Méditerranée (impression, modelage, gravure, coloration), seule l'impression est traitée dans le cadre de cet article ; l'élément de base est donc abordé à partir d'une empreinte.

Trois catégories d'outils sont considérées dans ce contexte : les coquilles marines, les doigts et les instruments. Pour les décors réalisés à l'aide d'une coquille marine, les gestes recensés sont : simple, déroulé, pivoté, traîné (Manen et Salanova, 2010). Pour les décors au doigt, si une gamme de gestes plus étendue a été reconnue (Natali, 2015), seules les deux modalités d'impression identifiées en Méditerranée du Nord-Ouest ont été considérés ici : simple et pincée. Pour

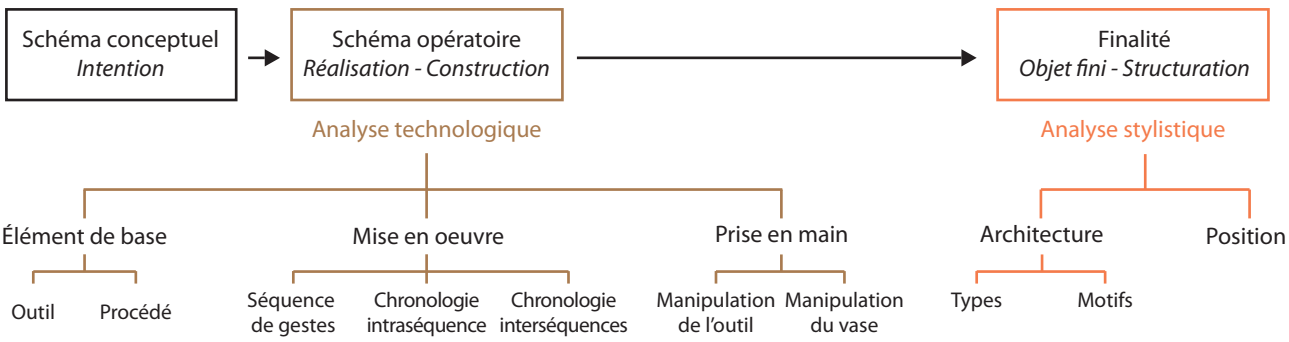


Fig. 7 – Chaîne opératoire des décors céramiques.
Fig. 7 – *Chaîne opératoire of pottery decoration.*

les instruments enfin, seuls les gestes simple et traîné identifiés dans notre corpus ont été pris en compte.

Dans le but d'établir des caractères diagnostiques pour l'identification et la classification des impressions à la coquille marine et au doigt, nous avons conçu un protocole expérimental en nous appuyant sur quatre référentiels existants : trois expérimentaux pour les coquilles marines (Manen et Salanova, 2010 ; Martínez Sánchez *et al*., 2017 ; Breu, 2013), et un archéologique pour les décors digito-unguéaux (Natali, 2015). Il s'est cependant avéré indispensable, *primo*, de compléter les référentiels relatifs aux décors à la coquille marine, en introduisant de nouvelles espèces et, *secundo*, de constituer un premier référentiel expérimental pour les décors digito-unguéaux. Le détail des protocoles expérimentaux suivis et des référentiels 3D construits feront l'objet d'une publication spécifique ultérieure.

Outils

Coquilles marines

La première question à traiter face à un décor fait à la coquille est celle de l'identification de sa famille, son genre ou son l'espèce. Les critères utilisés renvoient aux parties de leur anatomie visibles dans les empreintes et diagnostiques pour l'identification de la coquille. À partir de l'étude de l'anatomie des mollusques (Gaillard, 1987a ; Poutiers, 1987 ; Poppe et Goto, 1993a et 1993b ; DORIS, https://doris.ffessm.fr/ ; WoRMS, https://www.marinespecies.org/), des référentiels expérimentaux publiés par ailleurs (Manen et Salanova, 2010 ; Martínez Sánchez *et al*., 2017) et de notre propre référentiel d'empreintes (fig. 8), nous avons établi une liste de critères d'identification pour seize espèces de bivalves et quinze espèces de gastéropodes. Le choix des espèces s'est fondé sur un inventaire des espèces potentiellement utilisées par les potières ou potiers néolithiques de Méditerranée (Manen et Salanova, 2010) et sur les inventaires de la malacofaune marine retrouvée sur les sites néolithiques méditerranéens (Cade, 1998, 1999 et 2004 ; Prieur, 2007).

Vient ensuite la question de l'identification des gabarits des coquilles à partir des empreintes. Pour le genre *Patella*, dont les espèces sont polymorphes, on sait déjà qu'aucune corrélation ne peut être établie entre le format de la crénelure de la face dorsale et la taille de la coquille (Poppe et Goto, 1993a ; DORIS, https://doris.ffessm.fr/). Toujours parmi les gastéropodes, nos différents tests sur les trochospiralés (*Columbella rustica*, *Luria lurida* par exemple) ont conclu également à l'absence de corrélation entre les mesures relevées sur l'empreinte et la dimension de la coquille. Il s'avère en fait que cette question du gabarit ne peut être traitée que pour les bivalves à front denté parmi toutes les espèces retenues dans notre référentiel. Les travaux d'Adrià Breu (Breu, 2013) ont déjà permis d'établir que le rapport entre la taille de la coquille et le format de la crénelure de la face dorsale d'*Acanthocardia tuberculata* était proportionnel : le gabarit de la coquille utilisée peut donc être déduit de mesures relevées sur l'empreinte. À partir de mesures relevées directement sur les modèles 3D des empreintes expérimentales, nous

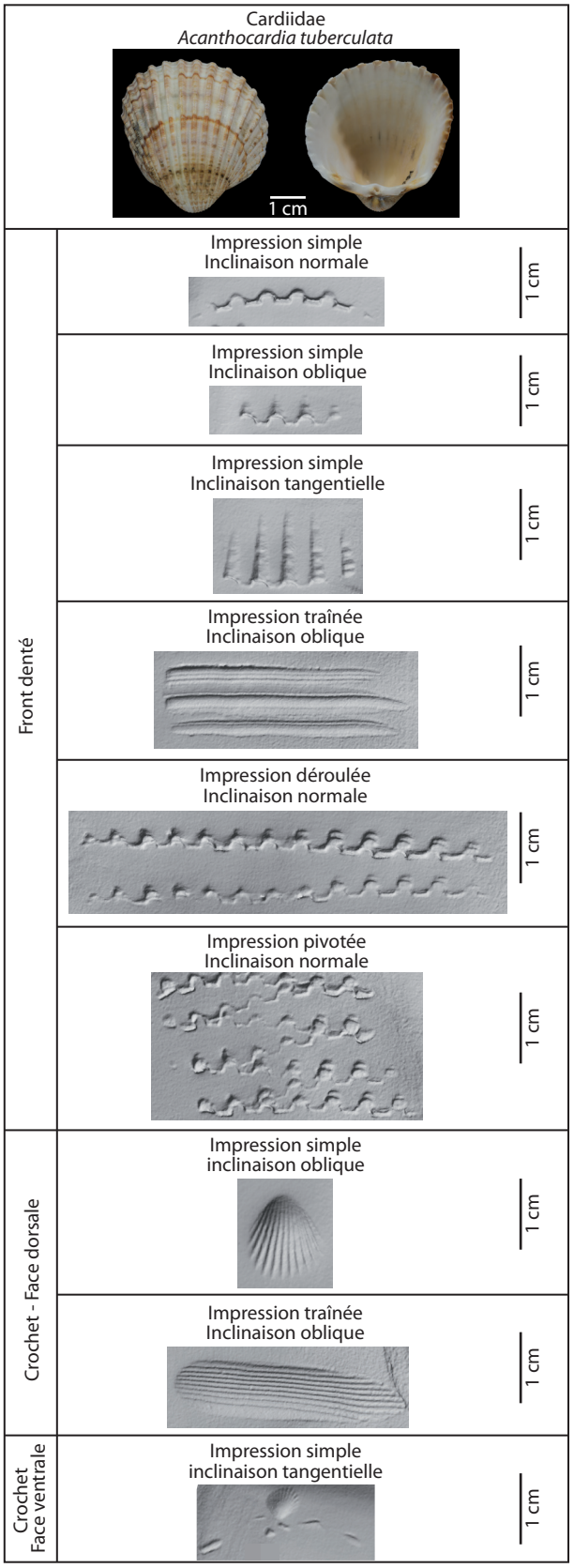


Fig. 8 – Extrait du référentiel d'empreintes : *Acanthocardia tuberculata*, neuf procédés.
***Fig. 8** – Extract from the imprints comparative reference collection: Acanthocardia tuberculata, nine processes.*

aboutissons à la même conclusion pour les deux espèces testées, *Cerastoderma edule* et *Cerastoderma glaucum*.

Par ailleurs, nos tests démontrent que, les formes et formats des crénelures des faces dorsales étant propres à chaque espèce, un petit format d'empreinte n'implique pas automatiquement un petit format de coquille. Il est donc indispensable d'identifier l'espèce pour pouvoir appliquer le protocole métrique de détermination du gabarit.

Doigts

La description des décors réalisés avec les doigts fait appel au vocabulaire anatomique de la main. Sur la face palmaire, les extrémités distales des doigts présentent des pulpes de forme convexe. Ces dernières portent des empreintes digitales, qui se composent de successions de crêtes et de sillons. Sur la face dorsale, les ongles ont une extrémité en arc de cercle. Les jonctions entre la pulpe et l'ongle sont appelées commissures (fig. 9).

En raison d'un dimorphisme sexuel observé pour chaque doigt, les dimensions des crêtes et des sillons renseignent sur le sexe biologique de la personne. Les empreintes évoluant de la naissance à la maturité, ces données métriques donnent également des indications, peu précises, relatives à la classe d'âge (enfant, adulte). L'étude des empreintes laissées lors de la fabrication d'artefacts en terre permet donc de discuter du sexe et l'âge des potières et des potiers (Kamp *et al*., 1999 ; Králík et Novotny, 2003 ; Sanders, 2015 ; Fowler *et al.*, 2019 ; Kantner *et al*., 2019). Deux méthodes de mesure existent et s'appuient sur des photos zénithales. La première consiste à mesurer la largeur d'une crête et d'un sillon associés (*ridge breadth* ; fig. 10a) et la seconde à décompter le nombre de crêtes ou de sillons le long de la diagonale d'une surface de 25 mm² (*ridge density* ; fig. 10b). Si nous avons pu repérer des empreintes digitales sur le mobilier archéologique, leur topographie n'est malheureusement pas discernable sur les numérisations 3D car les reliefs sont trop fins. Pour les intégrer à notre description, nous avons réalisé les prises de mesures sur des vues zénithales acquises à l'aide d'un macroscope Leica Z16 APO avec éclairage rasant. Une technologie à plus haute résolution permettrait sans doute d'obtenir des modèles numériques exploitables.

Parallèlement, l'étude des négatifs des ongles imprimés lors du façonnage de céramiques a récemment été développée afin de distinguer des classes d'âge (Dorland, 2018). La méthode consiste à relier la longueur du négatif de l'ongle (distance entre les deux extrémités de l'empreinte) à des classes d'âge (enfant, juvénile, adolescent et adulte). Comme les empreintes des ongles sont bien lisibles sur nos modèles 3D, nous avons pu systématiser la prise de mesures et discuter leur variabilité en regard des gestes d'impression.

Instruments

La catégorie instrumentale rassemble les outils dont la nature exacte n'a généralement pas pu être identifiée. Le champ des possibles est vaste car tout ce qui se présentait sous la main des potières ou potiers pouvait servir d'outil de décoration. Il peut s'agir d'objets en matière

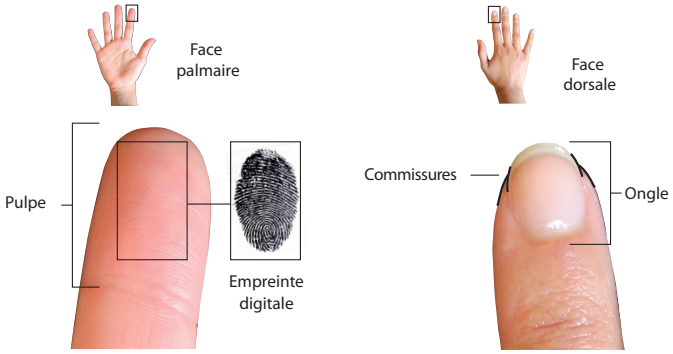


Fig. 9 – Vocabulaire relatif aux doigts.
***Fig. 9 –** Vocabulary related to fingers.*

Fig. 10 – Méthodes de mesure appliquées à une empreinte digitale (modifié d'après Fowler *et al*., 2019).
***Fig. 10 –** Measurement methods applied to a fingerprint (modified after Fowler* et al*., 2019).*

dure animale, végétale ou minérale qui n'ont pas subi de transformation avant utilisation. Ces objets peuvent aussi avoir été plus ou moins façonnés ou aménagés ; dès lors leur identification fondée sur un corpus de formes naturelles n'est plus envisageable.

Ignorant la nature de ces outils, la classification des empreintes repose donc sur leur seule forme. Afin de mettre en valeur tous les reliefs, l'examen morphologique de l'empreinte est réalisé avec le logiciel Meshlab qui permet d'éclairer le modèle numérique selon neuf angles (éclairage frontal, nord-ouest, nord, nord-est, est, sud-est, sud, sud-ouest et ouest). La description d'une empreinte faite avec un instrument s'organise en trois parties : le bord (interface entre l'empreinte et la surface du vase), les parois et le fond (fig. 11a).

La forme du bord de l'empreinte est décrite en vue zénithale. Dans notre corpus, nous avons qualifié les bords d'arciforme, longiligne, punctiforme ou bifide.

En plus de l'observation en vue zénithale sous Meshlab, les formes des parois et du fond sont observées en coupe à partir de 3DReshaper. La section de l'empreinte offre ainsi des vues inédites de la topographie des parois et du fond permettant d'affiner leur description (fig. 11b).

Pour aller plus loin dans la caractérisation des outils employés, des profils sont relevés localement grâce à l'extraction automatique de sections (fig. 11c). Dans le corpus étudié, les parois ont été qualifiées de lisses ou dentées, et les fonds décrits comme plats, arrondis, ou en « V ».

Le format de ces outils, systématiquement relevées sur les modèles 3D, est exprimé par leur longueur et leur largeur (fig. 11c). La longueur correspond à la plus grande distance d'un bout à l'autre de l'empreinte et la largeur est définie perpendiculairement à l'axe longitudinal. Les profondeurs des empreintes sont mesurées afin de définir la taille minimum de la zone active de l'instrument. En outre, les relevés en coupe permettent de mesurer l'angle formé à la jonction des parois et du fond (fig. 11c).

À l'appui de ce que nous avons observé, la forme du bord des empreintes est généralement la partie la plus caractéristique et donc la plus pertinente pour l'établissement d'un classement (fig. 12). Pour les empreintes dentées, la forme des parois est plus pertinente que celle du bord.

Gestes

Impression simple

L'impression simple consiste à presser un outil sur la pâte, puis à le relever, sans aucun déplacement sur la surface du vase (Balfet *et al*., 1983). L'outil est totalement déconnecté de la pâte entre deux impressions. L'empreinte est nette, les bords sont francs et les détails des reliefs sont bien marqués. L'empreinte représente un moulage assez fidèle de la zone active de l'outil (fig. 13).

Lorsque deux doigts sont utilisés, d'une part le pouce et d'autre part l'index ou le majeur, leurs négatifs sont nets, sans aucune remobilisation de pâte, ce qui les distingue des impressions pincées décrites *infra*.

Impression déroulée

Dans le corpus étudié, l'impression déroulée est mise en œuvre avec les fronts des bivalves. Le front de la coquille est imprimé suivant un mouvement de bascule unique (Balfet *et al*., 1983). Les empreintes sont rectilignes, ont des tailles variables, mais sont plus grandes que les empreintes résultant de l'impression simple. Les empreintes sont nettes, les bords sont francs (fig. 14).

Impression pivotée

L'impression pivotée est également exécutée dans ce contexte avec les fronts des bivalves. Le début du geste correspond à celui de l'impression déroulée, puis un mouvement de bascule continu est appliqué en utilisant les extrémités du front de la coquille comme pivot (Balfet *et al*., 1983). Les empreintes sont de taille variable, nettes, avec des bords francs ; cependant les détails morphologiques/anatomiques peuvent être plus difficiles à lire au

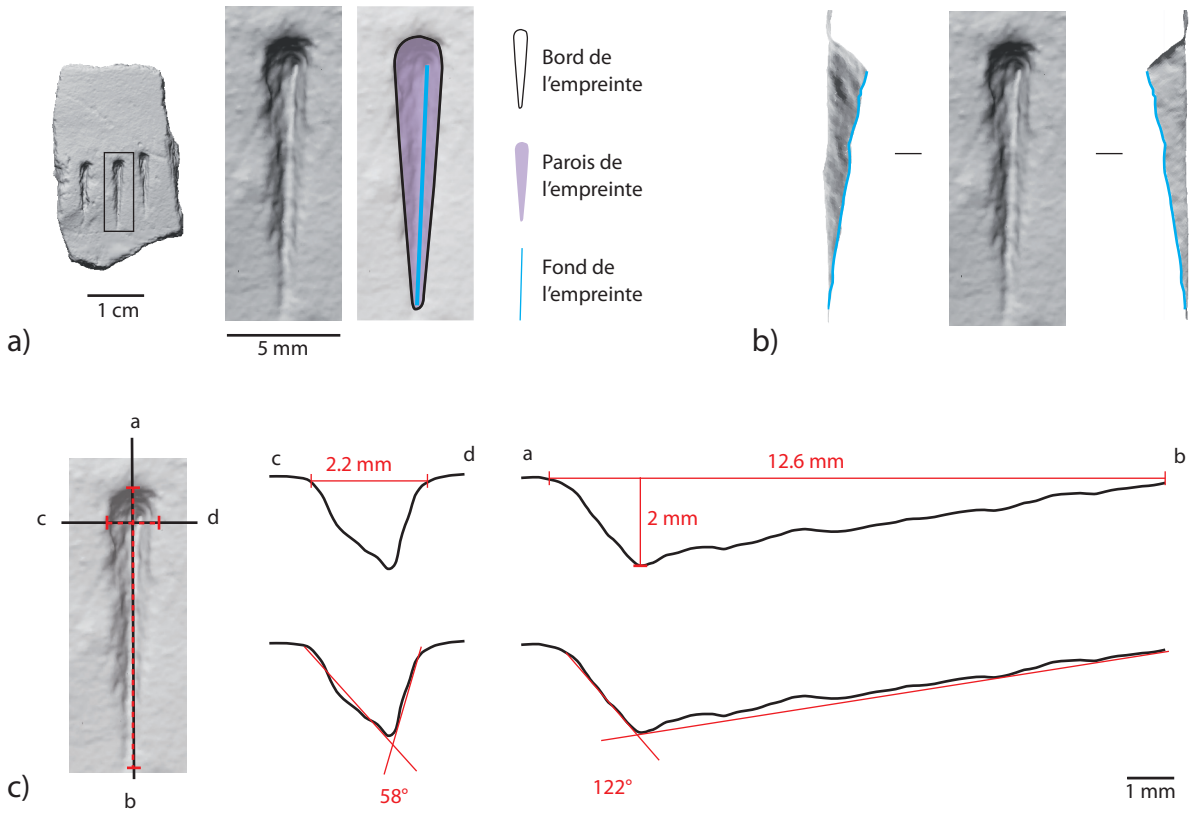


Fig. 11 – A : parties constitutives d'une empreinte ; b : parois internes et fond d'une empreinte ; c : relevés de profils et mesures relevées sur une empreinte.

Fig. 11 – *A : constitutive parts of an imprint; b : internal walls and bottom of an imprint; c: profile sections and measurements taken from an imprint.*

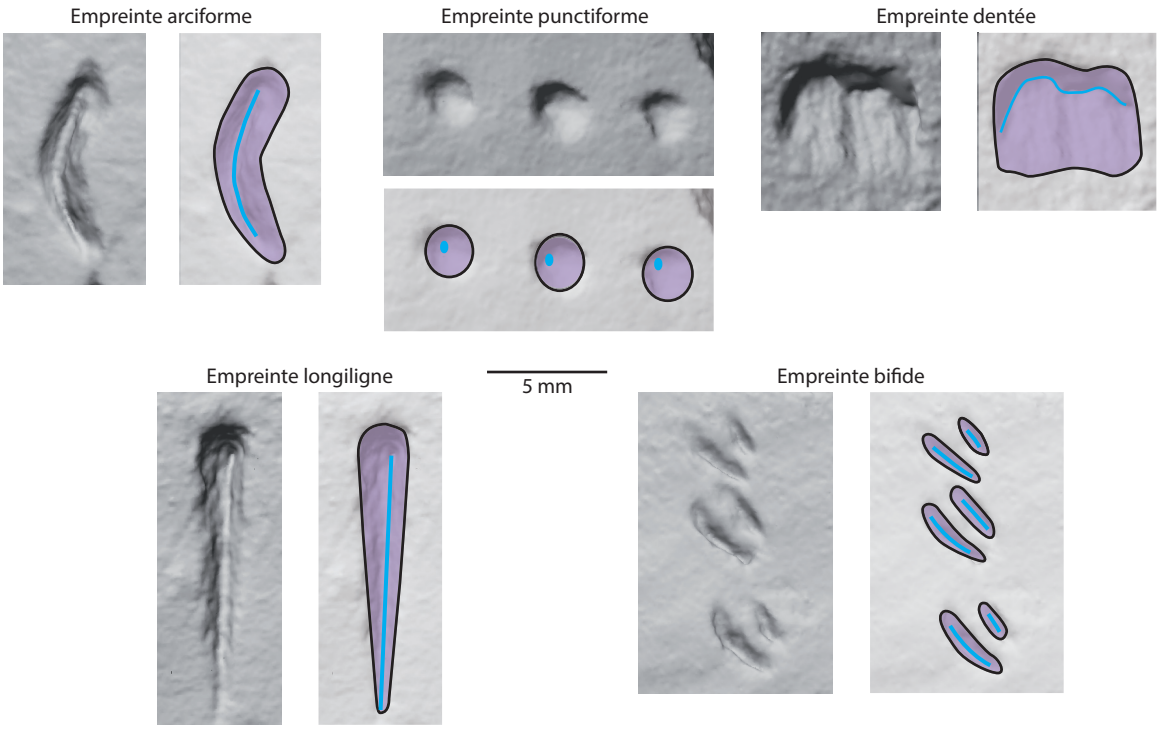


Fig. 12 – Exemples d'empreintes pour chacun des types identifiés.
***Fig. 12** – Examples of imprints for each identified type.*

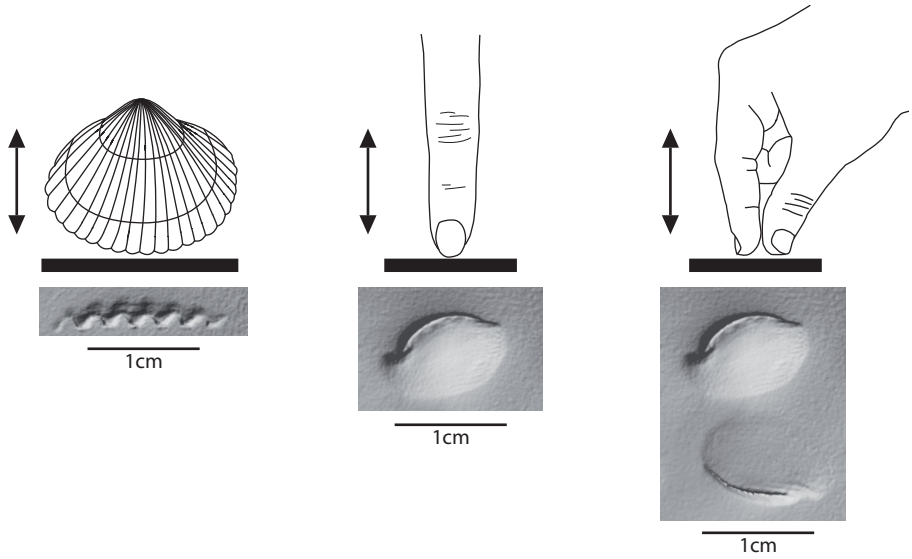


Fig. 13 – Impressions simples et modèles 3D d'empreintes expérimentales.
***Fig. 13** – Simple impressions and 3D models of experimental imprints.*

niveau des extrémités en raison des recoupements engendrés par le pivotement de la coquille (fig. 15).

Impression traînée

L'impression traînée consiste à presser l'outil sur la pâte, puis à le déplacer (Balfet *et al*., 1983). Les empreintes ont des tailles variant selon la distance sur laquelle l'outil a été traîné ; les bords sont francs, mais peuvent être irréguliers, et un report de pâte peut être observé à la fin du tracé (fig. 16).

Dans la démarche exposée dans cet article, les informations relevant de l'outil et du procédé sont dissociées. C'est pourquoi nous n'avons pas repris les notions d'incision, de sillon et de cannelure qui associent une forme et un format d'outil (tranchant/pointu, à pointe mousse plus ou moins large) au procédé d'impression traînée.

Impression pincée

L'impression pincée est exécutée avec deux doigts opposables (pouce *vs.* index ou majeur). Lorsqu'ils sont en contact avec la pâte, les doigts effectuent un déplacement

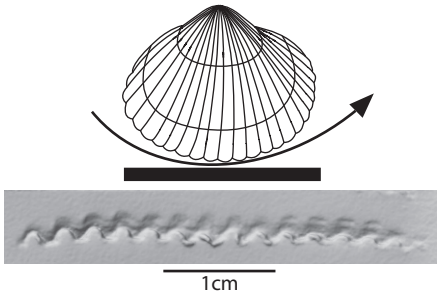


Fig. 14 – Impression déroulée et modèle 3D d'une empreinte expérimentale.
***Fig. 14** – Rolled impression and 3D model of an experimental imprints.*

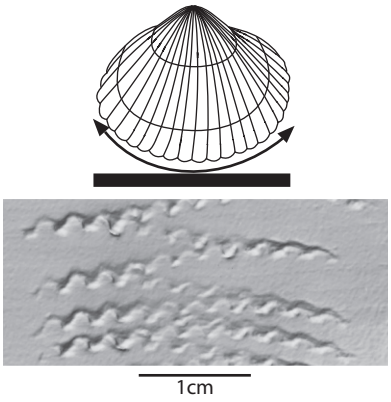


Fig. 15 – Impression pivotée et modèle 3D d'une empreinte expérimentale.
***Fig. 15** – Rocking impression and 3D model of an experimental imprints.*

d'une ampleur plus ou moins grande selon leur position de départ (fig. 17). L'utilisation du pouce et de l'index ou majeur produit deux négatifs en symétrie miroir mais, à la différence de l'impression simple, le négatif de l'ongle est ici dénaturé par le déplacement. La compression de la pâte entre les doigts produit une remobilisation de cette

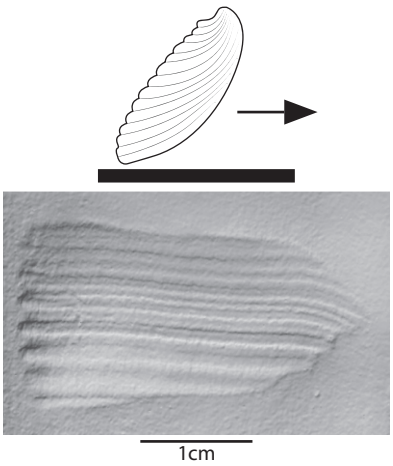


Fig. 16 – Impression traînée et modèle 3D d'une empreinte expérimentale.
***Fig. 16** – Dragged impression and 3D model of an experimental imprints.*

dernière au niveau des négatifs des pulpes, formant un relief entre les empreintes des deux doigts, caractéristique de l'impression pincée. Selon l'écartement des doigts au départ du pincé, et selon la texture de la pâte, cette dernière est plus ou moins remobilisée.

Modalités du geste

Les modalités du geste correspondent à l'inclinaison de l'outil par rapport au support et à la pression exercée par l'opérateur/opératrice au moment de l'impression.

Inclinaison

Lorsque l'outil est connu, comme c'est le cas pour les décors à la coquille et au doigt, l'inclinaison est déterminable car les empreintes ont des formes caractéristiques. En revanche, avec les instruments dont la nature est inconnue, les reliefs observés ne peuvent pas être assurément associés à une inclinaison particulière ; ils peuvent tout autant, ou en même temps, refléter la forme

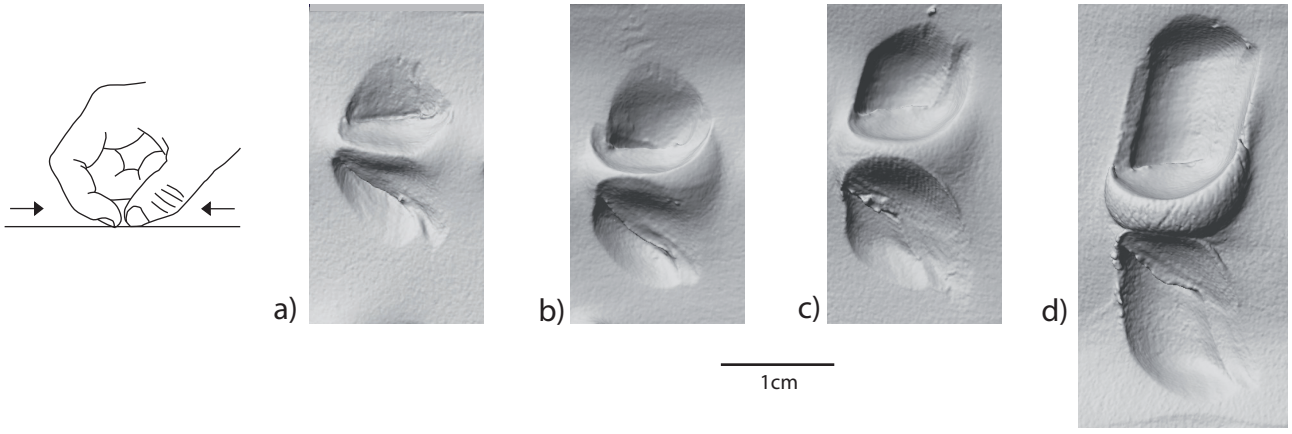


Fig. 17 – Impressions pincées et modèles 3D d'empreintes expérimentales ; a : pincement avec les doigts joints ; b : pincement avec les doigts espacés de 0.5 cm ; c : pincement avec les doigts espacés de 1 cm ; d : pincement avec les doigts espacés de 2 cm.
***Fig. 17** – Finger-pinched impression and 3D models of experimental imprints; a: pinching with fingers joined; b: pinching with fingers spaced 0.5 cm apart; c: pinching with fingers spaced 1 cm apart; d: pinching with fingers spaced 2 cm apart.*

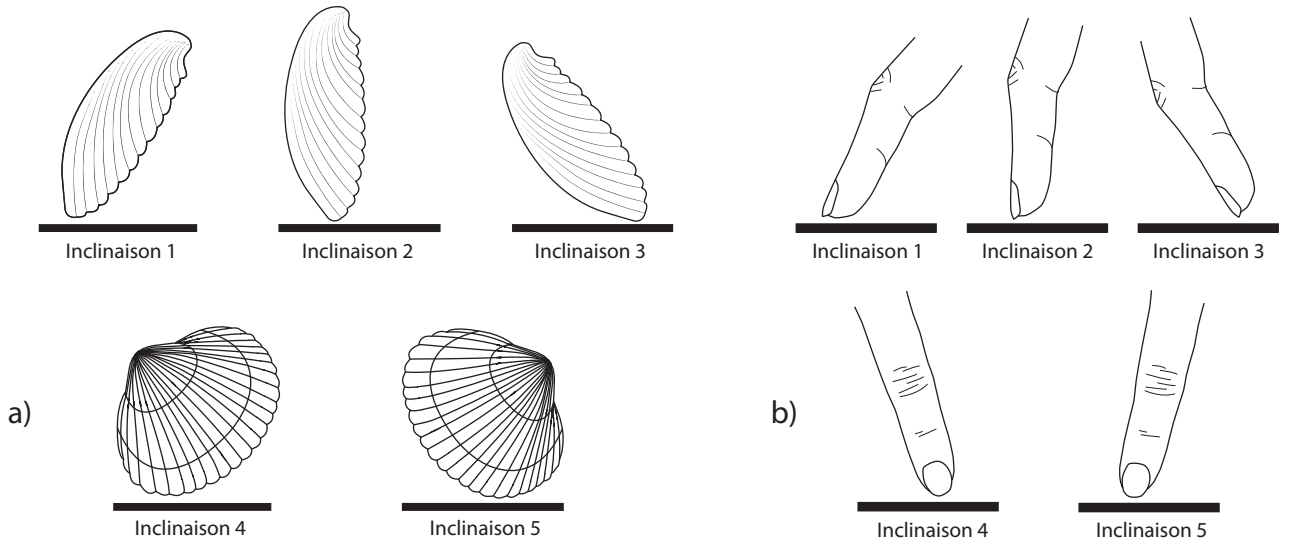


Fig. 18 – A : types d'inclinaisons pour un bivalve à front denté (modifié d'après Brandaglia, 1991 ; Manen et Salanova, 2010) ; b : types d'inclinaisons pour un doigt.

Fig. 18 – *A : types of inclinations for a bivalve with a toothed edge (modified after Brandaglia, 1991; Manen and Salanova, 2010); b: types of inclinations for a finger.*

de l'extrémité de l'instrument. De ce fait, si l'inclinaison des instruments par rapport au support peut être discutée, elle ne peut être affirmée pour autant.

Nous avons cherché à caractériser les différentes inclinaisons possibles pour les décors à la coquille et au doigt. Pour cela un protocole expérimental a été établi en nous appuyant sur des travaux antérieurs (Brandaglia, 1991 ; Manen et Salanova, 2010).

Le protocole expérimental que nous avons conçu comprend cinq inclinaisons possibles (fig. 18) :

– inclinaison 1 : la face ventrale/palmaire est inclinée vers le support ;
– inclinaison 2 : l'outil est perpendiculaire au support ;
– inclinaison 3 : la face dorsale est inclinée vers le support ;
– inclinaison 4 : l'outil est incliné sur la gauche ;
– inclinaison 5 : l'outil est incliné sur la droite.

Pour les décors à la coquille, nous avons choisi de conserver la nomenclature traditionnelle qui qualifie les empreintes – et non pas l'inclinaison de l'outil – de normale, oblique et tangentielle (fig. 19).

L'appréciation de ces inclinaisons repose toujours sur la simple observation de l'empreinte. Par exemple, dans le cas d'impression avec une coquille à face dorsale crénelée, l'inclinaison 1 (empreinte normale) se distingue bien par la seule présence de la crénelure du front ; l'inclinaison 2 associe la marque de la crénelure du front et une faible partie de la face dorsale ; l'inclinaison 3 quant à elle produit une empreinte beaucoup plus grande avec une large partie de la face dorsale. Ces différents types d'inclinaisons, dont les effets décoratifs sont nettement différents, ne constituent cependant que des jalons posés de façon subjective au sein d'un continuum. Les différents tests métriques qui ont été réalisés ne nous ont pas permis d'établir de limites nettes entre

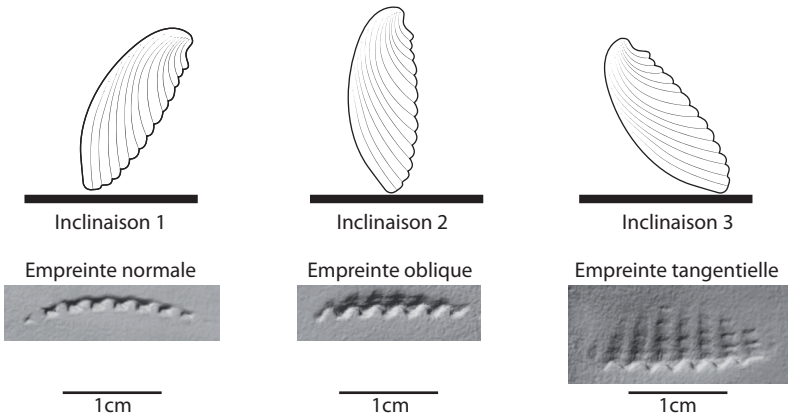


Fig. 19 – Décors à la coquille : correspondances entre les types d'inclinaison 1, 2 et 3, leurs empreintes et les dénominations de ces dernières.

Fig. 19 – *Shell decorations: correspondences between inclination types 1, 2 and 3, their imprints and their terminology.*

les différentes classes, particulièrement entre les inclinaisons 2 (empreinte oblique) et 3 (empreinte tangentielle). Cette typologie doit donc être comprise comme la formalisation d'une tendance.

Pression

La seconde modalité du geste identifiée est la pression exercée au moment de l'impression. Celle-ci est évaluée à partir de la profondeur de l'empreinte. Généralement appréciée visuellement jusqu'ici, elle peut être précisément mesurée sur le modèle 3D.

S'il est possible de quantifier cette profondeur, en déduire la pression exercée est cependant plus complexe. En plus d'être sujette à de très fortes variations intra- et inter-individus, la pression est assurément dépendante du degré hydrique de la pâte au moment de l'impression. Pour témoigner du degré de pression, plus ou moins élevé lors de l'utilisation d'un même outil, nous avons choisi dans un premier temps de considérer les parties anatomiques caractéristiques visibles dans les empreintes. Ainsi, pour les empreintes de doigt par exemple, l'observation des négatifs de l'ongle, puis de la pulpe et enfin des commissures, témoigne d'un gradient dans la pression exercée (fig. 20).

Des expérimentations spécifiques devront être mises en œuvre pour apprécier l'impact de l'état hydrique de la pâte sur l'estimation de l'intensité des pressions.

Mise en œuvre de la décoration

La mise en œuvre de la décoration procède de la répétition des éléments de base selon une ou plusieurs directions. Cette opération n'est cependant pas réalisée d'une traite mais découpée en séquences successives. La mise en évidence de la chronologie de ces gestes techniques permet d'accéder au schéma opératoire de construction du décor.

Cette démarche a été ponctuellement mise en œuvre, notamment lors de l'étude de motifs réalisés par la technique du sillon d'impressions (Binder et Nonza-Micaelli, 2019 ; Panelli, 2019). Cette problématique peut être explorée plus systématiquement grâce à une des fonctionnalités de 3DReshaper. Il est en effet possible d'obtenir une vue déroulée en 2D du vase, offrant ainsi une lecture du décor dans son entièreté (fig. 21).

L'exploitation de la vue déroulée permet d'identifier des régularités et irrégularités de composition, des ruptures de rythme, à partir desquelles seront en premier lieu identifiées des séquences de gestes. La mise en évidence de recoupements entre empreintes permet ensuite de reconstituer les différentes séquences chronologiques.

Identifier des séquences de gestes

L'identification des séquences consiste à repérer des caractères qui se répètent cycliquement ou qui

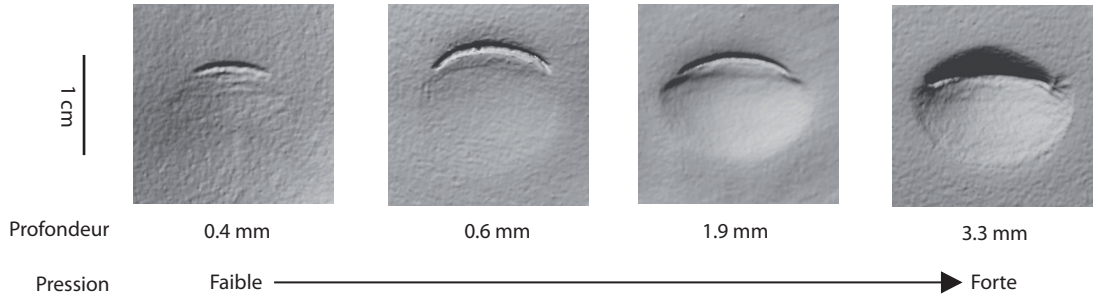


Fig. 20 – Modèles 3D d'empreintes d'impressions simples d'index selon l'inclinaison 2 sur une pâte à consistance cuir.
***Fig. 20** – 3D models of simple impressions of index finger according to inclination 2 on leather-hard clay.*

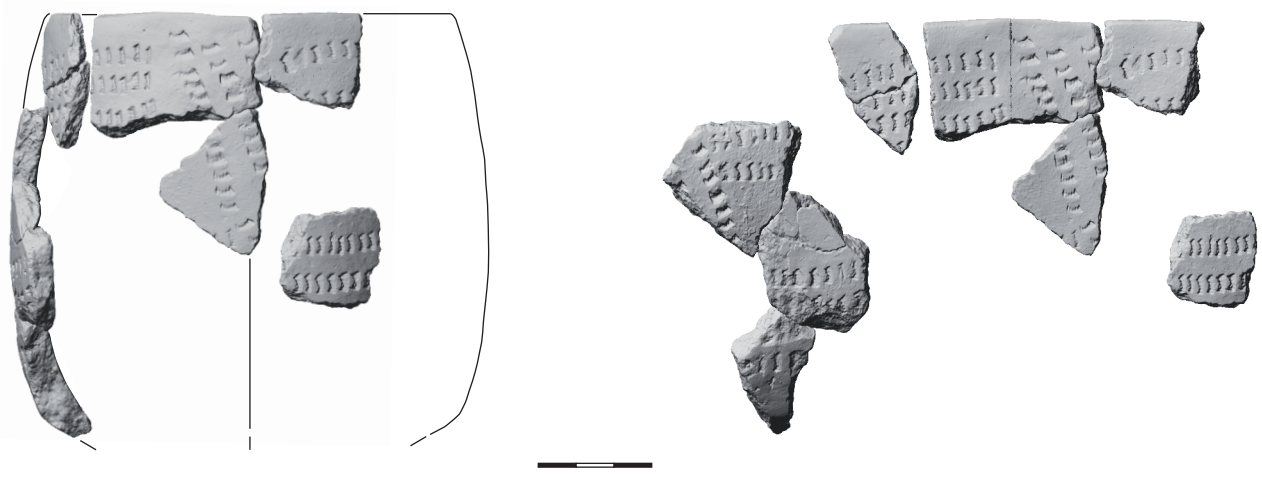


Fig. 21 – Vues conventionnelle et en déroulé 2D d'un vase (AP_ 0018). Échelle en cm.
***Fig. 21** – Conventional and unrolled 2D views of a pot (AP_ 0018). Scale in cm.*

constituent des anomalies au sein d'ensembles apparemment homogènes.

Espacement

Nous postulons que la gestuelle suit une rythmique qui se traduit par un espacement régulier des empreintes. Dans cette perspective, des variations significatives d'espacement correspondent potentiellement à des changements de rythme matérialisant un changement de séquence de gestes. L'espacement peut être mesuré en degrés lorsque le diamètre du vase est restitué, grâce à la projection de sections radiales ; dans les autres cas la mesure est prise au milieu de la longueur de l'empreinte et est donnée en millimètres (fig. 22).

Orientation

Lorsque le geste est enchaîné dans une séquence, l'orientation des empreintes est généralement similaire. Un changement d'orientation des empreintes sera interprété comme le signe d'un changement de séquence. Trois modalités d'orientation des empreintes (verticale, oblique ou horizontale) ont été définies en considérant la position de leur axe le plus long par rapport à l'axe radial du vase (fig. 23).

Alignement

L'alignement correspond à la position des empreintes les unes par rapport aux autres. Un décalage marqué dans l'alignement sera retenu comme un indice de limite entre deux séquences (fig. 24).

Profondeur

Tout comme les précédents caractères, l'observation de la profondeur des empreintes vise à identifier des différences marquées susceptibles de correspondre à des limites de séquences. Pour acquérir cette donnée, des cartes de profondeurs – mesurées à partir de la surface du vase – ou des relevés de profils sont réalisées (fig. 25).

Identifier la chronologie intra- et inter-séquences des gestes

Pour aller plus loin dans la caractérisation du schéma opératoire mis en œuvre dans la réalisation des décors, nous avons recherché des recoupements d'empreintes (fig. 26), que les vues déroulées et les différentes vues rapprochées des modèles 3D, rendent plus facilement identifiables.

Ces recoupements démontrent dans quel ordre les empreintes ont été réalisées. Ils permettent d'établir la chronologie des gestes, non seulement à l'intérieur d'une même séquence mais également entre les différentes séquences identifiées.

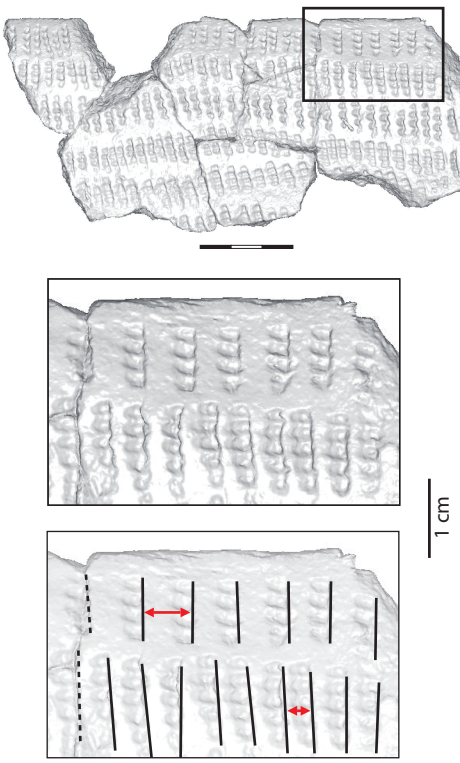


Fig. 22 – Mesure de l'espacement des empreintes. Vue déroulée, échelle en cm.

***Fig. 22 –** Measuring of the imprints spacing. Unrolled view, scale in cm.*

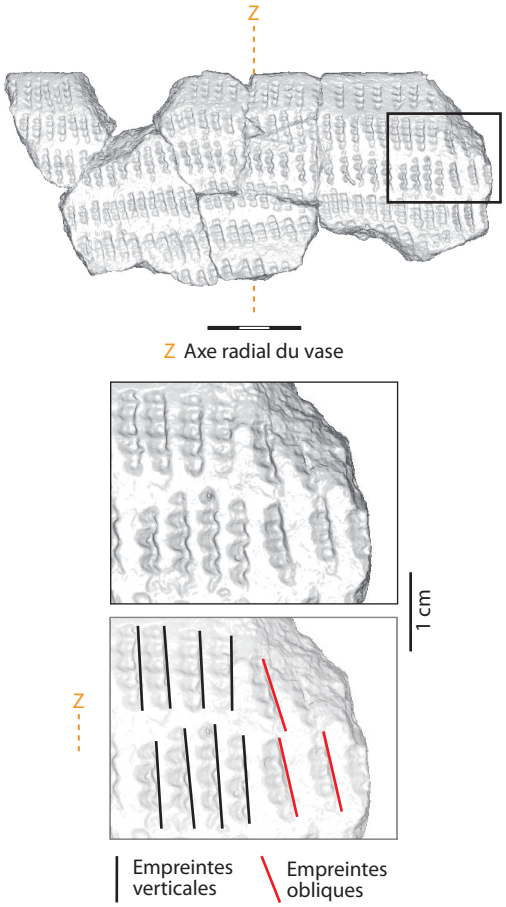


Fig. 23 – Détermination de l'orientation des empreintes. Vue déroulée, échelle en cm.

***Fig. 23 –** Identification of the orientation of the imprints. Unrolled view, scale in cm.*

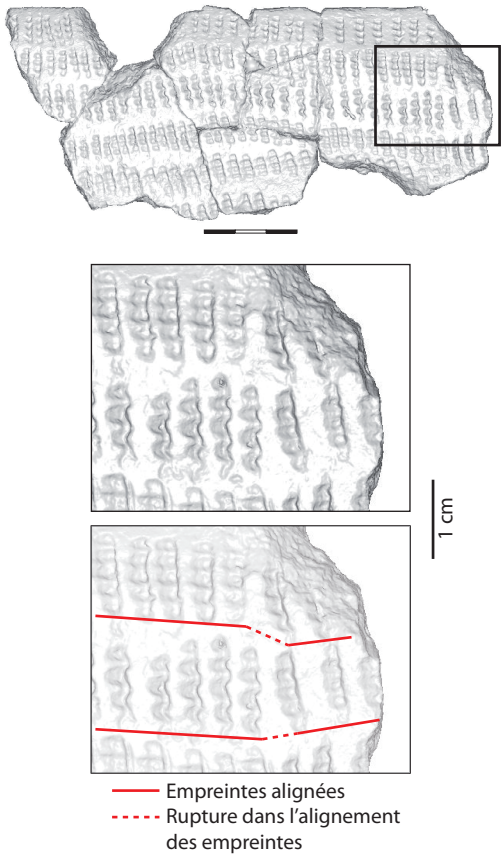


Fig. 24 – Identification des alignements. Vue déroulée, échelle en cm.
Fig. 24 – *Identification of the alignments. Unrolled view, scale in cm.*

Il est entendu que la possibilité d'observer des recoupements d'empreintes est directement liée au mode de répétition de l'élément de base. Selon que les empreintes seront enchaînées les unes aux autres (mode séquentiel) ou distinctes (répétition discontinue), la chronologie des gestes sera plus ou moins accessible. À défaut des recoupements nets, les empreintes proches les unes des autres peuvent tout de même livrer des indications relatives à leur chronologie. En effet, lors de la réalisation d'impressions contiguës, chaque impression provoque une remobilisation de la pâte vers la périphérie ; ainsi, par proximité, chaque nouvelle impression va, peu ou prou, déformer la précédente, ce qui permet de les ordonner dans le temps. Une série d'expérimentations nous a permis d'identifier plusieurs traits relatifs à ces déformations (fig. 27).

Description de la chronologie des gestes intra-séquence

La description de la chronologie des gestes intra-séquence prend en considération la direction selon laquelle l'outil est déplacé. Dans le cas d'une séquence à répétition horizontale, la direction est qualifiée de sénestre (de la droite vers la gauche) ou de dextre (de la gauche vers la droite).

Si la répétition est verticale on parlera de direction descendante (du bord vers l'assise) ou montante (de l'assise vers le bord).

Description de la chronologie des gestes inter-séquences

L'ordre de réalisation des séquences est défini à partir des recoupements, ou des déformations, observés entre des empreintes appartenant à des séquences différentes. Une fois cet ordre déterminé, leur numérotation permet de reconstruire et de coder le schéma opératoire (fig. 28).

La direction des gestes et les schémas opératoires peuvent varier en fonction de la prise en considération par la potière ou par le potier des éléments de préhension/

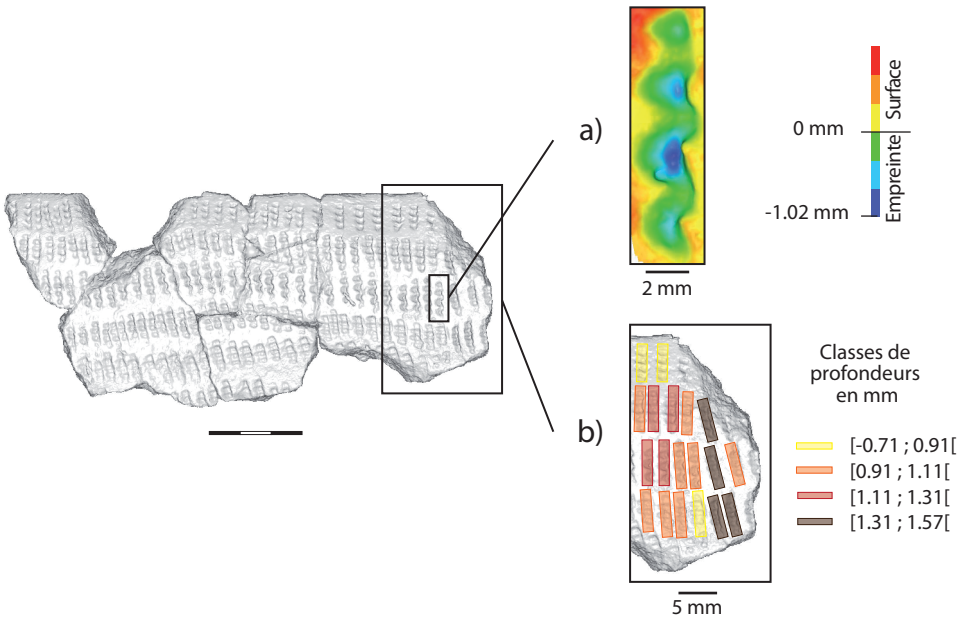


Fig. 25 – Carte de profondeurs d'une empreinte ; b : distribution des profondeurs mesurées sur le vase. Vue déroulée, échelle en cm.
Fig. 25 – *A : depth map of an imprint; b: distribution of depth measurements taken from the pot. Unrolled view, scale in cm.*

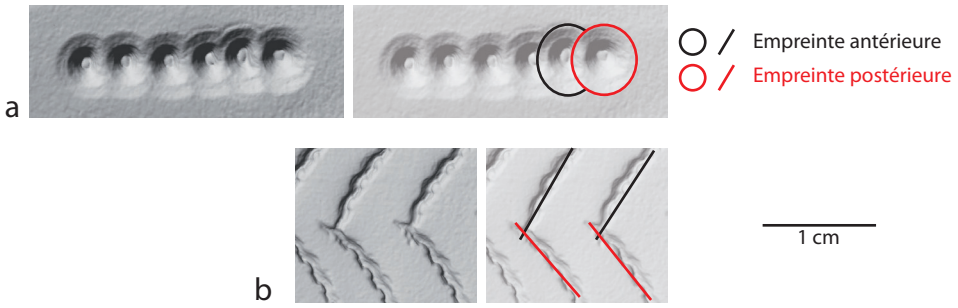


Fig. 26 – Recoupements d'empreintes (référentiel expérimental) ; a : modèles 3D d'empreintes de *Columbella rustica* ; b : modèles 3D d'empreintes de *Cerastoderma edule.*

Fig. 26 – *Overlapping imprints (experimental comparative reference collection); a: 3D models of Columbella rustica imprints; b: 3D models of Cerastoderma edule imprints.*

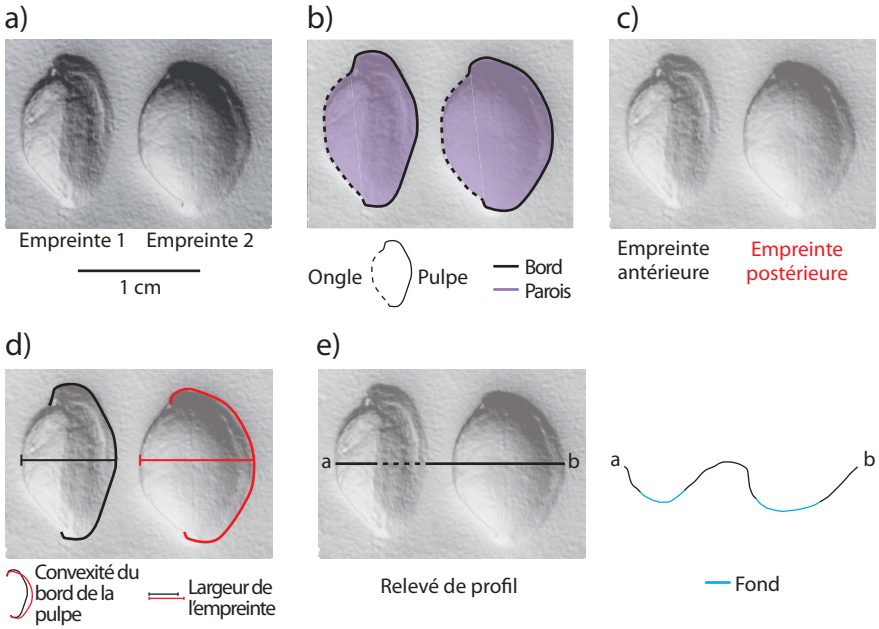


Fig. 27 – A : modèles 3D d'empreintes contiguës expérimentales réalisées par impression simple du majeur ; b : localisation des parties anatomiques du doigt ; c : chronologie des gestes réalisés. Constats : d : la réalisation de l'empreinte 2 a déformé le négatif de la pulpe de l'empreinte 1 : le bord est moins convexe et la largeur globale de l'empreinte est réduite ; e. Le fond de l'empreinte 1 est plus aigu que celui de l'empreinte 2.

Fig. 27 – *A: 3D models of experimental contiguous imprints made by simple impression of the middle finger; b: location of the anatomical parts of the finger; c: chronology of the gestures realized; Observations: d: the making of impression 2 has deformed the negative of the pulp of impression 1: the edge is less convex and the overall width of the imprint is reduced; e: the bottom of impression 1 is more acute than that of impression 2.*

suspension ; ils peuvent également varier en raison du mode de manipulation du vase au cours de la décoration.

L'analyse stylistique

L'analyse stylistique considère *in fine* la structure générale du décor : architecture (ou composition ou encore syntaxe décorative) et nature des éléments (ou rangées) qui la composent, composition des rangées (motifs), position de l'ensemble sur le vase.

Deux types de décor sont distingués. Le décor principal forme l'unité dominante sur le vase ; c'est autour de lui que s'organise l'analyse stylistique. Le décor secondaire, dit aussi additionnel, est restreint à certaines parties du vase et vient en complément du décor principal. Les décors secondaires sont décrits au cas par cas.

L'analyse du vase s'appuie sur une lecture de la vue déroulée du modèle 3D en suivant la nomenclature précédemment proposée pour l'*Impressa* et le Cardial (Binder, 1991 et 1995 ; Manen *et al.*, 2010).

Dans le contexte considéré, les décors se prêtent à une description depuis le bord vers l'assise du vase et à une décomposition en rangées. Chaque rangée correspond à une suite d'empreintes disposées côte à côte pour constituer un ensemble fini. Les rangées sont numérotées de une à n dans un premier temps sans prendre en considération la chronologie des gestes (fig. 29). La disposition du décor principal est également donnée en regard de celle des éléments de

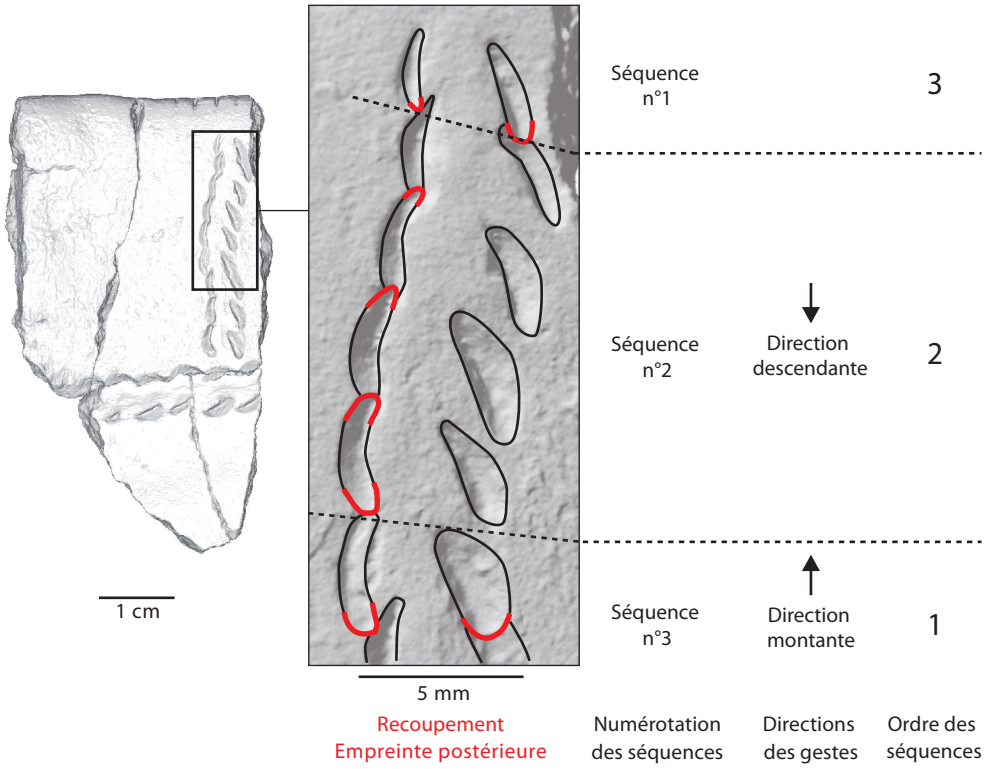


Fig. 28 – Schéma opératoire de réalisation d'un ruban vertical.
Fig. 28 – *Operating scheme for making a vertical band.*

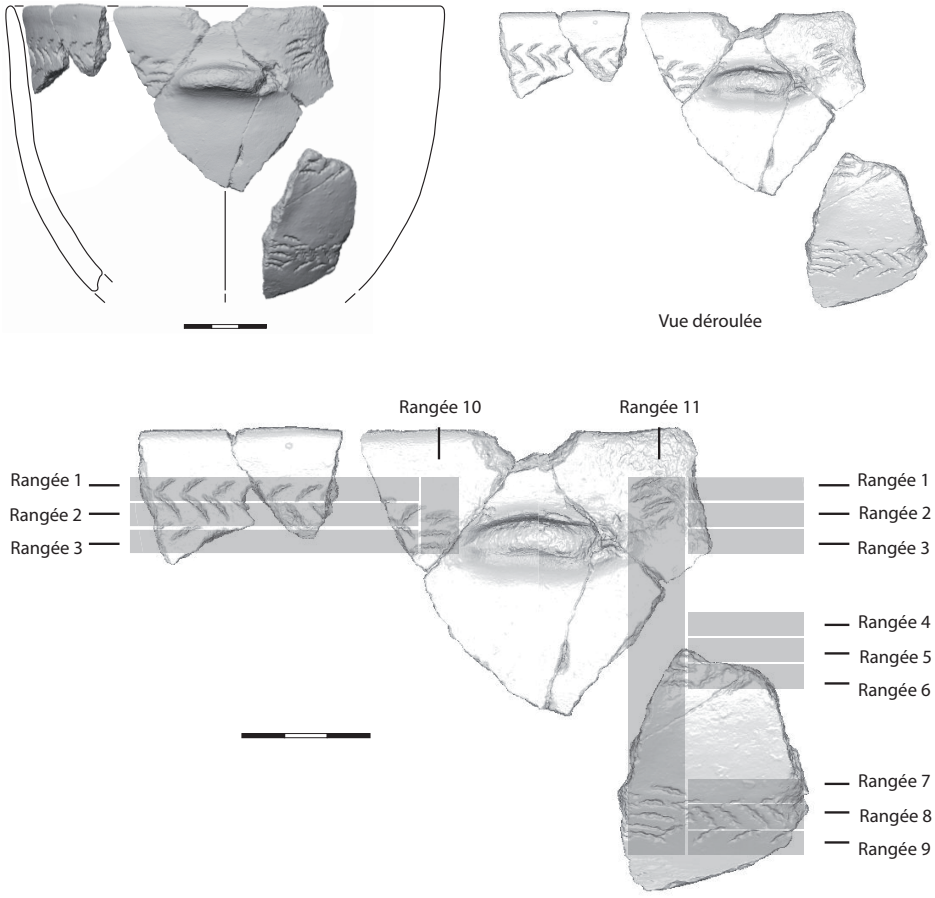


Fig. 29 – Décomposition d'un décor en rangées (vase AP_0040). Échelle en cm.
Fig. 29 – *Decomposition of a decoration in rows (vase AP_0040). Scale in cm.*

préhension : décor passant au-dessus, décor aligné mais ne les ornant pas, décor aligné et ornementation du champ, etc.

L'architecture

Les types

Sur la base des travaux antérieurs (Binder, 1991 et 1995 ; Binder *et al*., 1993 ; Manen *et al*., 2010), sept types d'architecture (ou syntaxe) définis à partir de la disposition relative et de l'orientation des différentes composantes (rangées) ont été distingués (fig. 30).

Les parties non décorées entre le bord et le décor principal et entre le décor principal et l'assise sont considérées comme des plages vides. Le terme de réserve est appliqué aux espaces vides contribuant à la composition.

– Architecture en ruban(s) horizontal(-aux) : composition fondée sur la présence d'au moins un ruban horizontal lui-même formé d'une à n rangées.
– Architecture en ruban(s) vertical(-aux) : présence d'au moins un ruban vertical, également formé d'une à n rangées.
– Architecture orthogonale : combinaison d'au moins un ruban horizontal et un ruban vertical disposés perpendiculairement. Chaque ruban est composé d'une seule rangée, ce qui les distingue des architectures métopales.
– Architecture métopale : composition à partir de formes quadrangulaires (panneaux ou rubans) résultant de la juxtaposition de plusieurs rangées (ce qui les distingue des architectures orthogonales) et séparées par des réserves horizontales et/ou verticales ou disposées (la plupart du temps en alternance) de part et d'autre d'un cordon.
– Architecture oblique-miroir : composition à partir de rubans obliques et/ou de triangles, formés de plusieurs rangées et dupliqués par rapport à un axe de symétrie vertical.

Des variantes existent pour chacun de ces types architecturaux selon qu'il y a un ou plusieurs rubans et selon la composition desdits rubans (nombre de rangées et types de motifs dans les rangées).

Les architectures dites « complexes » constituent des cas à part ; elles correspondent à des compositions singulières dont la structuration ne répond pas strictement à la définition des types *supra*. Chaque exemplaire fait donc l'objet d'une description détaillée particulière reposant toujours sur l'identification de rangées.

Les motifs

Les rangées qui composent les types architecturaux sont formées d'un ou de plusieurs motifs dont la nature et le mode de distribution sont décrits.

Dans le contexte étudié, un motif correspond à un élément de base (empreinte) caractérisé par son orientation, elle-même définie en référence à l'axe radial du vase. On peut donc identifier sur un même vase, voire dans une seule rangée, un ou plusieurs (n) motifs, à raison de l'orientation de l'élément de base, définie à partir de la plus grande longueur de l'empreinte. Ces orientations sont regroupées selon quatre modalités : verticale, oblique 45°, horizontale, oblique 135° (fig. 31). Lorsqu'un vase décoré n'est pas orientable (absence de caractéristiques diagnostiques telles que le bord ou le fond), l'orientation des éléments de base reste indéterminée.

Il s'agit ensuite de décrire les modalités de leur distribution (duplication, articulation) au sein d'une rangée. En présence d'un seul motif, deux modalités sont possibles selon que le motif est répété dans le sens de la longueur ou de la largeur de l'empreinte. En présence de plusieurs motifs sur une même rangée, il s'agira également de décrire la façon dont chaque motif est répété mais aussi l'articulation entre les motifs ; celle-ci correspond dans tous les cas rencontrés à une symétrie miroir (fig. 32).

Dans le cas où un seul motif est utilisé sur toutes les rangées, la description de la distribution se limite au décompte du nombre de répétitions.

Lorsque la composition comporte plusieurs rangées trois modes d'articulation principaux ont été distingués :

– une ou plusieurs rangées d'un ou plusieurs motifs peuvent être encadrées par deux rangées d'un même motif (fig. 33a) ;
– deux rangées ou plus composées de motifs obliques peuvent, par leur juxtaposition, créer une symétrie

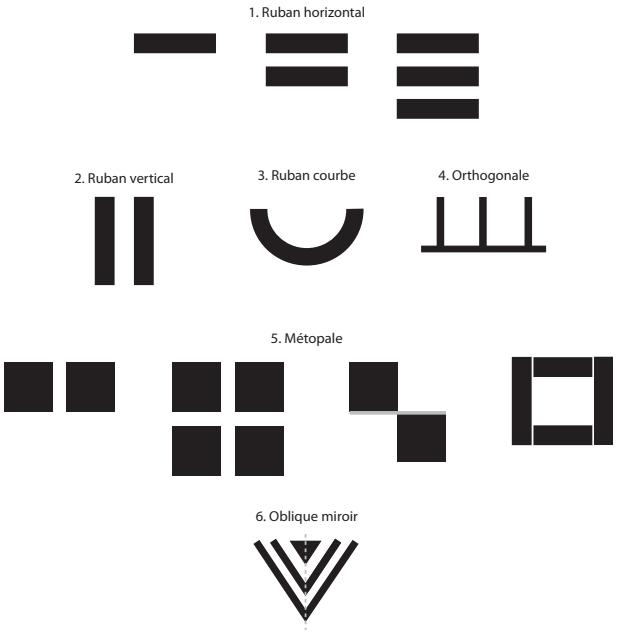


Fig. 30 – Types d'architecture reconnus dans le contexte considéré.
Fig. 30 – *Types of architecture identified in the considered context*

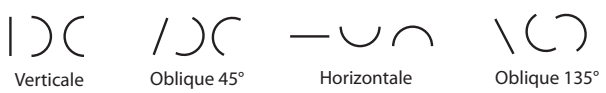


Fig. 31 – Types d'orientation des éléments de base.
Fig. 31 – *Types of orientation of the basic elements.*

Fig. 32 – Modalités de duplication d'un ou plusieurs motifs au sein d'une rangée.
***Fig. 32** – Modalities of duplication of one or several motifs within a row.*

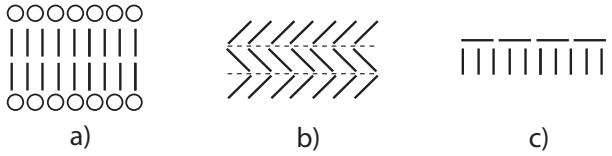


Fig. 33 – Modalités d'organisation des rangées et de leurs motifs.
***Fig. 33** – Modalities of organisation of the rows and their motives.*

miroir, comme c'est le cas par exemple pour les décors dits en zigzag (fig. 33b) ;
– deux rangées, constituées chacune d'un motif particulier, forment par des orientations opposées de leurs motifs ce qu'il est convenu d'appeler une ligne frangée (fig. 33c).

La position

La décoration peut concerner la face externe et/ou interne des vases. La méthode employée pour décrire la position du décor principal est fondée sur celle en usage pour les contextes de la Céramique imprimée (Binder *et al*., 2010). Elle est déterminée par rapport à une division du vase en tiers : supérieur, médian et inférieur (fig. 34). Le tiers supérieur renvoie à plusieurs parties anatomiques du vase : lèvre, col, bord ; le tiers médian correspond au corps et le tiers inférieur à l'assise. Le décor peut occuper un ou plusieurs tiers. Lorsque le vase est insuffisamment conservé, la position du décor ne peut être déterminée avec certitude.

Les décors secondaires sont non seulement localisés sur le vase (tiers supérieur, médian ou inférieur) mais également par rapport aux parties spécifiques (lèvre, col, préhension) avec lesquelles ils sont en relation (fig. 35).

APPLICATION AU VASE AP_0002 DE L'ABRI PENDIMOUN

Avec 197 vases attribués aux phases de l'*Impressa* (1A et 1B) et du Cardial (2A et 2B), l'abri Pendimoun est l'un des sites les plus riches de Méditerranée du Nord-Ouest pour cette période (Binder *et al*., 1993 et 2020 ; Binder, 1995 ; Drieu *et al*., 2021). Les vases décorés représentent plus de la moitié de la série et de nombreuses formes sont restituables, ce qui facilite le recueil des données concernant l'ensemble de la chaîne opératoire

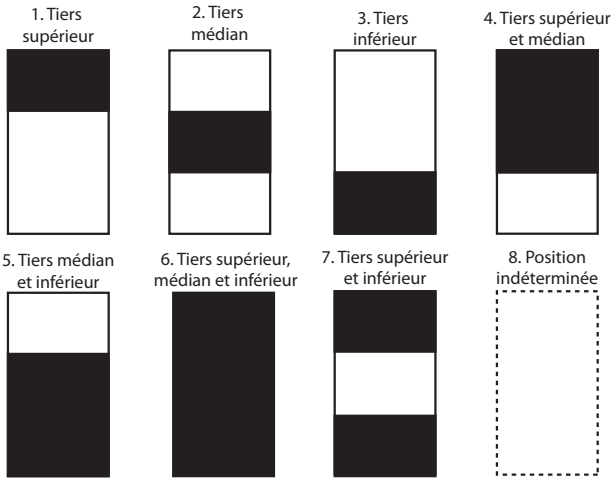


Fig. 34 – Positions des décors principaux sur le vase ; les zones noires correspondent aux parties décorées (modifié d'après Binder *et al*., 2010).
***Fig. 34** – Positions of main decorations; black areas correspond to decorated parts (modified after Binder et al., 2010).*

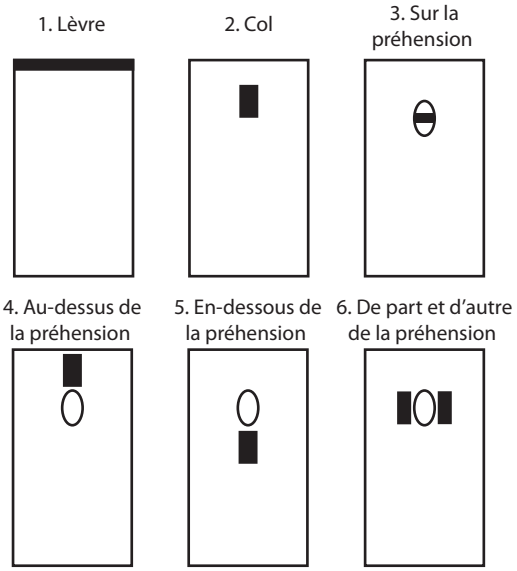


Fig. 35 – Positions les plus fréquentes des décors secondaires ; les zones noires correspondent aux parties décorées (modifié d'après Binder *et al*., 2010).
***Fig. 35** – The most frequent positions of secondary decorations; black areas correspond to decorated parts (modified from Binder* et al.*, 2010).*

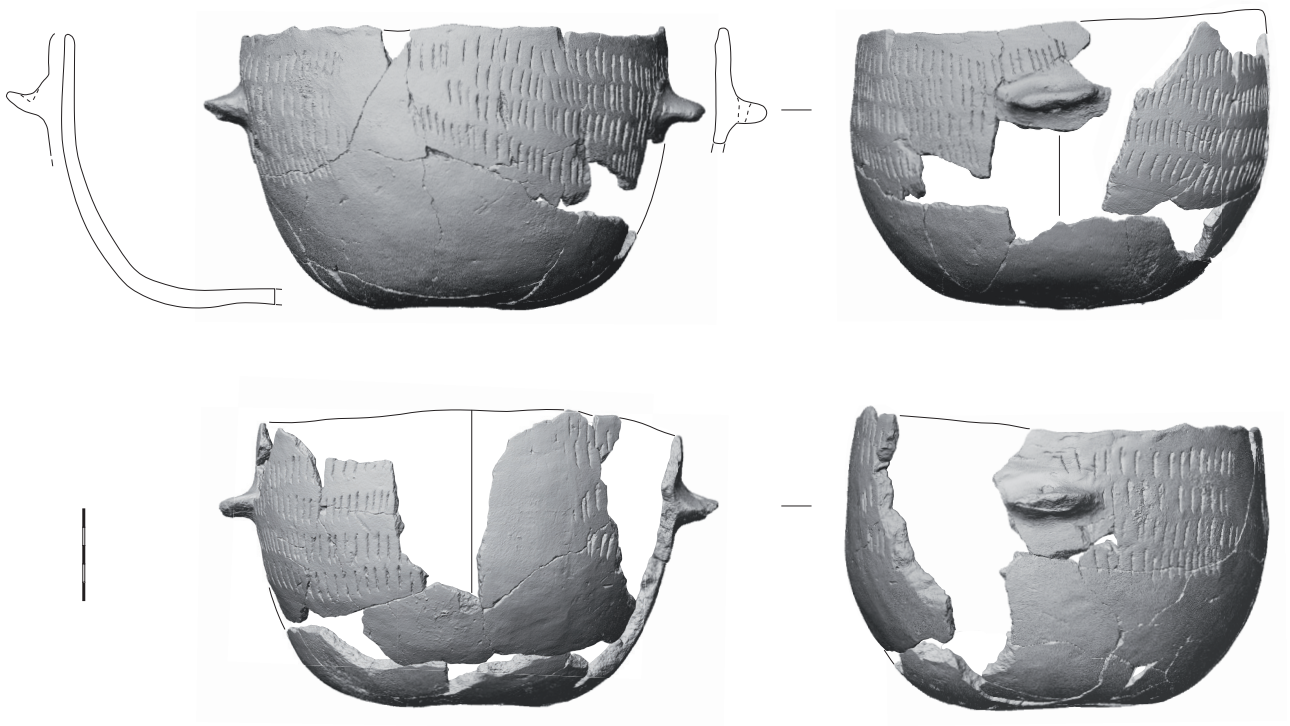


Fig. 36 – Vase AP_0002. Échelle en cm.
***Fig. 36 –** Pot AP_0002. Scale in cm.*

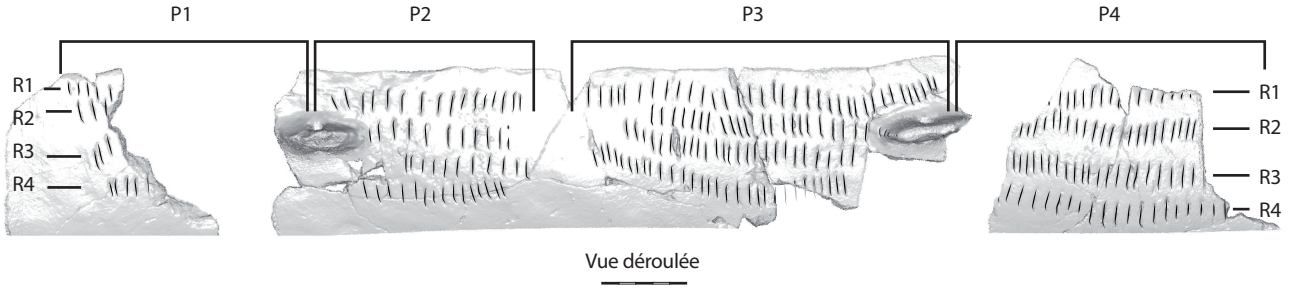


Fig. 37 – Décomposition de l'architecture du décor en panneaux (P) et rangées (R). Échelle en cm.
***Fig. 37 –** Decomposition of the decorative architecture into panels (P) and rows (R). Scale in cm.*

décorative. Les apports de cette nouvelle approche sont illustrés ici par l'analyse d'un vase de l'abri Pendimoun (Castellar, Alpes-Maritimes). Ce récipient (réf. AP_0002) est issu de l'assemblage céramique de l'*Impresso-Cardial* du site, support à nos développements méthodologiques (Cassard, 2020).

Le vase AP_0002

Le vase AP_0002 est l'un des récipients les mieux conservés de l'étape *Impressa* (phase 1B) de Pendimoun ; son profil est entièrement conservé et la préservation de nombreux tessons a permis de le reconstituer en grande partie (fig. 36 et annexe 2). Le bord irrégulier permet d'estimer sa hauteur entre 15,5 cm et 16,5 cm. Son diamètre est de 23 cm. Il porte deux languettes de préhension et son assise est concave.

Position et architecture

Le décor est positionné sur le bord, approximativement

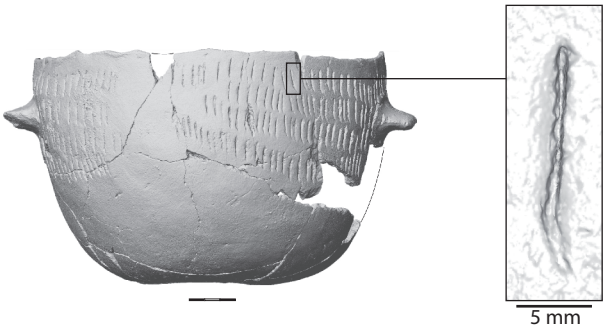
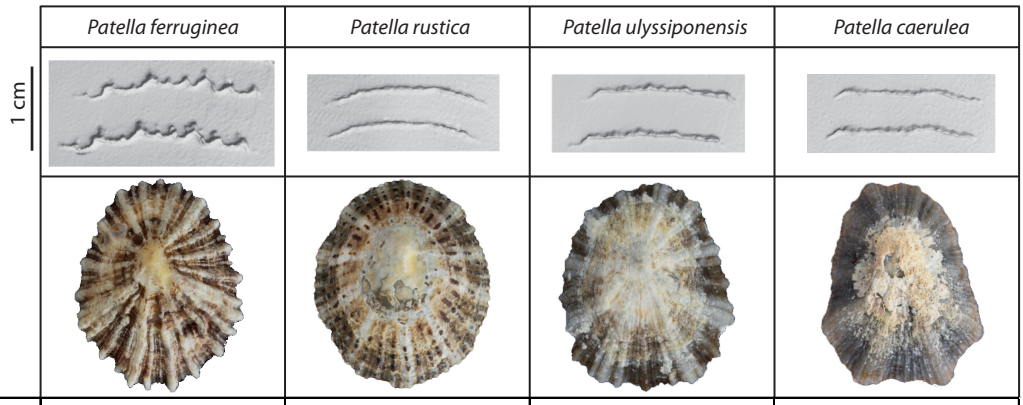


Fig. 38 – AP_0002, élément de base extrait du panneau 3. Vase, échelle en cm.
***Fig. 38 –** AP_0002, basic element extracted from panel 3. Pot, scale in cm.*



		Patella ferruginea	*Patella rustica*	*Patella ulyssiponensis*	*Patella caerulea*
Forme de la base	Arrondie		x		
	Arrondie et rectiligne	x		x	x
Forme des côtes	Arrondies		x		
	Triangulaires	x			
	Mixtes			x	x
Régularité de la crénelure	Irrégulière	x			
	Régulière			x	x
	Très régulière		x		

Fig. 39 – Caractéristiques morphologiques des espèces de *Patella* et modèles 3D de leurs empreintes (référentiel expérimental).
Fig. 39 – *Morphological characteristics of the Patella species and 3D models of their imprints (experimental reference collection).*

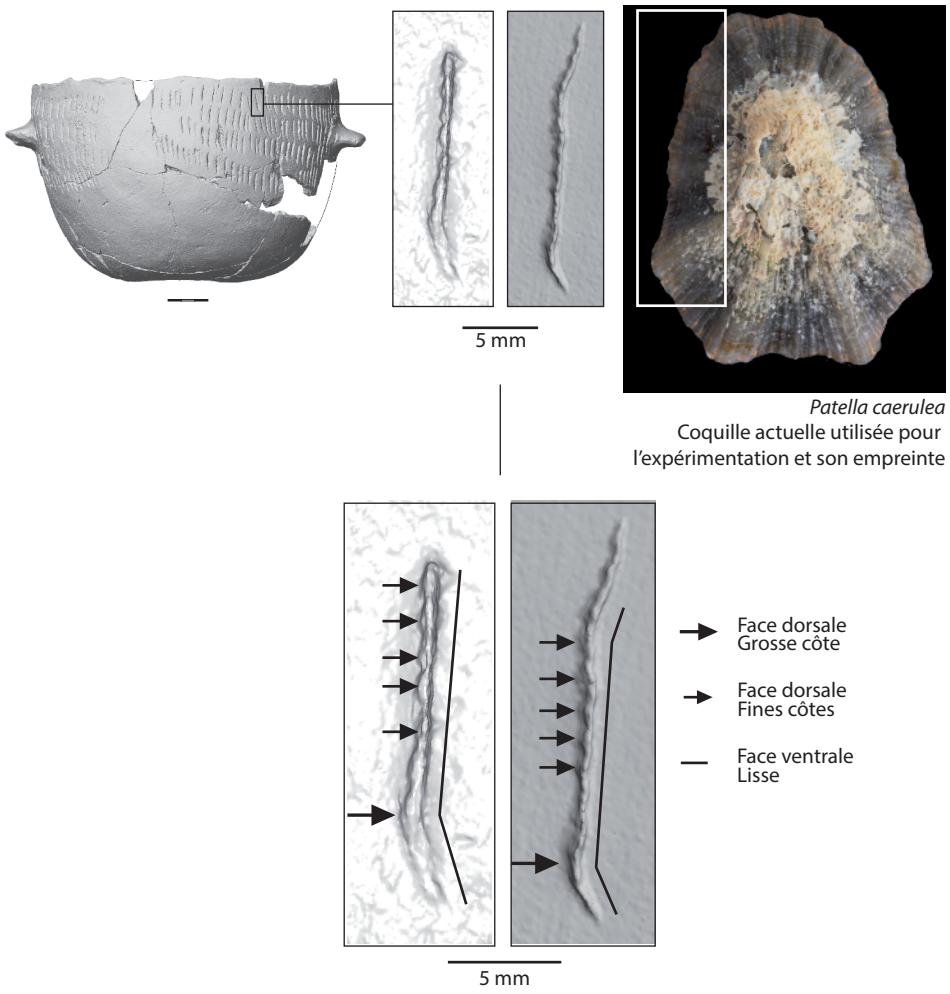


Fig. 40 – Identification de *Patella caerulea* par anatomie comparée. Vase, échelle en cm.
Fig. 40 – *Identification of Patella caerulea by comparative anatomy. Pot, scale in cm.*

entre 0,5 et 1,5 cm sous la lèvre, et sur la première partie du corps. Les zones décorées mesurent environ 8 cm de haut et varient entre 11 et 20 cm de long. La moitié du vase est donc concernée par la décoration.

Ce vase porte un décor organisé selon une architecture métopale, formée de quatre panneaux, numérotés P1 à P4 (fig. 37). Ces derniers sont séparés par des réserves et par les languettes de préhensions. Chaque panneau est composé de quatre rangées, au sein desquelles les empreintes sont orientées verticalement ; la deuxième rangée est systématiquement alignée sur une préhension. Les premières rangées de P2 et P3 se poursuivent au-dessus des languettes. Les rangées sont globalement horizontales, mais sont très irrégulières ; une forte obliquité est d'ailleurs observée pour la quatrième rangée de P3.

L'élément de base

Les empreintes présentent un aspect à la fois rectiligne et côtelé, avec une association de plusieurs fines côtes et d'une plus grossière (fig. 38). En ne considérant que les outils naturellement présents dans l'environnement et à la morphologie non modifiée, l'hypothèse de l'emploi d'une patelle avait été suggérée (Binder *et al*., 1993) ; la face ventrale du gastéropode correspondrait au bord rectiligne et la face dorsale au bord côtelé.

Pour tester la validité de cette hypothèse, les numérisations des tessons archéologiques ont été confrontées à celles d'empreintes expérimentales de *Patella ferruginea*, *Patella rustica*, *Patella ulyssiponensis* et *Patella cerulea*, principales espèces de *Patella* de Méditerranée du Nord-Ouest (Gaillard, 1987b ; Poppe et Goto, 1993a) identifiées au sein de la malacofaune de Pendimoun (Cade, 1998). Adossée aux vues virtuelles très détaillées des empreintes expérimentales, une grille de lecture a été établie présentant les caractéristiques morphologiques permettant de distinguer les espèces (fig. 39). Aucune mesure des empreintes n'a été faite pour tenter de caractériser la taille des coquilles car les patelles sont des espèces polymorphes, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de format standard propre à chaque espèce.

En procédant par anatomie comparée, non seulement l'emploi d'une patelle a été confirmé mais une identification à l'espèce a pu être proposée, l'association d'une forte et de fines côtes étant propre à *Patella caerulea* (fig. 40). Les comparaisons avec nos référentiels permettent de conclure qu'il s'agit d'impressions simples avec inclinaison normale, que la face dorsale est orientée à gauche et la face ventrale orientée à droite.

Mise en œuvre de la décoration

L'analyse de la mise en œuvre de la décoration a été réalisée sur le panneau 3 (cf. fig. 37) presque entièrement conservé. Ce panneau est composé d'un grand nombre d'empreintes (117 pour un nombre total de 284 empreintes décomptées sur l'ensemble du vase) ce qui augmente son potentiel informatif sur la mise en œuvre.

L'alignement des empreintes, leur orientation et leur espacement indiquent que le décor a été réalisé rangée par rangée. Au sein des rangées, les empreintes ne sont pas suffisamment proches les unes des autres pour que des recoupements ou des déformations puissent être identifiées et nous indiquer la direction du geste. Entre les rangées, peu de recoupements sont identifiés ; s'ils sont ténus, ils sont cependant suffisamment clairs pour en déduire que le décor a été réalisé du bord vers l'assise (fig. 41).

La disposition des empreintes les unes par rapport aux autres est irrégulière dans l'ensemble, mais l'examen des alignements, des orientations et des espacements a révélé des variations caractéristiques (fig. 42a) qui suggèrent que les rangées n'ont pas été réalisées d'un seul tenant, mais ont été décomposées en séquences de gestes (fig. 42b).

Les séquences de gestes identifiées par rangée sont au nombre de sept pour R1, cinq pour R2, quatre pour R3 et cinq pour R4. D'après le découpage proposé, ces vingt-et-une séquences de gestes sont composées chacune de trois à onze empreintes, avec une médiane à cinq (fig. 43).

Les séquences de gestes sont assez régulières et il est possible que les séquences de plus de sept empreintes (S15, S19, S21) résultent en réalité de deux séquences, ou plus, mais qu'il n'a pas été possible de distinguer.

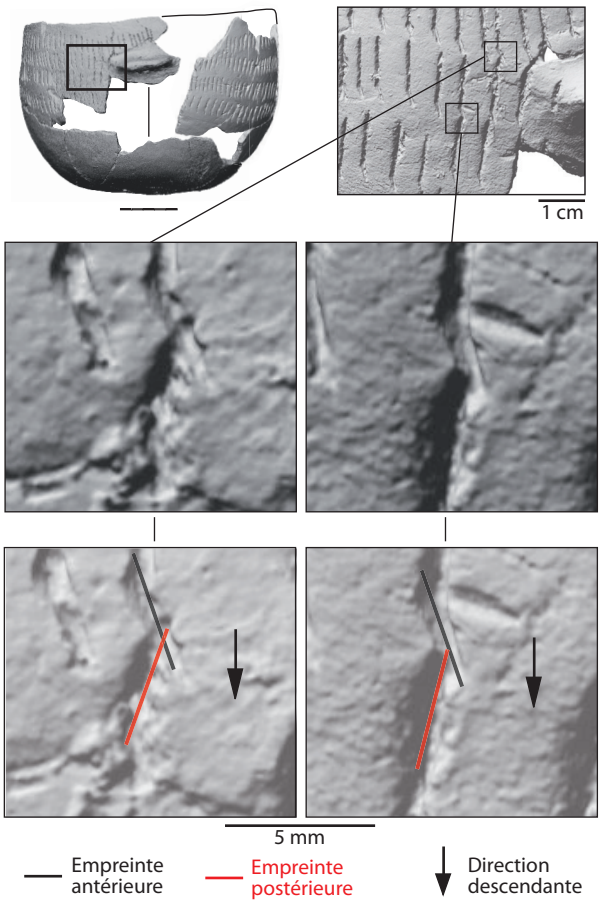


Fig. 41 – Recoupements d'empreintes. Vase, échelle en cm.
Fig. 41 – *Overlapping imprints. Pot, scale in cm.*

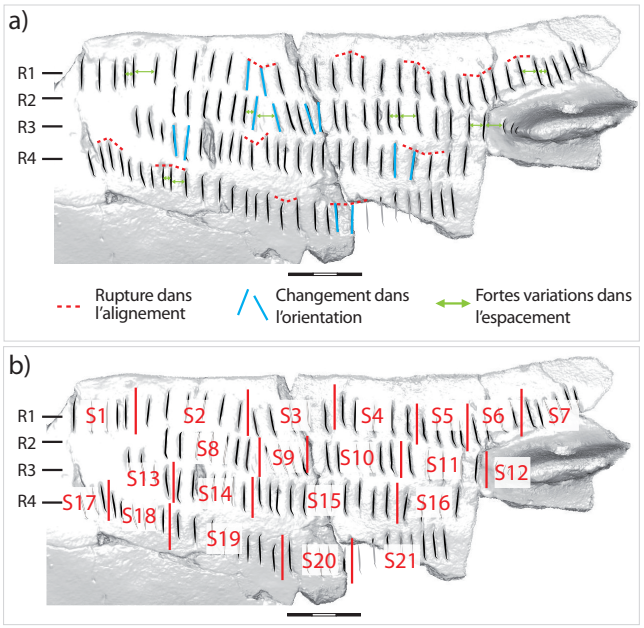


Fig. 42 – Séquences de gestes sur la vue déroulée du panneau 3. Échelle en cm.
Fig. 42 – *Sequences of gestures carried out on the unrolled view of panel 3. Scale in cm.*

Les variations de gestes étant localisées approximativement au même niveau pour chaque rangée, nous supposons que le décor a été réalisé du bord vers l'assise par plages successives : une partie de chaque rangée pourrait avoir été faite à la suite, puis l'opération répétée *n* fois jusqu'à ce que la zone à décorer soit terminée (fig. 44).

L'orientation différenciée des empreintes entre deux séquences de gestes d'une même rangée pourrait suggérer que l'angle de travail n'est pas le même. Cet aspect, qui reste à approfondir ultérieurement, pourrait informer sur les postures des potières et potiers, ainsi que sur les manipulations du vase (*e.g.* rotation) lors de la décoration.

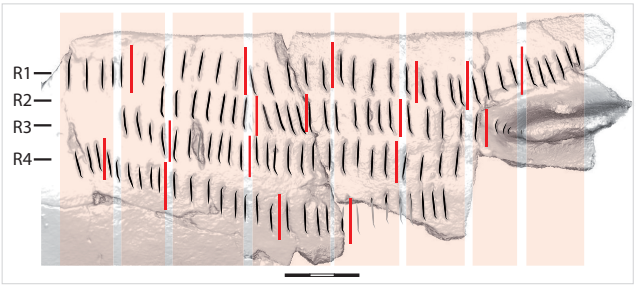


Fig. 44 – Hypothèse d'identification des plages successives de réalisation du décor. Échelle en cm.
Fig. 44 – *Hypothesis for the identification of successively decorated portions. Scale in cm.*

Approche intégrée de la chaîne opératoire céramique : décor, méthode de façonnage et finition

En dépit de leur diversité morphologique, toutes les poteries de l'*Impressa* et du Cardial de Pendimoun ont été façonnées avec la technique des patchs spiralés (Gomart *et al.*, 2017). Le montage comporte deux étapes : le façonnage de l'assise et d'une partie du corps avec l'aide d'un support interne ou externe, puis celui du reste du corps et du bord (Gomart, Binder, Blanc-Féraud *et al.*, ce volume).

Dans le cadre d'une démarche intégrée de la chaîne opératoire céramique, l'analyse du vase AP_0002 apporte des éléments de discussion quant à l'imbrication des étapes de façonnage et de décoration (fig. 45).

La localisation du décor, entre le bord et la première partie du corps, fait écho au montage bipartite du récipient. La limite basse du décor, correspondant à la quatrième rangée de chaque panneau, se calque assez précisément sur les principales fractures, lesquelles se développent au niveau des zones plus fragiles, comme la jonction entre la partie inférieure et la partie supérieure du vase (communication personnelle L. Gomart). Si, lors du façonnage et de la décoration, le vase est maintenu dans un support externe (Gomart, Binder, Blanc-Féraud *et al.*, ce volume), il est évident que celui-ci fait obstacle, restreignant ainsi le registre décoré dans la partie haute du vase.

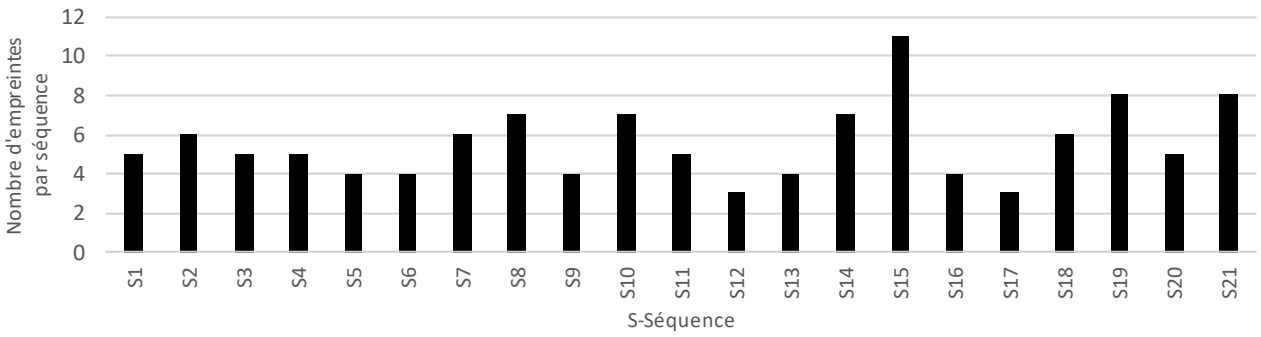


Fig. 43 – Décompte du nombre d'empreintes par séquence de gestes – panneau 3.
Fig. 43 – *Count of the number of imprints per gesture sequence – panel 3.*

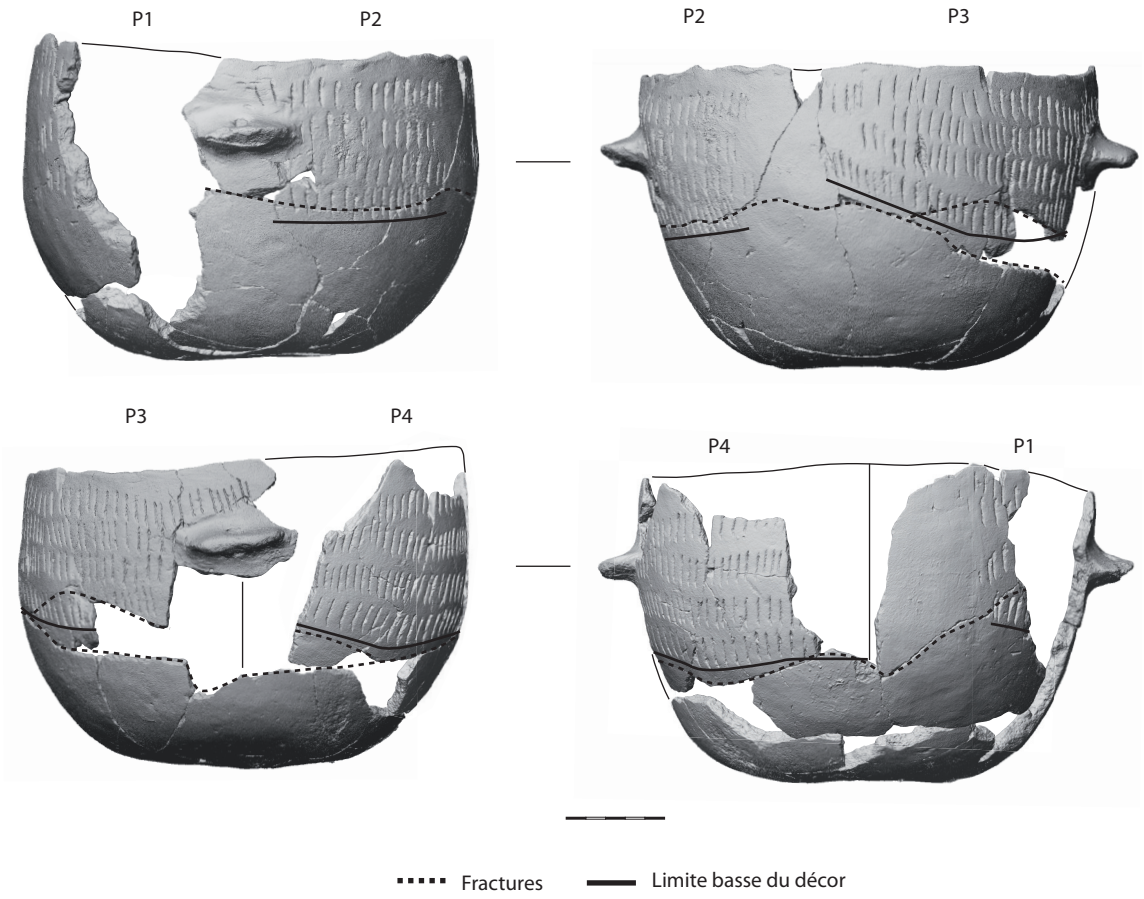


Fig. 45 – Position du décor et réseau de fractures. Échelle en cm.
Fig. 45 – *Positioning of the decoration and fracture network. Scale in cm.*

Une autre hypothèse peut être faite sur cette relation entre technique de montage et réalisation du décor. Elle relève ici de l'impact d'un possible temps de séchage de la moitié inférieure du vase précédant le montage de sa moitié supérieure. Dans cette configuration, la potière ou le potier se trouve dans l'obligation, au moment de décorer le vase, de rester sur une zone à consistance cuir autorisant l'impression, donc sur la moitié supérieure du vase, quitte à « déformer » son décor. C'est semble-t-il ce que l'on observe avec la quatrième rangée de P3. Si pour l'ensemble du décor, les rangées sont organisées horizontalement, cette quatrième rangée est fortement oblique, sans contrainte visible empêchant son développement horizontal. Cette obliquité apparaît en revanche conforme au réseau de fractures correspondant à la limite entre les deux parties du vase, limite irrégulière en raison de la juxtaposition de patchs discoïdes (Gomart, Binder, Blanc-Féraud *et al*., ce volume).

Le traitement de surface identifié est le brunissage (Binder *et al*., 1994 et 2010). Les stries sont multidirectionnelles. La texture de la surface du vase est partout la même, que ce soit au niveau des plages vides ou entre les empreintes, ce qui indique que le brunissage a été exécuté postérieurement au décor ; en outre, cela signale que ce traitement a été appliqué sur toute la surface, sans que des précautions spécifiques aient été prises pour éviter le décor. Malgré un brunissage postérieur aux impressions, qui a entraîné localement des arrachements de pâte ainsi que des reports de pâte dans les empreintes, la morphologie des empreintes est bien préservée.

Identification d'un possible repentir

La précision des modèles 3D nous a permis de repérer des empreintes très estompées que les méthodes classiques d'observation n'auraient pas permis de mettre en valeur, voire de distinguer. Il s'agit de très petites empreintes localisées dans la réserve séparant les panneaux 4 et 1, en bordure du panneau 1 et au niveau des rangées 1, 2 et 3 (fig. 46).

On y reconnaît de fines rainures, rebouchées par une remobilisation de la matière, où les caractéristiques morphologiques de *Patella caerulea* sont gommées. Il semble que dans ce cas particulier, en occultant ces quelques empreintes, la potière ou le potier ait cherché à régulariser la bordure du panneau 1, lui conférant un aspect plus rectiligne.

PERSPECTIVES

Le protocole d'acquisition et d'analyse des décors mis au point a montré son potentiel pour décrypter plus précisément la chaîne opératoire des décors céramiques

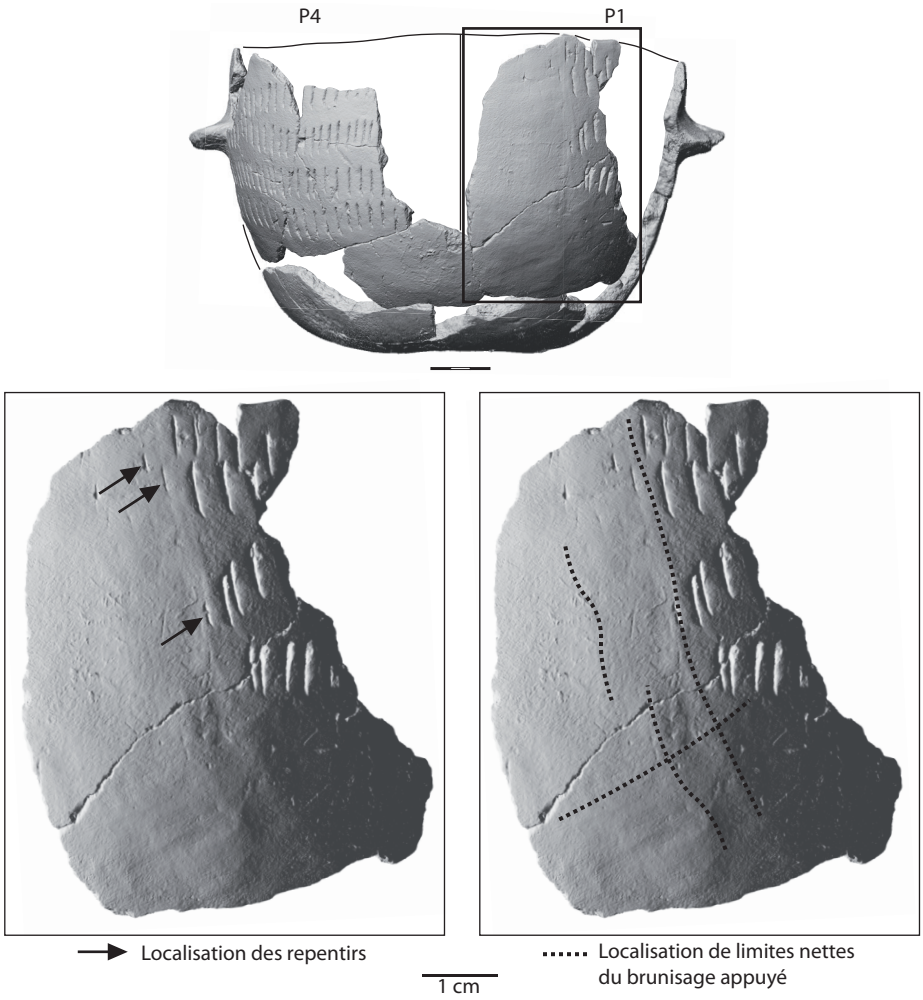


Fig. 46 – Empreintes rebouchées par une remobilisation de la matière, caractéristique d'un repentir. Échelle en cm.
***Fig. 46** – Imprints filled in by a remobilization of clay material, characteristic of a reversal. Scale in cm.*

imprimés. La précision des modèles numériques obtenus permet de mieux percevoir et comprendre la diversité des outils, des procédés et des gestes mis en œuvre par les potières ou potiers dans la réalisation des décors. Il en résulte que chaque étape de la chaîne opératoire peut être décomposée et décrite de la façon la plus détaillée. Réassemblées, les données acquises pour chaque étape permettent une restitution de la dynamique générale de la décoration et offrent une meilleure compréhension de leur logique interne. Le sous-système des décors est finalement replacé dans le système de production céramique pour aboutir à une vision intégrée. Le saut qualitatif réalisé ici constitue un palier méthodologique dont nous pouvons déjà envisager le perfectionnement. De nouvelles perspectives d'analyse s'ouvrent en effet avec les outils de l'intelligence artificielle qui peuvent augmenter le potentiel informatif des modèles numériques. Des possibilités de reconnaissance des éléments de base (outil et procédé) par des méthodes de classification automatisée (*Deep Learning*) sont actuellement explorées[3].

Notre démarche fournit des démonstrations objectives, de l'échelle de l'empreinte à celle du vase, qui combinent l'analyse tridimensionnelle appliquée au mobilier archéologique et celle d'un référentiel expérimental. Pour gagner en robustesse, les référentiels sur les outils et les procédés devront être enrichis. Il est notamment nécessaire d'ouvrir l'expérimentation à des outils encore peu ou pas considérés en contexte de la céramique imprimée, comme notamment les restes osseux. Des développements expérimentaux se dessinent également pour améliorer l'approche anthropologique de ces décors ; ainsi l'analyse des décors réalisés au doigt ouvre d'importantes perspectives concernant le genre et l'âge des potiers/potières[4].

Enfin, l'approche anthropologique et sociale des gestes liés à la décoration devra également être développée à l'instar de travaux existants pour d'autres étapes du système céramique et au sein d'autres sous-systèmes techniques. À partir de la description et de l'analyse des décors imprimés, il est en effet possible d'accéder aux modes de manipulation des vases et des outils lors de la décoration (Cassard, 2020). Cette dimension de la chaîne opératoire décorative, peu abordée à notre connaissance, ouvre sur la question des techniques du corps engagées lors de l'ornementation céramique (Mauss, 1936 ; Balfet, 1991 ; Bril et Roux, 2002 ; Bril, 2010 et 2019 ; Roux, 2016). Une perspective de recherche particulièrement stimulante se dessine sur ce thème à partir de l'articulation entre la direction des gestes accomplis, que nous

parvenons très souvent à identifier sur les décors archéologiques, le sens de rotation du vase et la posture des artisans. La question de la manipulation des outils, entendue comme la prise en main des outils et non pas le procédé appliqué pour les utiliser, semble plus délicate à aborder car les variables à prendre en considération sont multiples : nature de l'outil, préférence manuelle des opérateurs/opératrices, mode de manipulation du vase pour n'en citer que quelques-uns. Le recours à un référentiel ethnographique solide et adapté permettra sans doute de conforter ces pistes pour explorer une nouvelle approche technologique des décors céramiques.

Notes

(1) « Action d'imprimer par pression perpendiculaire ou oblique d'un outil sur la surface de l'argile encore plastique », Balfet *et al.*, 1983, p. 97

(2) Devenu depuis Leica Cyclone 3DR, édité par Leica Geosystems

(3) Projet « Arch-AI-Story. De l'objet au système, potentiel des mathématiques appliquées et de l'IA pour l'archéologie et l'histoire », 2021, Idex JEDI – UCA, dir. I. Théry-Parisot, UCA, CNRS, CEPAM ; axe 3, « TRADIA : IA pour la caractérisation des traditions techniques préhistoriques », dir. D. Binder, UCA, CNRS, CEPAM et J. Leblond, Inria, FACTAS.

(4) Projet « Potières, potiers ? Une contribution à la caractérisation des rapports sociaux par l'étude de la décoration céramique aux premiers temps du Néolithique en Méditerranée centre-occidentale », 2021, financé par le programme UCA-JEDI ANR-15-IDEX-01, dir. D. Binder, UCA, CNRS, CEPAM.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABADI M., KHOUDEIR M., MARCHAND S. (2012) – Gabor Filter-Based Texture Features to Archaeological Ceramic Materials Characterization, *in* A. Elmoataz, D. Mammass, O. Lézoray, F. Nouboud and D. Aboutajdine (dir.), *Image and Signal Processing*, proceedings of the 5th International Conference ICISP'12 (Agadir, 28-30 June 2012), Springer, Berlin, p. 333-342.

ARTEC 3D (2018) – User Guide. Artec Studio 10, 148 p.

BALFET H. (1991) – *Observer l'action technique. Des chaînes opératoires, pour quoi faire ?*, Paris, CNRS, 172 p.

BALFET H., FAUVET-BERTHELOT M.F., MONZON S. (1983) – *Pour la normalisation de la description des poteries*, Paris, CNRS, 134 p.

BINDER D. (1991) – *Une économie de chasse au Néolithique ancien : la grotte Lombard à Saint-Vallier-de-Thiey (Alpes-Maritimes)*, Paris, CNRS (Monographies du CRA, 5), 248 p.

BINDER D. (1995) – Éléments pour la chronologie du Néolithique ancien à céramique imprimée dans le Midi, *in* J.L. Voruz (dir.), *Chronologies néolithiques. De 6000 à 2000 avant notre ère dans le Bassin rhodanien*, Ambérieu-en-Bugey, Société préhistorique rhodanienne (Documents du Département d'Anthropologie et d'Écologie de l'Université de Genève), p. 55-65.

BINDER D., BROCHIER J. É., DUDAY H., MARINVAL P., THIÉBAULT S., WATTEZ J. (1993) – L'abri Pendimoun à Castellar (Alpes-Maritimes). Nouvelles données sur le complexe culturel de la céramique imprimée méditerranéenne dans son contexte stratigraphique, *Gallia Préhistoire*, 35, p. 177-251.

BINDER D., GASSIN B., SÉNÉPART I. (1994) – Éléments pour la caractérisation des productions céramiques néolithiques dans le Sud de la France, *in* D. Binder et J. Courtin (dir.) *Terre cuite et société : la céramique, document technique, économique, culturel*, actes des XIVe Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire (Antibes, 21-23 octobre 1993), Antibes, APDCA, p. 255-267.

BINDER D., CONVERTINI F., MANEN C., SÉNÉPART I. (2010) – Les productions céramiques du Néolithique ancien : proposition d'un protocole d'analyse, *in* C. Manen, F. Convertini, D. Binder et I. Sénépart (dir.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale : structures des productions céramiques*, actes du colloque international (Toulouse, 11-12 mai 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), p. 29-42.

BINDER D., LANOS P., ANGELI L., GOMART L., GUILAINE J., MANEN C., MAGGI R., MUNTONI I.M., PANELLI C., RADI G., TOZZI C., AROBBA D., BATTENTIER J., BRANDAGLIA M., BOUBY L., BRIOIS F., CARRÉ A., DELHON C., GOURICHON L., MARINVAL P., NISBET R., ROSSI S., ROWLEY-CONWY P., THIÉBAULT S. (2017) – Modelling the Earliest North-Western Dispersal of Mediterranean Impressed Wares: New Dates and Bayesian Chronological Model, *Documenta Praehistorica*, 44, p. 54-77.

BINDER D., BATTENTIER J., BOUBY L., BROCHIER J. É., CARRÉ A., CUCCHI T., DELHON C., DE STEFANIS C., DRIEU L., ÉVIN A., GIRDLAND FLINK L., LE BRAS-GOUDE G., GOURICHON L., GUILLON S., HAMON C., THIÉBAULT S. (2020) – First Farming in the North-Western Mediterranean: Evidence from Castellar - Pendimoun during the 6th Millennium BCE, *in* K. Gron, P. Rowley-Conwy et L. Sørensen (dir.), *Farmers at the Frontier: a Pan-European Perspective on Neolithisation*, Oxford, Oxbow, p. 145-159.

BINDER D., GUILAINE J. (1999) – Rapports du groupe de travail sur la néolithisation : la Méditerranée centrale et occidentale, *in* J. Évin, C. Oberlin et J.F. Salles (dir.) *C14 et Archéologie*, actes du symposium international (Lyon, 6-10 avril 1998), Paris, Société préhistorique française, p. 454-459.

BINDER D., NONZA-MICAELLI A. (2019) – Aspects de l'horizon impresso-cardial de l'abri Albertini - E Spilonche (Albertacce, Corse), *in* J. Sicurani (dir.), *L'habitat pré- et protohistorique,* Calvi, Association de Recherches pré- et protohistoriques corses, p. 29-44.

BRANDAGLIA M. (1991) – Il Neolitico a ceramica impressa dell'Isola del Giglio. La ceramica, *Studi per l'Ecologia del Quaternario*, 13, p. 43-104.

BREU A. (2013) – *How to Measure the Invisible. A Quantitative Approach Towards the Analysis of Prints by Toothed Shells*, mémoire de master, Universitat Autonoma Barcelona, Barcelona, 8 p.

BRIL B. (2010) – Description du geste technique : quelles méthodes ?, *Techniques et Culture*, 54-55, p. 245-259.

BRIL B. (2019) – Comment aborder la question du geste technique pour en comprendre l'expertise et l'apprentissage ?, *Techniques et Culture*, 71, p. 78-91.

BRIL B., ROUX V. (2002) – *Le geste technique. Réflexions méthodologiques et anthropologiques*, Ramonville Saint-Agne, Éditions Erès (Technologies/Idéologies/Pratiques, 14, 2), 309 p.

CADE C. (1998) – Les coquillages marins dans les gisements préhistoriques du Midi méditerranéen français, *in* G. Camps (dir.), *120e Congrès National des Sociétés Historiques et Scientifiques*, *Aix-en-Provence*, Paris, CTHS, p. 339-350.

CADE C. (1999) – La malacofaune marine, *in* S. Tinè (dir.), *Il Neolitico nella Caverna delle Arene Candide: scavi 1972-1977*, Bordighera, Istituti Internazionale di Studi Liguri (Collezione di Monografie Preistoriche ed Archeologiche, 10), p. 51-65.

CADE C. (2004) – Malacofaunes méditerranéennes des côtes françaises et ligures, *in* J.P. Brugal et J. Desse (dir.), *Petits animaux et sociétés humaines. Du complément alimentaire aux ressources utilitaires*, actes des XXIVe Rencontres internationales d'Archéologie et d'Histoire (Antibes, 23-25 octobre 2003), Antibes, APDCA, p. 29-35.

CAMPS-FABRER H. (1966) – *Matière et Art Mobilier dans la Préhistoire Nord-Africaine et Saharienne, Arts et Métiers Graphiques*, Alger, Centre de Recherches Anthropologiques Préhistoriques et Ethnographiques (Mémoires, 5), 574 p.

CANEVA I. (1987) – Pottery Decoration in Prehistoric Sahara and Upper Nile: a New Perspective, *in* B. E. Barich (dir.), *Archaeology and Environment in the Libyan Sahara: the excavations in the Tadrart Acacus*, *1978-1983*, Oxford, Anthony Hands and David Walker (BAR, International Series, 368), p. 231-254.

CASSARD L. (2020) – *Systèmes de production céramiques des premiers paysans du domaine liguro-provençal (VIème millénaire BCE) : traditions techniques des décors*, thèse de doctorat, université Côte d'Azur, Nice, 370 p.

DORLAND S. G. H. (2018) – The Touch of a Child: An Analysis of Fingernail Impressions on Late Woodland Pottery to Identify Childhood Material Interactions, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 21, p. 298-304.

DRIEU L., LUCQUIN A., CASSARD L., SORIN S., CRAIG O. E., BINDER D., REGERT M. (2021) – A Neolithic without Dairy? Chemical Evidence from the Content of Ceramics from the Pendimoun Rock-Shelter (Castellar, France, 5750-5150 BCE), *Journal of Archaeological Science: Reports*, 35, 21 p.

FOWLER K. D., WALKER E., GREENFIELD H. J., ROSS J., MAEIR A. M. (2019) – The Identity of Potters in Early States: Determining the Age and Sex of Fingerprints on Early Bronze Age Pottery from Tell es-Sâfi/Gath, Israel, *Journal of Archaeological Method and Theory*, 26, p. 1410-1512.

GAILLARD J. M. (1987a) – Gastéropodes, *in Guide Fao d'Identification des Espèces pour les besoins de la Pêche. Méditerranée et Mer Noire - Zone de Pêche 37 - Révision 1*, Rome, FAO - CEE, p. 513-525.

GAILLARD J. M. (1987b) – Patellidae, *in* Gastéropodes. *Guide Fao d'Identification des Espèces pour les besoins de la Pêche. Méditerranée et Mer Noire - Zone de Pêche 37 - Révision 1*, Rome, FAO - CEE, p. 513-525.

GOMART L., WEINER A., GABRIELE M., DURRENMATH G., SORIN S., ANGELI L., COLOMBO M., FABBRI C., MAGGI R., PANELLI C., PISANI D., RADI G., TOZZI C., BINDER D. (2017) – Spiralled Patchwork Technology: a Newly Identified Pottery-Manufacturing Sequence Sheds Light on the Process of Farming Introduction into Southern Europe, *Antiquity*, 91, 360, p. 1501-1514.

GRANIER X., CHAYANI M., ABERGEL V., BENISTANT P., BERGEROT L., BOHBOT H., CASSEN S., DE LUCA L., DUTAILLY B., EPAUD F., ESPINASSE L., EUSEBE S., FLAMMIN A., FLEURY P., GRIMAUD V., JEANSON L., JOFFRES A., KEROUANTON J. L., LAROCHE F., LE MORT F., LEFEVRE N., LESCOP L., MADELEINE S., MANSERI H., MARLET O., VERGNIEUX R., MATHIEU V., MORA P., MORINEAU C., PAITIER H., PAMART A., POUYET T., QUANTIN M., RODIER X., SANZ LALIBERTE S., SCHMITT A., SORIN S., TOUNON-VALIENTE S., BERNARD J.-F. (2019) – *Les recommandations du Consortium 3D SHS*, Rapport technique, Paris, CNRS - SHS, 204 p.

GUILAINE J. (2001) – La diffusion de l'agriculture en Europe : Une hypothèse arythmique, *Zephyrus*, 53-54, p. 267-272.

HAOUR A., MANNING K., ARAZI N., GUÈYE S., KEITA D., LIVINGSTONE SMITH A., MACDONALD K., MAYOR A., MCINTOSH S., VERNET R. (2010) – *African Pottery Roulettes Past and Present: Techniques, Identification and Distribution*, Oxford, Oxbow Books, 180 p.

HEIN I., ROJAS-DOMINGUEZ A., ORNELAS M., D'ERCOLE G., PELOSCHEK L. (2018) – Automated Classification of Archaeological Ceramic Materials by Means of Texture Measures, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 21, p. 921-928.

IQBAL M., HISHAM Q. (2005) – Virtual Assembly of Pottery Fragments Using Moiré Surface Profile Measurements, *Journal of Archaeological Science*, 32, p. 1527-1533.

KAMP K. A., TIMMERMAN N., LIND G., GRAYBILL J., NATOWSKY I. (1999) – Discovering Childhood: Using Fingerprints to Find Children in the Archaeological Record, *American Antiquity*, 64, 2, p. 309-315.

KAMPEL M., SABLATNIG R. (2004) – On 3D Mosaicing of Rotationally Symmetric Ceramic Fragments, *in* J. Kittler, M. Petrou et M. Nixon (dir.), *Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition ICPR 2004*, actes du colloque international (Cambridge, 23-26 août 2004), IEEE, Los Alamitos, p. 265-268.

KANTNER J., MCKINNEY D., PIERSON M., WESTER S. (2019) – Reconstructing Sexual Divisions of Labor from Fingerprints on Ancestral Puebloan Pottery, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116, 25, p. 12220-12225.

KARASIK A., SMILANSKY U. (2008) – 3D Scanning Technology as a Standard Archaeological Tool for Pottery Analysis: Practice and Theory, *Journal of Archaeological Science*, 35, p. 1148-1168.

KRÁLÍK M., NOVOTNY V. (2003) – Epidermal Ridge Breadth: an Indicator of Age and Sex in Paleodermatoglyphics, *Variability and Evolution*, 11, p. 5-30.

MANEN C. (2002) – Structure et identité des styles céramiques du Néolithique moyen entre Rhône et Èbre, *Gallia Préhistoire*, 44, p. 121-166

MANEN C., CONVERTINI F., BINDER D., SÉNÉPART I. (2010) – *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale : structures des productions céramiques*, actes du colloque international (Toulouse, 11-12 mai 2007), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 51), 265 p.

MANEN C., PERRIN T., GUILAINE J., BOUBY L., BRÉHARD S., BRIOIS F., DURAND MARINVAL P., et VIGNE J.-D. (2019) – The Neolithic Transition in the Western Mediterranean: A Complex and Non-Linear Diffusion Process – The Radiocarbon Record Revisited, *Radiocarbon,* 61, 2, p. 531-571.

MANEN C., SALANOVA L. (2010) – Les impressions de coquilles marines à front denté dans les décors céramiques néolithiques, in C. Manen, F. Convertini, D. Binder and I. Sénépart (eds.), *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale. Structures des productions céramiques*, Paris, Société préhistorique française (Mémoires, 51), p. 57-64.

MARTINEZ SANCHEZ R. M., VERA RODRIGUEZ J. C., MORENO GARCIA M., PEREZ JORDA G., PEÑA-CHOCARRO L., BOKBOT Y. (2017) – Beyond Adornment: Cowry Use as Potter's Tool in the First Impressed Wares of the Southwestern Mediterranean Coast (Northern Morocco), *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, 13, 3, p. 420-437.

MAUSS M. (1936) – Les techniques du corps, *Journal de Psychologie*, 32, 3-4, p. 1-23.

NATALI E. (2015) – The Earliest Pottery in Italy: a Technological Approach to Impressed Decoration during the Archaic Phase, *The Old Potter's Almanack*, 19, 2, p. 2-13.

PANELLI C. (2019) – *La grotte des Arene Candide. Productions céramiques et dynamiques du peuplement en Ligurie occidentale au cours du VI millénaire AEC,* thèse de doctorat, université Côte d'Azur, Nice, 590 p.

POPPE G. T., GOTO Y. (1993a) – *European Seashells (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastra, Gastropoda)*, *vol. I*, Wiesbaden, Christa Hemmen, 221 p.

POPPE G. T., GOTO Y. (1993b) – *European Seashells (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*, *vol. II*, Wiesbaden, Christa Hemmen, 221 p.

POUTIERS J. M. (1987) – Bivalves, *in Guide Fao d'Identification des Espèces pour les besoins de la Pêche. Méditerranée et Mer Noire - Zone de Pêche 37 - Révision 1*, Rome, FAO - CEE, p. 369-500.

PRIEUR A. (2007) – Chapitre XVI - La malacofaune, *in* J. Guilaine, C. Manen, et J.D. Vigne (dir.), *Pont de Roque-Haute. Nouveaux regards sur la néolithisation de la France méditerranéenne*, Toulouse, Archives d'Écologie Préhistorique, p. 176-180.

RASHEED N. A., JAN NORDIN M. (2015) – Archaeological Fragments Classification Based on RGB Color and Texture Features, *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 76, 3, p. 358-365.

ROUX V. (2016) – *Des céramiques et des hommes. Décoder les assemblages céramiques*, Paris, Presses universitaires de Paris Ouest, 480 p.

SANDERS A. (2015) – Fingerprints, Sex, State, and the Organization of the Tell Leilan Ceramic Industry, *Journal of Archaeological Science*, 57, p. 223-238.

SHEPARD A. O. (1956) – Analysis and Description, *in* A. O. Shepard (dir.), *Ceramics for the Archaeologist*, Carnegie Institution of Washington, Washington (Publication, 609), p. 255-294.

STANCO F., GUELI A. M. (2013) – Computer Graphics Solutions for Pottery Colors Specification, *in* N. Sampat et S. Battiato (dir.), *IS&T/SPIE Electronic Imaging*, Burlingame, International Society for Optics and Photonics (Digital Photography, 9), p. 1-11.

VERGNIEUX R., BERNARD J.-F., CHAYANI M., ABERGEL V., BENISTANT P. BERGEROT L., BOHBOT H., CASSEN S., DE LUCA L., DUTAILLY B., EPAUD F., ESPINASSE L., EUSÈBE S., FLAMMIN A., FLEURY P., GRIMAUD V., JEANSON L., JOFFRES A., KEROUANTON J. L., LAROCHE F., LE MORT F., LEFÈVRE N., LESCOP L., MADELEINE S., MANSÉRI H., MARLET O., MATHIEU V., MORA P., MORINEAU C., PAITIER H., PAMART A., POUYET T., QUANTIN M., RODIER X., SANZ LALIBERTÉ S., SCHMITT A., SORIN S., TOURNON-VALIENTE S. (2017) – *Livre Blanc du Consortium 3D SHS*, rapport technique, Paris, CNRS, SHS, 234 p.

ZHENG S. Y., HUANG R. Y., LI J., WANG Z. (2014) – Reassembling 3D Thin Fragments of Unknown Geometry in Cultural Heritage, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II, 5, p. 393-399.

ZILHÃO J. (2001) – Radiocarbon Evidence for Maritime Pioneer Colonization at the Origins of Farming in West Mediterranean Europe, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98, 24, p. 14180-14185.

Ressources en ligne

ARTEC 3D (consulté en 2021) – Artec Space Spider – Site internet. https://www.artec3d.com/fr/portable-3d-scanners/artec-spider

DORIS (consulté en 2018) – Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et la flore Subaquatiques, Fiches espèces – Site internet. https://doris.ffessm.fr

WoRMS (consulté en 2019) – World Register of Marine Species, Taxon Details – Site internet. https://www.marinespecies.org/

Laura Cassard
Université Côte d'Azur
CNRS, CEPAM, UMR 7264
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
laura.cassard@cepam.cnrs.fr

Gilles Durrenmath
Université Côte d'Azur
CNRS, CEPAM, UMR 7264
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
gilles.durrenmath@cepam.cnrs.fr

Sabine Sorin
Université Côte d'Azur
CNRS, CEPAM, UMR 7264
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
sabine.sorin@cepam.cnrs.fr

Didier Binder
Université Côte d'Azur
CNRS, CEPAM, UMR 7264
24, avenue des Diables Bleus
F-06300 NICE
didier.binder@cepam.cnrs.fr