

Intitulé du projet de recherche doctoral : Développement d'une méthodologie de caractérisation quantitative de surfaces hétérogènes – Applications aux surfaces usées.

Thématique du projet de recherche doctoral : société en mutation (vérités)

Contexte, questions scientifiques et impact du projet

En mécanique, les stratégies d'analyse de l'état de surface des pièces/composants sont souvent déployées dans un cadre particulier : les surfaces sont supposées modélisables par des processus probabilistes (stochastiques). Un exemple est donné à gauche du spectre des caractéristiques des surfaces proposé par Jiang et al.¹, avec une surface grenailée (projection de billes en surface). A l'autre extrémité de ce spectre se situent les surfaces à dominante déterministe, présentant une structuration particulière et nécessitant une autre approche dans la description des surfaces, basée sur une caractérisation des « motifs ». Les surfaces ayant subi une usure présentent souvent une hétérogénéité de surface, ce qui rend la caractérisation difficile (choix de stratégie ?). Pourtant cette *description quantitative de l'état de surface est essentielle pour comprendre les phénomènes associés et permettre une optimisation de la pièce.*

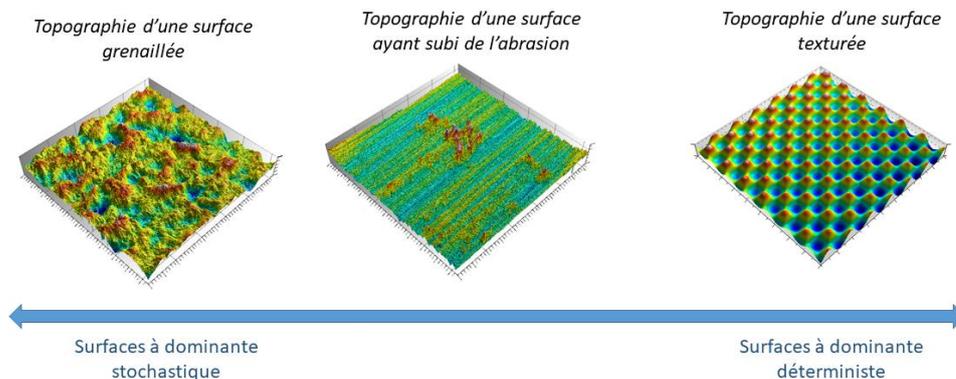


Figure 1 : Présentation du concept de « surface feature spectrum » proposé par Jiang et al. ¹

Ce problème lié à l'hétérogénéité des surfaces se pose quotidiennement en archéologie pour les tracéologues qui analysent les outils en pierre de la Préhistoire. A la vue de ces objets, tous, du grand public aux préhistoriens, se demandent : « A quoi servaient ces outils ? ». Le tracéologue cherche à y apporter une réponse à l'aide des seuls témoins de ces activités passées : les traces d'usures. Ces dernières représentent une clé de lecture de la vie quotidienne des utilisateurs et des interactions de ces derniers avec leur environnement. Toutefois, ces outils en pierre sont souvent particulièrement complexes à cause des types de matériau utilisés et de la superposition de différents effets hérités de leur conservation (e.g. érosion provoquée par un sol sablonneux, de l'eau, vieillissement induit par la sécheresse et/ou le gel, etc.). Ces objets sont encore plutôt *décrits de manière qualitative pour émettre des hypothèses sur leurs usages.* Cette description reste toutefois très *dépendante de l'observateur et de ses biais associés.* Rendre ces descriptions plus quantitatives, et ainsi reproductibles et évaluables, est essentielle pour que les interprétations qui en découlent gagnent en robustesse. L'introduction de méthodes quantitatives en tracéologie constitue une avancée importante pouvant renforcer les interprétations des archéologues dans un domaine, la préhistoire, où ces interprétations peuvent avoir un impact sociétal fort en étant reprises par des croyances et idéologies de tous bords qui ont trait par

¹ Jiang, X.; Senin, N.; Scott, P.J.; Blateyron, F. Feature-based characterisation of surface topography and its application. *CIRP Ann.* **2021**, *70*, 681–702.

exemple aux origines de l'humanité, aux différences entre populations, à la place de l'humain dans le monde animal, etc.

Projet de recherche doctoral

Ce projet de thèse allie donc l'archéologie et la mécanique pour développer une méthodologie de caractérisation quantitative des surfaces hétérogènes. Il s'agira d'établir des stratégies de caractérisation quantitative des morphologies de surface en fonction de leur nature, d'identifier les limites des techniques actuelles (segmentation, seuillage...), de proposer de nouveaux outils et de les mettre à disposition de la communauté.

Projet de médiation scientifique

Plusieurs idées ont été évoquées à ce stade. Tout d'abord, nous avons choisi de proposer ce projet dans l'axe 2 'vérités' du défi 'sociétés en mutation' car, face au recul actuel de la confiance accordée à la science, il est important d'être *irréprochable dans nos méthodes*. L'originalité que représente l'alliance de ces deux disciplines (mécanique et archéologie) est un support idéal pour *échanger avec le grand public sur la notion de vérité scientifique et d'expertise*.

Aborder les phénomènes d'usure et la description des surfaces par le biais de l'archéologie peut aussi permettre de communiquer sur les enjeux actuels en mécanique (réduction de l'usure des pièces, des frottements pour le gain en énergie) en partant d'objets plus facilement appréhendables par le grand public. Une idée possible peut être de discuter avec le centre Antoine Vivenel pour la mise en place d'une exposition ou encore d'établir des liens avec le Centre de Recherche Archéologie de la Vallée de l'Oise (cravo) proposant des rendez-vous scientifiques et activités de médiation sur l'archéologie. Des conférences et expositions pourraient aussi être organisées au Musée de l'Homme, à Paris. Plus classiquement, la fête de la science représente aussi une occasion de montrer au grand public comment ces disciplines travaillent en synergie et s'enrichissent mutuellement en cherchant à répondre à des questions semblant a priori très éloignées.

Programme de travail

Le travail de recherche comportera les étapes suivantes (avec un travail de valorisation par article pour chaque grande échéance) :

- Mise à jour de l'état de l'art sur les stratégies de mesure et de caractérisation des surfaces hétérogènes. Livrable associé : rapport d'état de l'art et article associé.
- Proposition scientifique de cadre méthodologique pour la mesure et la quantification des altérations de surface d'outils préhistoriques. Application à l'identification des signatures morphologiques (mouvement, matière travaillée). Livrable associé : 1 article de synthèse sur les options possibles pour la caractérisation des traces en fonction des traces recherchées et des matières premières en jeu
- Construction de modèles prédictifs sur la base des signatures morphologiques identifiées. Livrable associé : 1 article présentant ces modèles de classification
- Proposition de recommandations quant aux biais possibles liés aux processus taphonomiques et aux protocoles de nettoyage. Livrable associé : 1 article présentant une démonstration expérimentale et un argumentaire sur l'impact de ces processus.

Dépenses de fonctionnement

Une collection de référence d'outils en pierre utilisés pour diverses activités a été créée par A. Borel dans le cadre d'un projet en tracéologie sur le bassin des Carpates et sera mise à disposition. Une ou plusieurs missions à Budapest pourront être envisagées (financement par fonctionnement ou par réponse à des appels à projet). Des déplacements entre l'UTC et le MNHN sont également à prévoir.