



Les sceaux byzantins sont des objets importants pour la connaissance de l'administration et de l'aristocratie byzantine. On estime le nombre de sceaux byzantins découverts en fouilles à environ 80 000. Ce nombre augmente régulièrement, d'environ 1000 à 1500 nouvelles pièces par an. Les sceaux comportent du texte qui permet de reconstruire non seulement la carrière des sigillants mais aussi l'ensemble des fonctions administratives et des postes dans les provinces. C'est de loin la source la plus importante pour établir la prosopographie de l'aristocratie byzantine, puisque tous les dignitaires et les principaux fonctionnaires de l'empire byzantin (qui dure du 4^e au 15^e siècle) disposaient d'un sceau pour sceller leur correspondance. Les militaires et les membres du haut clergé avaient aussi leur sceau. Les femmes avaient rarement des sceaux mais les impératrices et les membres de la très haute aristocratie avaient parfois une bulle personnelle. Les sceaux portent parfois des monogrammes qui constituent un nom sous la forme de lettres entremêlées. Toutefois les sceaux ne nous parviennent pas tous dans un état exemplaire. Le plomb se corrode quand il est exposé à l'oxygène. Certains sceaux conservés depuis longtemps dans les musées ont souffert de la corrosion. D'autres sceaux sont écrasés ou brisés et le texte est alors difficile à déchiffrer. D'autres sceaux ont été frappés sur un flan trop petit, et la partie finale du texte est alors parfois peu lisible. La corrosion attaque souvent les bords du sceau et la fin de la légende qui contient des informations importantes est alors perdue. Ce projet en humanités numériques est de proposer un programme de *machine learning* sur la base de photos de sceaux, afin d'apprendre la lecture des lettres puis les principales formules présentes sur les sceaux. Le but ultime est faciliter la lecture des sceaux dont les lettres sont endommagées ou la légende incomplète et ainsi de récupérer des sceaux laissés de côté pour une publication car de lecture trop incertaine. Si nous parvenons à améliorer les lectures, voire à lire des sceaux laissés de côté pour le moment, les informations qu'ils contiennent deviendront accessibles à la communauté scientifique.

Les objets conservés sont très majoritairement en plomb, mesurant entre 20 et 30 mm. Les sceaux en plomb sont des objets circulaires systématiquement bi-faces à partir du 6^e siècle qui portent le plus souvent de l'iconographie et toujours du texte. Le texte est le plus souvent écrit en grec mais il y a aussi des sceaux avec un alphabet latin.

Chaque fonctionnaire faisait faire un nouveau sceau à chaque changement de poste ou à chaque promotion dans les dignités. Les sceaux nous servent à établir la hiérarchie des titres honorifiques byzantins, et aussi l'évolution des carrières. Les historiens qui utilisent les sceaux comme source peuvent faire l'histoire des carrières individuelles, mais aussi celles des familles de l'aristocratie, dont certaines se spécialisaient au service de l'armée ou dans le domaine de la justice, tandis que d'autres diversifiaient les options de carrière de leur descendance.

Il existe déjà un grand nombre d'images de sceaux qui pourront être à la disposition du ou de la candidate qui devra

- (1) isoler des images de caractères (avec comme étiquette de l'image le caractère)
- (2) produire des versions tronquées => de nouvelles images (produire de façon aléatoire des fragments, en conservant l'étiquette)

(3) entraîner un réseau neuronal convolutif de reconnaissance d'image (par exemple en utilisant PyTorch ou TensorFlow) pour reconnaître le caractère à partir de l'image
> Evaluation : la méthode sera évaluée sur sa capacité d'assister les historiens à identifier le texte des sceaux et déchiffrer les monogrammes.

Pour réaliser ce programme, nous disposons des photos de plusieurs collections de sceaux, dont celles situées en France, en particulier à la bibliothèque nationale de France. Il y a plus de 7500 sceaux à la BnF dont 6328 pour la collection Zacos, environ 1500 à l'IFEB (Institut français des études byzantines) et quelques collections privées (Thierry 200, Cheynet plus de 200). Il est aussi possible d'utiliser les sceaux conservés à Dumbarton Oaks qui fournit les photos. Selon les collections, il y a entre 10 et 40% de sceaux assez bien conservés mais peu lisibles qui pourraient être lus grâce à ce programme.

C'est sur la base des photos des sceaux de ces collections qu'il sera possible de faire un programme de reconnaissance de caractères permettant la lecture des lettres grecques et latines qui sont utilisées sur les sceaux. La forme des lettres a évolué à travers les siècles et il faut en tenir compte dans l'apprentissage de la lecture. Il y a aussi une variabilité des formes selon le graveur. Il existe enfin des lettres collées et des abréviations.

Objectif : entraîner un réseau neuronal à reconnaître un caractère d'un sceau byzantin à partir d'une image partielle (seule une partie du caractère est visible)

