



Recherche de candidat Contrat doctoral à l'UPF

Automatisation du phénotypage des caractères de la qualité de la perle et de la coquille de l'huître de Tahiti

Directeur de thèse :

Nom : CHABRIER

Prénom : Sébastien

Corps et grade : MC 27 HDR

N° de téléphone direct : 803 805

Adresse électronique : sebastien.chabrier@upf.pf

Co-Directeur de thèse :

Nom : Gabillon

Prénom : Alban

Corps et grade : PR 27

N° de téléphone direct : 40 803 880

Adresse électronique : alban.gabillon@upf.pf

Résumé du projet de recherche

L'objectif est de proposer une méthodologie permettant de sélectionner et mesurer de façon précise, simple et répétable le phénotype de perles de Tahiti sur quelques milliers d'individus par lignée et par an, si possible de façon non létale sur les candidats (ou létale sur des huîtres parentes ayant pu servir de matériel génétique dans le processus de greffe). Les phénotypes de perles à mesurer, sont la couleur, le lustre, l'orient (iridescence), la vitesse de dépôt d'aragonite, les défauts de surface et de forme, et l'épaisseur de la nacre.

La méthode de phénotypage développée sera testée sur un échantillon de 200 à 500 perles représentatives des différentes classes de perle existantes. Une fois validée, notre méthodologie sera utilisée pour réaliser une sélection génétique des huîtres en vue d'améliorer la qualité des perles produites.

Ce projet sera réalisé en partenariat avec la Direction des Ressources Marines de Polynésie française ainsi que des perliculteurs locaux.



Mots clés : phénotypage, apprentissage machine, traitement d'images, SVM, perle de Tahiti

Contexte général du projet

La perle de Tahiti est une perle de culture de couleur naturelle provenant de la greffe et de l'élevage en milieu naturel de l'huître perlière *Pinctada margaritifera*. La perle consiste en un dépôt de couches de nacre (plaquettes d'aragonite) autour d'un nucleus, noyau artificiel inséré dans l'huître par un greffeur. La perle de Tahiti jouit sur le marché international d'une excellente réputation de qualité et constitue de fait un étalon auquel sont comparées toutes les productions perlicoles à travers le monde.

La qualité et la beauté d'une perle dépend d'un grand nombre de critères : l'épaisseur de sa nacre, sa forme, l'état de sa surface, sa couleur et son lustre. Il existe une codification au niveau international et une codification locale à Tahiti (définie en 2001) qui évalue la qualité des perles en fonction de ces critères. Aujourd'hui, l'évaluation de ces critères est généralement effectuée par des experts.

Le processus n'est absolument pas automatique. Cependant, deux précédentes thèses en informatique ont permis de lever deux verrous importants :

- sur la mesure automatique de l'épaisseur de la nacre des perles de Tahiti, pour laquelle nous avons déposé un brevet sur les résultats obtenus [7]
- Sur l'apprentissage du classement de la qualité du lustre des perles de Tahiti. [12]

De plus, dans le cadre de la thèse [1], des travaux ont été initiés sur l'apprentissage de la détermination du jeu de couleurs d'une perle de Tahiti, mais n'ont pas été menés à terme par manque de temps.

L'objectif principal de cette thèse est de s'appuyer sur les résultats déjà obtenus en les complétant en ce qui concerne les critères de qualité n'ayant pas encore été entièrement étudiés comme la couleur, les défauts et la forme, pour aller vers un phénotypage automatique complet d'une perle de Tahiti. Il s'agira ensuite de mesurer de façon automatique, précise, simple et répétable le phénotype des perles de Tahiti sur quelques milliers d'individus par lignée et par an, si possible de façon non létale sur les candidats ou létale sur des huîtres parentes ayant pu servir de matériel génétique dans le processus de greffe.

Les résultats obtenus permettront de dresser une carte d'identité d'une perle et de sa qualité sur tous les points évaluables.

Un second objectif prévoit ensuite d'utiliser ce phénotypage afin d'effectuer une sélection génétique pour améliorer la qualité des perles produites.



Présentation détaillée du programme de recherche envisagé

Objectifs

L'objectif est de proposer une méthodologie permettant de sélectionner et mesurer de façon précise, simple et répétable le phénotype de perles de Tahiti sur quelques milliers d'individus par lignée et par an, si possible de façon non létale sur les candidats (ou létale sur des huîtres parentes ayant pu servir de matériel génétique dans le processus de greffe). Les phénotypes de perles à mesurer, sont la couleur, le lustre, l'orient (iridescence), la vitesse de dépôt d'aragonite, les défauts de surface et de forme, et l'épaisseur de la nacre.

La méthode de phénotypage développée sera testée sur un échantillon de 200 à 500 perles représentatives des différentes classes de perle existantes. Une fois validée, notre méthodologie sera utilisée pour réaliser une sélection génétique des huîtres en vue d'améliorer la qualité des perles produites.

Enjeux

Traditionnellement, le phénotype est plus facile à mesurer que le génotype. La génétique classique utilise l'observation des phénotypes pour déduire les fonctions des gènes. Des expériences de croisement permettent d'étudier les interactions.

La présence de variations phénotypiques dues aux variations génétiques est un élément fondamental de l'évolution par sélection naturelle. La valeur sélective (fitness) d'un individu résulte de ses traits d'histoire de vie, influencés par la contribution de milliers de caractères. Sans variation phénotypique héritable, tous les individus auraient la même valeur sélective et l'évolution ne serait due qu'au hasard (dérive génétique).

Le phénotype peut être observé aux différents niveaux d'organisation des organismes vivants, on retient généralement les trois niveaux suivants :

- au niveau des molécules : phénotype moléculaire ;
- au niveau des cellules : phénotype cellulaire ;
- au niveau de l'organisme : phénotype macroscopique.

Notre objectif est de proposer un outil informatique couplé à un protocole de mesure du phénotype macroscopique des perles de Tahiti qui soient automatisables, précis et à coût réduit. Cela permettra alors d'étudier des croisements génétiques d'huîtres perlières de Tahiti afin d'améliorer de qualité des perles produites.

Méthodes

Nous avons déjà commencé ces travaux au cours de deux thèses précédentes [1][12]. Nous envisageons de reprendre les résultats obtenus et de les compléter afin de pouvoir dresser un phénotypage des caractéristiques suivantes pour les perles de Tahiti :

1. Épaisseur de la nacre (réalisé)
2. Épaisseur de la coquille
3. Couleur (partiellement réalisé)
4. Lustre (partiellement réalisé)
5. Orient (iridescence) (partiellement réalisé)
6. Vitesse de dépôt d'aragonite
7. Défauts de surface et de forme

Concernant l'épaisseur de la nacre (1.), nous avons proposé une chaîne de traitement d'image complète permettant de segmenter la perle, puis de détecter les cavités éventuelles et le nucleus afin de dresser un profil de l'épaisseur de la nacre. Cette méthode a fait l'objet d'un dépôt de brevet. Un logiciel basé sur ce brevet est en production à la Direction des Ressources Marines de Polynésie.

Concernant l'épaisseur de la coquille (2.), nous allons devoir mettre au point un système de mesure non invasif, par exemple à base de systèmes à ultrasons.

Concernant la mesure de la couleur des perles (3.), nous avons obtenu des résultats préliminaires lors de la thèse [1]. L'un des objectifs de ce projet était de quantifier et qualifier la couleur des perles de culture de Tahiti. En effet, une perle ne présente pas une seule couleur, mais tout un jeu de couleurs pouvant se refléter grâce à la réflexion de la lumière incidente. L'objectif était alors d'être capable d'apprendre la couleur d'un ensemble de perles afin de les classer en lots présentant des jeux de couleurs similaires. Afin d'apprendre ces couleurs, il fallait dans un premier temps être capable de les caractériser. Or, il n'existait pas de méthode permettant de quantifier la couleur d'une perle utilisable par une méthode d'apprentissage de façon efficace avec les méthodes de l'époque. Nous avons alors proposé une méthode théorique fondamentale de normalisation de la couleur dans le triangle de Maxwell, puis une façon de le découper afin de le transformer en histogramme 2D dont les valeurs peuvent être synthétisées par des vecteurs utilisables par des méthodes d'apprentissage à noyaux par exemple (Séparateurs à Vaste Marge). Cependant ces travaux n'ont pas été menés à terme. Le doctorant recruté pour cette thèse devra donc reprendre les résultats initiaux obtenus et les finaliser.

Concernant la mesure du lustre et de l'iridescence (4. et 5.) des résultats ont été obtenus au cours de la thèse [12] sur l'apprentissage de l'ordonnancement du lustre des perles. Nous avons mis en place un protocole d'acquisition de photos normalisées d'une perle ainsi qu'un jeu de dix caractéristiques du lustre. Elles sont calculables à partir de ces acquisitions dans l'objectif d'effectuer un apprentissage à partir de ces données. Nos précédents travaux sur l'apprentissage des méthodes de rangement de la qualité du lustre des perles nous ont permis



de proposer une méthode générique novatrice dans le domaine de l'apprentissage du rangement d'objets tout en utilisant des méthodes à noyaux telles que les SVM (Séparateur à Vaste Marge). Ainsi, uniquement à partir de la classification d'un jeu de données par un expert, la méthode proposée a permis non seulement d'ordonner tous les objets du jeu d'origine mais aussi de classer et d'ordonner tout nouveau jeu d'objets à trier en reproduisant le rangement appris de l'expert ayant classé les données d'apprentissage. Ces résultats devront être complétés afin d'obtenir un indicateur normalisé de mesure de la qualité des perles de Tahiti.

Concernant la vitesse de dépôt d'aragonite (6.), des mesures devront être effectuées au MEB de l'UPF après la mise en place d'un protocole adapté : il faudra prévoir un ensemble assez grand d'huîtres perlières greffées d'au moins 6 mois, toutes les sortir de leur sac perlier afin d'appliquer un marqueur sur la surface des perles, puis les remettre en eau. On pourra alors mesurer la croissance de l'aragonite sur un jeu de quelques perles qu'il faudra découper en deux toutes les semaines/ deux semaines pendant six mois au minimum.

Concernant les défauts de surface et de forme (7.), il s'agira d'effectuer des acquisitions sous différents angles puis des traitements d'images assez classiques à base de méthodes de segmentation soit par régions soit par contours, et de l'apprentissage de forme soit avec des méthodes à noyaux comme les Séparateurs à Vastes Marges couplés à des descripteurs comme Fourier Mellin ou Zernike, ou encore avec des méthodes à base de réseaux de neurones profonds par exemple. L'objectif ultime de cette partie des travaux consistera à obtenir à partir de ces mesures et traitements un profil 3D macroscopique de la perle et de ses défauts.

Calendrier de travail prévisionnel

- I. États de l'art & études comparatives (6 mois)
- II. Proposition nouvelle(s) méthode(s) et tests (12 mois)
- III. Applications pratiques (18 mois)

Résultats attendus

Les résultats attendus sont principalement la proposition de méthodes et d'outils informatiques efficaces de reconnaissance et de mesures morphométriques dans le cadre des différentes applications envisagées.

Bibliographie

[1] Loesdau, M. (2016). Toward a Computer Vision Based Quality Assessment Of Tahitian Pearls - Automatic Nacre Thickness Measurement and Color Classification (Issue July). <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01484171>

- [2] Loesdau, M., Chabrier, S., & Gabillon, A. (2014). Hue and Saturation in the RGB Color Space. In *Lecture Notes in Computer Science: Vol. 8509 LNCS* (pp. 203–212). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07998-1_23
- [3] Loesdau, M., Chabrier, S., & Gabillon, A. (2015). Automatic Classification of Tahitian Pearls. In *Advances in Intelligent Systems and Computing: Vol. 313 AISC* (pp. 95–101). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10662-5_12
- [4] Loesdau, M., Chabrier, S., & Gabillon, A. (2015). Automatic Nacre Thickness Measurement of Tahitian Pearls. In *Lecture Notes in Computer Science (Vol. 9164, pp. 446–455)*. Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20801-5_49
- [5] Loesdau, M., Chabrier, S., & Gabillon, A. (2017). Computer vision based nacre thickness measurement of Tahitian pearls. In H. Nagahara, K. Umeda, & A. Yamashita (Eds.), *Thirteenth International Conference on Quality Control by Artificial Vision (Vol. 10338, p. 103381C)*. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2266924>
- [6] Loesdau, M., Chabrier, S., & Gabillon, A. (2017). Chromatic Indices in the Normalized rgb Color Space. *International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/DICTA.2017.8227415>
- [7] Loesdau, M., Chabrier, S., & Gabillon, A. (2016). Brevet: Procédé de détermination de l'épaisseur de nacre sur une perle, notamment une perle de culture. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01645146/>
- [8] Loesdau, M., Chabrier, S., & Gabillon, A. (2015). Automatic Classification of Tahitian Pearls. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 313 AISC, 95–101. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10662-5_12
- [9] Mondonneix, G., Chabrier, S., Mari, J.-M., & Gabillon, A. (2017). Tahitian Pearls' Luster Assessment Automation. *IEEE Applied Imagery Pattern Recognition Workshop (AIPR)*, 2017-October, 1–9. <https://doi.org/10.1109/AIPR.2017.8457974>
- [10] Mondonneix, G., Chabrier, S., Mari, J.-M., & Gabillon, A. (2018). Ordinal Learning with Vector Space Based Binary Predicates and Its Application to Tahitian Pearls' Luster Automatic Assessment. In *Lecture Notes in Computer Science: Vol. 10884 LNCS* (pp. 90–98). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94211-7_11
- [11] Mondonneix, G., Chabrier, S., Mari, J.-M., & Gabillon, A. (2018, December 21). A Machine Learning Algorithm for Solving Hidden Object-Ranking Problems. *International Conference on Recent Trends in Image Processing & Pattern Recognition*.
- [12] Mondonneix, G. (2019). L'apprentissage automatique du rangement d'objets et son application à l'évaluation du lustre des perles de culture de Tahiti.
- [13] Mondonneix, G., Chabrier, S., Mari, J. M., & Gabillon, A. (2019). A Machine Learning Algorithm for Solving Hidden Object-Ranking Problems. *Communications in Computer and Information Science*, 1035, 640–652. https://doi.org/10.1007/978-981-13-9181-1_55
- [14] Mondonneix, G., Mari, J. M., Chabrier, S., & Gabillon, A. (2020). A kernel machine for hidden object-ranking problems (HORPs): Formalization and application to Tahitian black pearls quality assessment. *Multimedia Tools and Applications*, 79(47), 35093–35107. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-09184-y>



Profil recherché

Le candidat retenu devra avoir de bonnes compétences en programmation Python, Matlab, C++ et/ou java, ainsi qu'en apprentissage machine et en traitement d'images.

Une connaissance et la maîtrise d'au moins une librairie d'apprentissage, comme Pytorch, TensorFlow et/ou Keras, serait souhaitable.

La thèse se déroulera sur le campus de l'université de la Polynésie française à Tahiti.

La date de début de thèse est fixée au 1^{er} octobre 2022.