

# Classification automatique de surfaces satinées

Louis-Séverin Bieri, Yuri Lopéz de Meneses, Jacques Jacot

Ecole polytechnique Fédérale de Lausanne, EPFL STI-IPR-LPM, CH-1015 Lausanne  
Suisse

## Introduction

La classification de l'état d'une surface décorative repose actuellement sur le jugement d'experts humains. Une longue expérience leur permet de dire au premier coup d'oeil si par exemple un polissage est parfait ou mal terminé, ou encore si un satinage est satisfaisant ou trop prononcé. Pourtant ce genre de jugements non quantifiables donne fréquemment lieu à des conflits entre fournisseur et client sur la qualité des réalisations, les deux n'ayant parfois pas exactement les mêmes critères de conformité.

Notre laboratoire, en collaboration avec l'ASRH<sup>1</sup>, cherche donc à développer un appareil portable qui permette de classer automatiquement une surface satinée en reproduisant le jugement de l'expert humain. Outre le fait qu'il permettrait une classification répétable qui mettrait un terme aux litiges, cet appareil serait également utile lors de la formation des personnes chargées du contrôle des états de surface. Le but n'est donc pas de remplacer mais plutôt d'objectiver le jugement humain.



Fig.1: Exemple de fonds de montres satinés.

De nombreux travaux ont tenté sans succès de trouver une corrélation directe entre le résultat d'une observation globale d'une surface par un humain entraîné et la mesure d'un critère physique de cette surface comme par exemple sa topographie. En effet, 2 surfaces satinées peuvent avoir des caractéristiques radicalement différentes (suivant le satineur, le type de brosse ou encore l'état de préparation de la pièce avant satinage) et être jugées toutes 2 conformes par l'expert humain.

Notre Laboratoire a privilégié une approche différente en cherchant à développer un appareil susceptible de reproduire un jugement d'esthétique similaire à celui de l'humain sans chercher ni à comprendre ce qui motive ce jugement humain, ni à décrire précisément les caractéristiques physiques à mesurer sur la pièce.

---

<sup>1</sup> Association Suisse de Recherche Horlogère

## Appareil de mesure

Un système de mesure opto-électronique relativement simple, basé sur l'analyse de la figure de dispersion d'un faisceau laser réfléchi par une pièce satinée, a été développé. Il comprend un faisceau laser He-Ne (635nm) de 1mm de diamètre dirigé selon un certain angle (20-30 degrés) sur l'échantillon satiné à analyser. L'échantillon est placé sur une table XY permettant de choisir la zone éclairée par le faisceau (fig. 2). Une caméra reliée à un ordinateur est dirigée sur une surface sombre placée sur le trajet du faisceau réfléchi. On obtient ainsi une image de la figure de dispersion sur laquelle on extrait, par traitement d'image, un certain nombre de valeurs (~40) liées à la géométrie et à l'intensité de la dispersion. Cette méthode de mesure indirecte est appelée "scattering" [4]. La figure 3 montre quelques exemples de figures de dispersion produites par des pièces satinées jugées conformes ou non conformes par l'expert humain. On voit que ces figures peuvent être assez différentes selon les caractéristiques du satinage. Les valeurs mesurées sur une figure de dispersion sont ensuite présentées à un classificateur automatique.

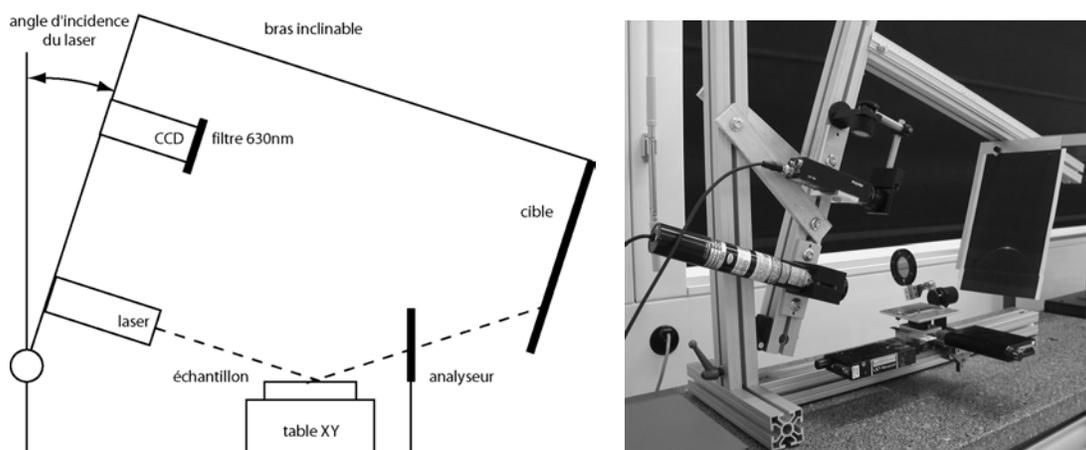


Fig. 2: Schéma et photo de l'appareil de laboratoire.

## Classificateur automatique

Un classificateur automatique est un outil informatique qui attend comme entrée une liste de nombres (dans notre cas, la quarantaine de nombres décrivant une figure de dispersion) et qui fournit à sa sortie, une indication de classe (dans notre cas "satinage conforme" et "satinage non conforme"). Comme l'humain, ce classificateur nécessite une phase préliminaire d'apprentissage durant laquelle on lui présente des entrées "de référence" pour chacune desquelles on lui indique la classe dans laquelle elle doit être rangée. Plus les entrées de référence seront nombreuses et représentatives de ce que l'on souhaite classifier, et meilleur sera le classificateur.

Nous avons utilisé 2 techniques différentes de classification, à savoir l'analyse en composantes principales (PCA) [5] et les réseaux de neurones artificiels supervisés (LVQ) [6], [7].

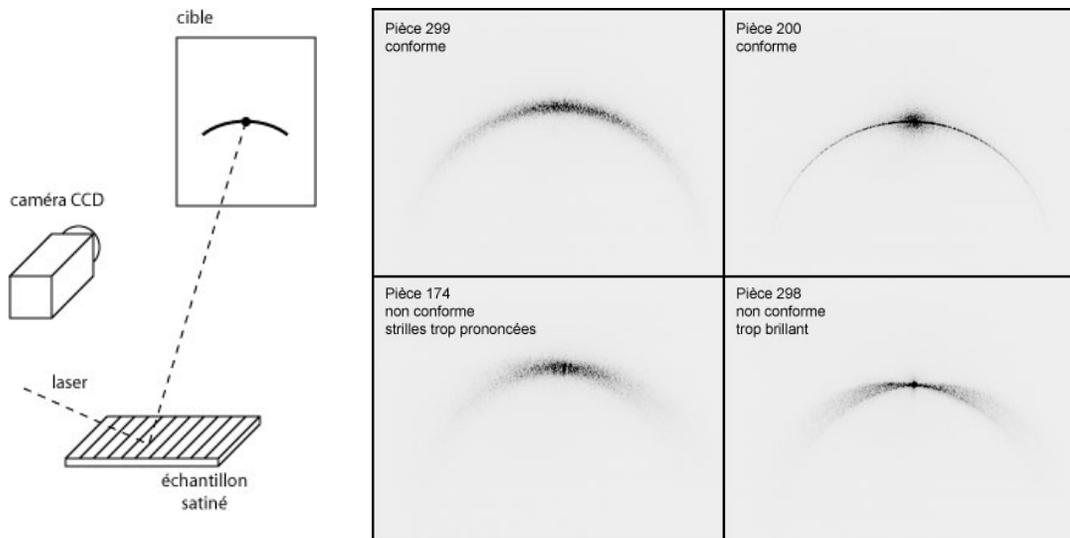


Fig. 3: Schéma du positionnement de la pièce sous le laser et représentation (en couleurs inversées) des figures de dispersion produites par 4 échantillons satinés.

### Expériences et résultats

Pour nos expériences, nous avons demandé à plusieurs entreprises horlogères de réaliser des échantillons satinés et de les classer. Chaque échantillon est une plaque (taille 4×2 cm, épaisseur 2mm) en acier inox 44/35 satinée droit sur une de ces faces. Certains de ces échantillons devaient comporter des défauts globaux parmi les plus couramment rencontrés (ex: satinage de travers, trop ou trop peu prononcé, irrégulier, etc...).

Au début, nous avons utilisé un grand nombre d'échantillons (~100) en nous basant sur les indications de conformité fournies par les entreprises qui les avaient réalisés. N'obtenant pas de bons résultats, nous avons cherché à faire reclassifier certains échantillons par plusieurs experts humains. On a alors constaté une certaine variabilité dans certains de leurs jugements, ce qui nous a conduit à limiter nos tests à 24 pièces dont l'état de conformité (bon ou mauvais) a été confirmé unanimement par les différents experts. Malheureusement, la réduction du nombre de pièces pénalise la robustesse du classificateur et réduit la signification de nos résultats.

Pour chaque échantillon, environ 20 mesures ont été effectuées à différents endroits de la surface satinée. Il faut en effet choisir un nombre de mesures suffisamment important pour permettre de détecter une non uniformité du satinage.

Notre appareil a permis, par PCA comme par réseaux de neurones, de classer ces 24 échantillons (11 conformes et 13 non conformes) avec un taux de réussite (similitude avec le jugement humain) de 83%. Ce résultat est inférieur à 100%, mais il montre que notre classificateur arrive assez bien, pour les pièces en question, à reproduire le jugement humain. Utiliser comme référence un jugement humain, même celui d'un expert, comporte par ailleurs certains risques. L'intervalle de confiance des mesures humaines n'ayant encore jamais été évalué, nous ne pouvons dire actuellement qui de l'humain ou de notre appareil est le plus fiable.

## Conclusion

Le but de nos recherches est de développer un appareil permettant d'objectiver et de rendre répétable la classification de surfaces satinées. Un appareil de laboratoire a été réalisé qui permet, pour une pièce donnée, de simuler le jugement de l'expert humain. Tandis que les mécanismes mis en jeu dans le jugement humain sont complexes et encore mal compris (système visuel humain, mouvement de la pièce, conditions d'éclairage, etc...), notre approche utilise une voie totalement différente, mais plus simple. Un faisceau laser He-Ne est dirigé selon un certain angle sur une pièce satinée qui le réfléchit en le dispersant. Cette dispersion varie en fonction des propriétés du satinage. Une surface sombre (cible) est placée sur le trajet du faisceau réfléchi et une caméra orientée sur cette cible permet d'obtenir une image de la figure de dispersion et d'en calculer ses caractéristiques (géométrie et intensité). Les informations extraites de la figure de dispersion sont présentées à un classificateur automatique qui a été entraîné, lors d'une phase d'apprentissage, à distinguer les figures produites par des satinages conformes de celles produites par des satinages non conformes (selon le jugement de l'expert humain).

Les résultats obtenus (taux de réussite de 83% sur 24 pièces satinées) sont encourageants mais encore trop peu significatifs. Pour valider pleinement notre approche, la prochaine étape sera d'acquérir un nombre plus élevé de pièces de référence (c'est-à-dire jugées conformes ou non conformes de façon unanime par plusieurs experts différents) et de refaire nos mesures.

Notre système est flexible en ce sens qu'il peut être entraîné, lors de la phase d'apprentissage, à reconnaître des classes différentes suivant les critères de qualité définis par l'entreprise qui l'utilise.

Nous recherchons actuellement un partenaire industriel pour pousser plus avant nos travaux dans le domaine de la classification automatique de surface satinées ou polies, le but étant à terme de réaliser un ou plusieurs appareils miniaturisés et industrialisables.

## Bibliographie

- [1] G. Meylan, "Classification de surfaces métalliques satinées par l'analyse de la transformée de Fourier optique", rapport de projet de diplôme, EPFL, STI-IPR-LPM, 2002.
- [2] T. Kramer, "Analyse des surfaces satinées par holographie", rapport de projet de semestre, EPFL, STI-IPR-LPM, 2002.
- [3] C. Ruettimann, "Classification de l'état de satinage à l'aide de la lumière polarisée", rapport de projet de semestre, EPFL, STI-IPR-LPM, 2002.
- [4] F. Monay, "Analyse d'état de surface de pièces métalliques par scattering", rapport de projet de diplôme, EPFL, STI-IPR-LPM, 2002.
- [5] S. Morgenthaler, Introduction à la statistique, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1998.
- [6] S. Haykin, Neural Networks, Prentice Hall, 1998.
- [7] T. Kohonen, J. Hynninen, J. Kangas, J. Laaksonen, and K. Torkkola, "Lvq pak: The learning vector quantization program package", technical report a30, Helsinki University of Technology, Laboratory of Computer and Information Science, FIN-02150 Espoo, Finland, 1996. [http://www.cis.hut.fi/research/som\\_lvq\\_pak.shtml](http://www.cis.hut.fi/research/som_lvq_pak.shtml).