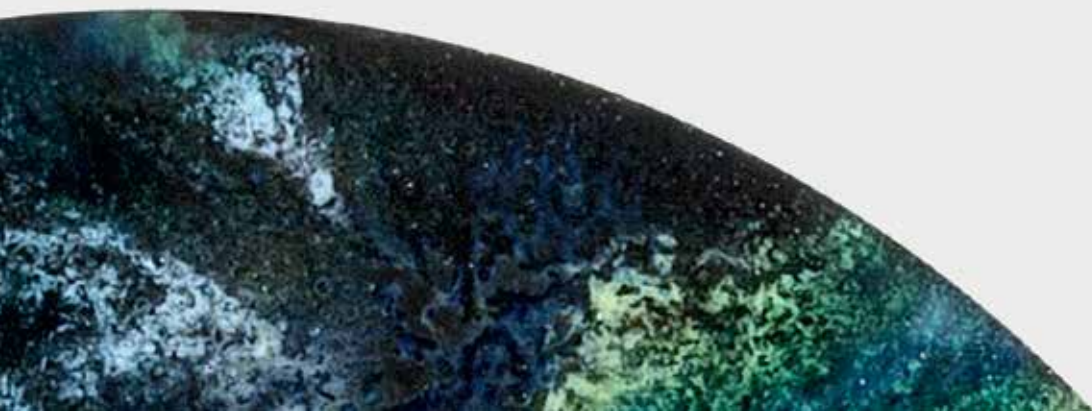


ISSUE #30

GraphicCeram

Recherche sur la combinaison
de techniques de traitement
de surfaces — *Research about
the combination of techniques
of surface treatments*



ISSUE # 30

« Issue » est une collection de courtes publications réalisées au terme, même provisoire, de workshops, master classes et projets de recherche menés à la Haute école d'art et de design – Genève. Publiée sur le vif et à un rythme soutenu, elle témoigne d'une école en état de projet(s) permanent, en mouvement. Elle reflète la variété et l'ambition de ses formations en arts visuels, cinéma, architecture d'intérieur, communication visuelle, design mode, bijou et accessoire, questionne le caractère exploratoire et innovant de ses projets de recherche en art et en design contemporains, évalue son potentiel artistique et professionnel.

« Issue » ouvre les portes de l'école, à double sens : offrant un regard sur les coulisses de ses formations et projets de recherche, ces brochures servent simultanément de « visa » à une école en prise avec les réalités sociales du monde contemporain, multipliant les partenariats avec l'ensemble de ses acteurs professionnels, de l'institution culturelle jusqu'à l'entreprise.

GraphicCeram

**Recherche sur la combinaison de techniques
de traitement de surfaces existantes en vue
de nouvelles possibilités de décors iconographiques
sur matériaux non poreux.**

–

**Research into the combination of existing surface
treatment techniques with the aim of finding new
possibilities for iconographic decorations
on non-porous materials**

Abstract

GraphicCeram est un projet de recherche qui vise :

— à inventer de nouvelles compositions de substrats par l'association inédite de matières minérales. — à innover les possibilités de traitements de surface dans les domaines de la céramique, de l'horlogerie, de la joaillerie et de l'édition d'objets d'art et/ou de design. — à analyser les substrats réalisés par la caractérisation topographique, à savoir par la microscopie à force atomique, le microscope électronique à balayage et la microscopie interférométrique.

Introduction

À l'instar des alchimistes qui cherchaient à inventer l'or et la porcelaine au 16^{ème} siècle, les chercheurs du projet *GraphicCeram* ont expérimenté à la fois la combinaison des matériaux minéraux, des associations de traitements de surfaces, des variations de températures de cuisson ainsi que des interventions mécaniques après la cuisson (sablage, polissage au diamant) afin d'obtenir des matières et des surfaces uniques, productibles en série limitée.

Une nouvelle gamme de matériaux minéraux a été développée grâce à différents processus : la fusion de porcelaines et de terres argileuses, l'application d'émaux sur ces nouveaux substrats, l'impression digitale céramique sur ces derniers, et, enfin, la gravure laser et la vaporisation de céramiques et de métaux.

Cette recherche, financée par les réseaux de compétence Design et Ingénierie de la HES-SO, a donné lieu à la production d'une gamme de pièces qui pourraient se qualifier de Mineral-Design. Cela signifie que la fusion des minéraux, lors de leur transformation par la cuisson entre 800° à 1300°C, crée une multitude de matières et de surfaces uniques. Les résultats sont principalement destinés aux domaines de la haute horlogerie, de la joaillerie mais également au design d'objets. En parallèle, différentes caractérisations des substrats réalisés ont été effectuées, afin de relier ce travail de laboratoire aux préoccupations contemporaines du design horloger, de la joaillerie avec leurs exigences multiples de qualité. Une sélection de ces réalisations a été exposée au Salon international de l'horlogerie et de la joaillerie (EPHJ), à Genève en 2012, où elles ont suscité un vif intérêt auprès des professionnels des domaines cités.

Ce projet est issu du CERCCO — Centre d'expérimentation et de recherche en céramique contemporaine de la Haute école d'art et de design, HEAD — Genève et de l'Institut inSTI, Matériaux, Nanotechnologies et Conception Microtechniques (MNCM) de la Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève (Hepia — Genève). Ces deux entités possèdent des compétences bien spécifiques dans leurs domaines respectifs. Le CERCCO est spécialisé, par son approche expérimentale, dans le développement de matières inédites et de procédés nouveaux et reproductibles. L'institut inSTI, quant à lui, est un acteur central dans la caractérisation à l'échelle du micromètre et du nanomètre, de la topographie et de la fonctionnalisation des surfaces et des matériaux.

Abstract

GraphicCeram is a research project that aims :

— to invent new substrate compositions through original combinations of mineral materials. — to innovate in the area of surface treatments in the fields of ceramics, watchmaking, jewellery and the development of art and/or design objects. — to analyse the substrates produced using topographic characterization, that is, by atomic force microscopy, scanning electron microscopy and interferometric microscopy.

Introduction

Like the alchemists who sought to invent gold and porcelain during the 16th century, the researchers involved in the *GraphicCeram* project experimented with the combination of mineral materials, the association of different surface treatments, variations in firing temperatures and with mechanical interventions after firing (sanding, diamond polishing), in order to obtain unique materials and surfaces, able to be produced in limited series.

A new range of mineral materials was developed through a variety of processes : the fusion of porcelains and clays, the application of enamels onto these new substrates, ceramic laser copying on the latter and, finally, laser engraving and vaporization of ceramic materials and metals.

This research, funded by the Design and Engineering networks of competence of the University of Applied Sciences of Western Switzerland (HES-SO), led to the production of a range of items that could be qualified as Mineral-Design. This means that the fusion of the minerals, when transformed by firing between 800° and 1300°C, creates a multitude of unique materials and surfaces. The results are mainly intended for use in the fields of fine watchmaking and jewellery but also in object design. In parallel, with this, different characterizations of the substrates produced were carried out in order to relate this laboratory work to the contemporary concerns of watchmaking and jewellery design with their many quality requirements. A selection of the work was exhibited at the Professional Watchmaking and Jewellery Fair (EPHJ) in Geneva in 2012, where it aroused considerable interest among professionals of these fields.

This project originated from CERCCO — the Centre for Experimentation and Research in Contemporary Ceramics at Geneva University of Art and Design (HEAD — Genève) and from Institut inSTI, Materials, Nanotechnology and Microtechnology (MNCM) of the Geneva Institute of Technology, Architecture and Landscape (Hepia — Genève). These two entities have highly specific competences in their respective fields. CERCCO specialises, through its experimental approach, in the development of new materials and original and repeatable processes. The inSTI Institute is a key player in characterization, at micro and nano levels, of the topography and functionalization of surfaces and materials.





GLACE SAPHIR, ÉMAIL AU CARBONATE DE MAGNÉSIUM, Ø 30 MM X 1 MM



PORCELAINE, ÉMAIL AU CARBONATE DE MAGNÉSIUM, Ø 30 MM X 1 MM



TERRE MANGANÈSE, POLISSAGE À DIAMANT, Ø 30 MM X 1 MM



FAÏENCE, ÉMAIL AU CHROME, Ø 30 MM X 1 MM



FAÏENCE, ÉMAIL AU COBALT, Ø 30 MM X 1 MM,
LUNETTE EN OXYDE DE ZIRCONIUM, BANGERTER AG



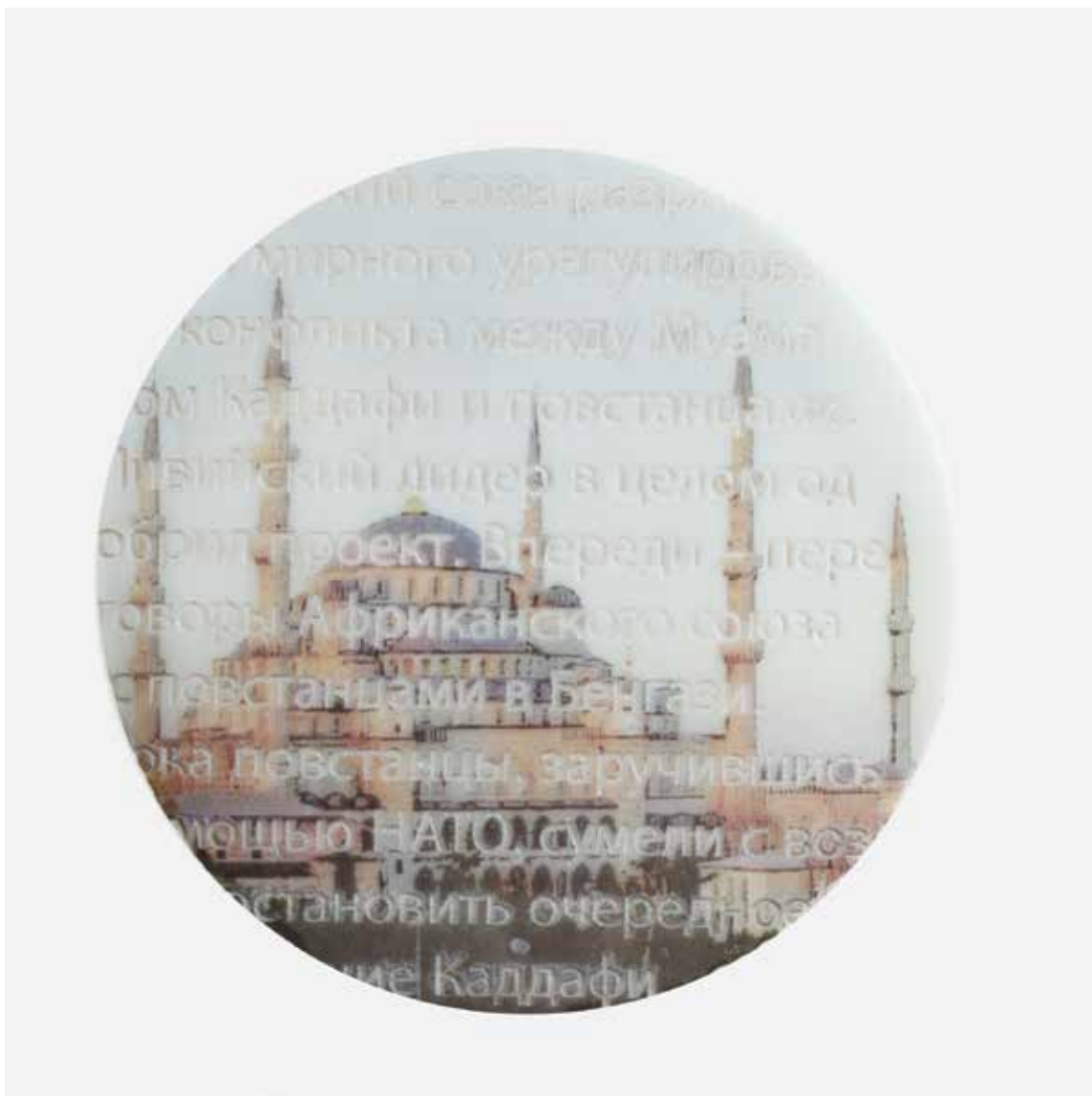
FAÏENCE, ÉMAIL AU COBALT COMBINÉE À UN ÉMAIL
AU CARBONATE DE MAGNÉSIUM, Ø 30 MM X 1 MM



FAÏENCE, ÉMAIL CÉRAMIQUE, Ø 30 MM X 1 MM,
LUNETTE EN OXYDE DE ZIRCONIUM, BANGERTER AG



TERRE MANGANÈSE, ENGOBE VITRIFIÉ, SABLÉ, Ø 25 MM X 1 MM,
LUNETTE EN OXYDE DE ZIRCONIUM, BANGERTER AG



PORCELAINE, IMPRESSION DIGITALE CÉRAMIQUE,
GRAVURE LASER, Ø 40 MM X 1 MM



ALLIAGE DE TERRES FERRUGINEUSES, ÉMAIL AU ZINC,
POLISSAGE À DIAMANT, Ø 30 MM X 1 MM



PORCELAINE, IMPRESSION DIGITALE CÉRAMIQUE,
Ø 25 MM X 1 MM

« Soutenir ce genre de recherches aide à faire revivre des savoir-faire anciens et historiques dans une industrie telle que la nôtre. L'industrie horlogère a besoin de développer des métiers d'art afin de pouvoir offrir des produits sur-mesure et donc de l'exclusivité à un client toujours plus exigeant. Les recherches spécifiques de M^{me} Gerber sont d'autant plus intéressantes car il y a une démarche très artistique à son travail en plus de l'artisanat, ce qui s'approche de la logique de l'œuvre d'art. »

Manuel Emch, Romain Jérôme Watches SA, CEO

« Ce projet de recherche témoigne d'une ouverture et d'une liberté remarquable dans un domaine exigeant. Cette approche créative et expérimentale se positionne avec succès face à toutes les investigations déjà en cours dans l'industrie.

Elle ouvre un potentiel de nouveautés en particulier dans le domaine du cadran de montre toujours en quête d'innovations.

Le partenariat avec des acteurs industriels permettra de sortir d'une phase d'études pour trouver des applications concrètes et viables dans le monde horloger. Cela nécessitera de répondre aux fortes exigences que sont la précision, la qualité et la fiabilité. »

Nicolas Mertenat, Omega SA,
Design Departement Manager

« [...] Il est évidemment intéressant de mener des recherches sur du travail de la céramique artisanale dans le but de l'adapter à de possibles applications dans l'horlogerie. Le challenge se situe, à mes yeux, au niveau des déformations des supports ou alors de la porosité qui est parfois un gros problème dans

le travail de l'email par exemple. La céramique est connue dans l'horlogerie au travers de certains produits de la concurrence, mais elle est exploitée de manière industrielle et pas du tout dans une perspective « métiers d'arts ». Il y a donc aussi un travail de communication important à faire pour que la reconnaissance soit possible. »

Vincent Kaufmann, Vacheron Constantin SA,
Design Departement Manager

"Supporting this type of research helps to revive traditional and historical know-how in an industry such as our own. The watchmaking sector needs to develop artistic crafts so as to provide made-to-measure products and therefore exclusiveness to meet the ever-increasing demands of our clients. The specific research carried out by M^{rs} Gerber is even more interesting as it demonstrates

a highly artistic approach to her work in addition to craftsmanship ; her work closely resembles the logic of the work of art. "

Manuel Emch, Romain Jérôme Watches SA, CEO

" This research project shows remarkable openness and freedom in a challenging field. It's creative and experimental approach successfully positions itself in the face of all the investigations already underway in this particular industry. It creates a potential for new developments, especially in the area of watch dials in constant search for innovation.

A partnership with industrial players will enable it to progress from the study phase to finding practical and viable applications in the watchmaking sector. This will require meeting

the demands of precision, quality and reliability. "

Nicolas Mertenat, Omega SA,
Design Departement Manager

" [...] It is of course interesting to conduct research into traditional ceramic practices with a view to adapting them for possible applications in watchmaking. In my opinion, the challenge lies, in addressing support deformation or porosity, which can be a major problem in enamelwork, for example.

Ceramic materials are well known in watchmaking through products of certain competitors, but they are exploited industrially and not at all in a " craft-orientated " perspective. We will therefore have to improve communication, so that it can be recognised. "

Vincent Kaufmann, Vacheron Constantin SA,
Design Departement Manager



TERRE MANGANÈSE, ÉMAIL AU CARBONATE DE MAGNÉSIUM, Ø 25 MM X 1 MM



FAÏENCE, ÉMAIL AU CHROME, Ø 30 MM X 1 MM,
LUNETTE EN OXYDE DE ZIRCONIUM, BANGERTER AG



PORCELAINE, IMPRESSION DIGITALE CÉRAMIQUE, Ø 40 MM X 1 MM



NÉRIAGE DE PORCELAINE ET TERRE MANGANÈSE,
POLISSAGE À DIAMANT. Ø 35 MM X 1.2 MM



FAÏENCE, ÉMAIL CÉRAMIQUE, Ø 30 MM X 1 MM,
LUNETTE EN OXYDE DE ZIRCONIUM, BANGERTER AG



FAÏENCE, ÉMAIL CÉRAMIQUE, Ø 30 MM X 1 MM



FAÏENCE, ÉMAIL AU SÉLENIUM, Ø 30 MM X 1 MM,
LUNETTE EN OXYDE DE ZIRCONIUM, BANGERTER AG



PORCELAINE NOIRE TEINTÉE DANS LA MASSE,
ÉMAIL CÉRAMIQUE, Ø 20 MM X 1 MM



E - 01



E - 02



E - 03



E - 04



E - 05



E - 06



E - 07



E - 08



E - 09



E - 10



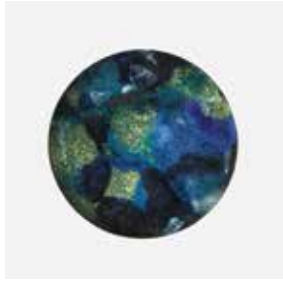
E - 11



E - 12



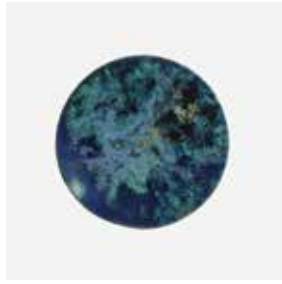
E - 13



E - 14



E - 15



E - 16



E - 17



E - 18



E - 19



E - 20



E - 21



E - 22



E - 23



E - 24



E - 25



E - 26



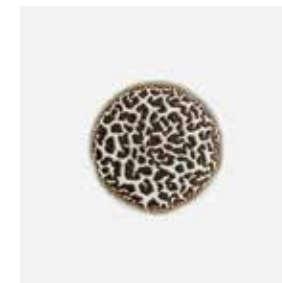
E - 27



E - 28



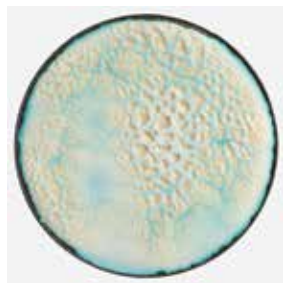
E - 29



E - 30



E - 31



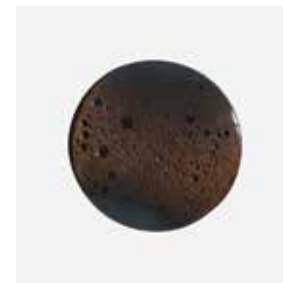
E - 32



E - 33



EP - 01



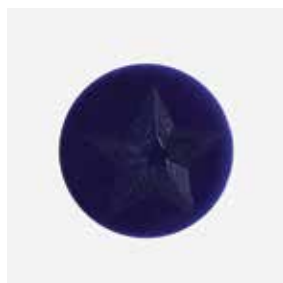
EP - 02



L - 01



L - 02



L - 03



L - 04



M - 01



M - 02



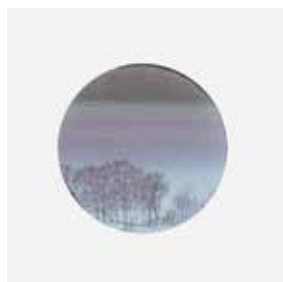
M - 03



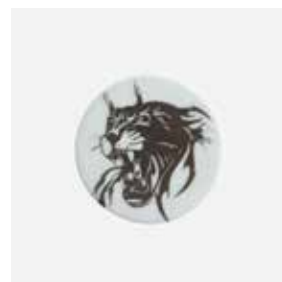
P - 01



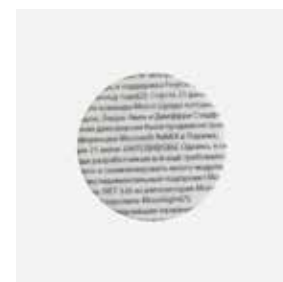
P - 02



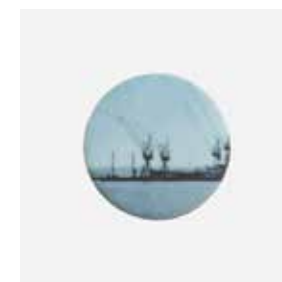
P - 03



P - 04



P - 05



P - 06



P - 07



PL - 01



PL - 02



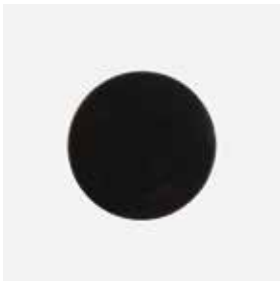
ZE - 01



ZE - 02



ZE - 03



ZE - 04



ZE - 05



ZP - 01



Recherche basée sur la pratique d'atelier et de laboratoire

Pour les chercheurs, il était essentiel de replacer les compétences du savoir-faire artisanal et technologique au cœur des recherches. *GraphicCeram* pose ainsi la question fondamentale de la méthodologie de recherche dans les domaines des arts appliqués et de l'ingénierie et notamment du potentiel de la conversion d'un travail expérimental d'atelier en processus reproductible en vue d'une production semi-industrielle. Il s'agissait dans cette recherche de développer par une démarche heuristique une série d'essais successifs en vue de proposer une gamme de nouveaux traitements de surface. Les résultats s'articulent en trois volets.

A.

Inventer des matières céramiques

Ce volet de recherche intègre l'invention de nouvelles matières par la combinaison de terres comme, par exemple, la terre manganèse ou la faïence mélangée à la porcelaine (cf. M-01 p. 27). Il s'agissait de tester des terres classiques, leur potentiel esthétique et leur résistance à la déformation lors de la cuisson et leur capacité de produire des effets de surface novateurs.

Cette exigence se doublait d'une autre nécessité, celle d'élaborer des substrats parfaitement plans, ronds, de même épaisseur, pour la production de cadrans de montres uniques ou réalisés en micro-série.

Sur ces nouveaux substrats, une série de tests d'émaux¹ a été réalisée. L'interaction entre l'émail et d'autres matériaux comme le métal émaillé, le saphir, le rubis et la céramique high-tech (Zircone, ZrO₂) a également été testée. Il faut noter que l'émail révèle des effets variables selon sa composition et celle du support. Ces réactions sont dues à des interactions physico-chimiques des composants respectifs. En résulte une large gamme de nouvelles surfaces colorées, craquelées, bullées, avec une grande variation d'aspects brillants, satinés et mats.

B.

Combiner des traitements de surfaces

Le procédé d'impression digitale céramique (Ceramic Laser Copy System), développé depuis 2002 au CERCCO de la HEAD – Genève, permet de réaliser des pièces uniques ou en séries limitées à un coût raisonnable. De plus les couleurs céramiques et les oxydes métalliques sont rendus inaltérables par les UV, car fixés dans l'émail lors de leur cuisson. Par cette fusion les réactions chimiques sont ainsi rendues irréversibles, ce qui apporte une stabilité aux substrats céramiques.

Dans le Ceramic Laser Copy System, le toner ordinaire est remplacé par un toner basé sur des oxydes minéraux. Après l'application d'une laque (Covercoat), les impressions sont fixées de manière durable par la cuisson entre 750° – 1000°C. Afin d'augmenter la précision des images par une diffusion latérale des pixels, une série de tests systématiques sur l'adaptation

de la composition du Covercoat a été menée. Ces impressions ont été posées sur des substrats en porcelaine émaillée, de la faïence émaillée ainsi que des glaces saphir (cf. P-07 p. 26).

La technologie de gravure laser se base sur l'éjection de la matière, parfois violente, par un faisceau laser focalisé sur une surface. A l'instar de la gravure sur métal, graver la céramique au laser dans ces différents états² (crue, biscuitée, émaillée, décorée) ouvre de larges possibilités de décors. Au cours du projet, deux voies ont été principalement testées. D'abord une série d'expériences avec un laser de découpage habituellement utilisé pour le carton, le plastique, etc. a été effectuée. Lors de ces recherches, il s'est avéré que la matière, en absorbant l'énergie du laser, s'échauffe et s'évapore en plasma. Par conséquent, non seulement une zone est affectée thermiquement, mais la netteté de la gravure en souffre également. Ces essais ont été étudiés au microscope de balayage afin de voir les disparités selon les paramètres de la gravure. Après avoir constaté des fissures visibles le long de toutes les gravures, dues au choc thermique provoqué par le refroidissement rapide suite au passage du laser, une deuxième recherche sur les gravures dites athermiques a été entreprise. Ces gravures sont faites par des impulsions laser ultracourtes qui ne chauffent pas la matière environnante. Des gravures femto-secondes³ sont alors réalisées à la HE – Arc de La Chaux-de-Fonds. Ces deux volets de tests sont caractérisés à l'aide du microscope à balayage (MEB). En conclusion on peut constater que la qualité de l'ablation et le volume de matière enlevée sont dépendants de la densité du matériau de base et de sa qualité de surface, mais aussi des caractéristiques du faisceau laser, donc de sa longueur d'onde, de sa durée d'impulsion et de sa puissance.

La technologie PVD⁴ – Physical Vapor Deposition – permet de revêtir des objets de diverses matières vaporisées en une couche mince d'environ un micron d'épaisseur (cf. p. 37). Ce traitement permet de changer l'apparence des surfaces tout en conservant les finitions mécaniques des substrats de base (polie, satinée, etc.). Trois types de supports ont servi de base pour ces tests : les céramiques, les wafers de silicium et le saphir. D'abord un film photorésistant a été posé sur ces substrats, ensuite la céramique a été vaporisée sur des wafers silicium et sur la glace saphir. Finalement, du métal (argent et aluminium) a été vaporisé sur les plaquettes céramiques émaillées et non-émaillées. Ces tests ont été réalisés avec une machine d'évaporation par effet Joule. Ces expériences ont montré que la vaporisation de la céramique avec ce type de machine n'est pas judicieuse. Dans l'idéal, il faudrait déposer ces revêtements avec une machine équipée d'un canon à électrons, plus adaptée pour arriver à des hauts points de fusion, nécessaires pour la vaporisation de céramiques.

C.

Caractériser les substrats réalisés

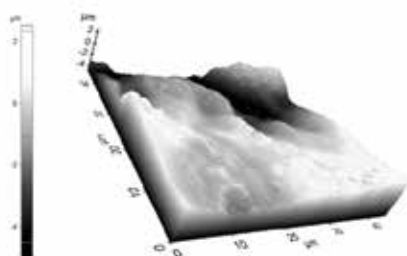
La caractérisation des surfaces par les moyens techniques de Hepia — Genève permet de documenter les textures et morphologies obtenues dans la démarche sérendipique à l'interface art céramique et technologie. Les surfaces ont été observées optiquement, au microscope électronique à balayage, ou par microscopie à force atomique.

Le microscope à force atomique (AFM) permet de relever quantitativement la topographie par une mesure fine des élévations par le scannage d'une pointe sur un fragment de surface. La figure ci-dessous illustre un relevé de la topographie sur substrat SiO₂ avec un revêtement de grès obtenu par procédé PVD (Physical Vapor Deposition).

L'aspect visuel et sensoriel de la surface est ainsi quantifié et cette investigation décrit ici une surface obtenue par l'application originale du PVD pour la déposition de grès. L'analyse quantitative a également été effectuée par microscopie interférentielle pour couvrir des régions plus larges. Les principes physiques de ces mesures sont complémentaires et permettent selon la typologie des topographies de caractériser de façon optimum.

La microscopie électronique à balayage (MEB) met en image les surfaces d'une manière qualitative. Dans le cas des céramiques s'ajoute la contrainte de devoir rendre la surface électroniquement conductrice pour évacuer les électrons provenant du balayage. Une fine couche d'or déposée par évaporation remplit cette fonction. La grande profondeur de champ des images permet de bien documenter les morphologies et l'étendue latérale des zones investiguées, de déceler et de documenter ensuite à gros grossissement les événements topographiques locaux tels que les fissures résultant d'états de contraintes, écaillages, précipités locaux, etc.

L'observation optique traditionnelle sous microscope est parfois suffisante pour documenter des investigations simples. Ainsi par exemple dans le cas de l'impression laser il a été possible d'illustrer la non-diffusion latérale des pixels composés d'oxydes avec les différents traitements thermiques investigués.



Conclusion

Les résultats de cette recherche basée sur les pratiques d'atelier et de laboratoire impliquent la prise en compte de la notion de hasard et de surprise. Ces imprévus font sans cesse évoluer les expérimentations dans des directions encore inexplorées. Pour ce projet notamment, l'invention de nouveaux mélanges de matières premières et d'émaux céramiques était soumise à des changements constants. Les fruits de ces découvertes peuvent trouver une application dans les domaines de la haute horlogerie, de la bijouterie et dans la réalisation d'objet d'art et de design. De plus, ils sont évidemment intégrés dans l'enseignement Bachelor, Master et Formation continue des domaines cités.

De nombreux contacts avec ces champs professionnels ont permis de vérifier leur potentiel et d'approfondir des parties ciblées de ces expériences. Comme, par exemple, pour le domaine de la haute horlogerie les applications d'émaux de différentes natures sur la céramique high-tech (Zircone) semblent être la voie la plus prometteuse, car elles permettent d'associer la précision, au micron près, des supports en Zircone à la pose manuelle de l'émail céramique (cf. ZE 01 - ZP 01 p.36). Ce procédé est donc novateur dans la mesure où il permet de réaliser des pièces uniques en série limitée de grande précision.

Par ces réalisations semi-industrielles, ce projet révèle le potentiel de la collaboration entre les domaines de l'ingénierie et les domaines artistiques, dont fait partie la céramique grâce aux connaissances acquises en chimie des interactions des matières minérales. Comme décrit dans l'introduction, les recherches sur les matériaux céramiques permettent encore de nos jours d'inventer de nouveaux substrats et d'élargir la palette des possibilités visuelles et sensorielles des surfaces et des formes. Le projet *GraphicCeram*, par son approche expérimentale et technique, innove en alliant les métiers d'art à la haute technologie.

1. Le terme émail désigne généralement des compositions de minéraux, comme la silice et des oxydes, permettant la formation d'une couche de verre sur une surface argileuse ou métallique.
2. La fabrication de la céramique se fait par des étapes bien distinctes, d'abord la mise en forme de la terre humide (modelage) ou liquide (coulage), ensuite le séchage, après le biscuit (cuisson à 980°C) qui est souvent suivi d'une cuisson émail (entre 1000°C et 1280°C) pour éventuellement se clore par une cuisson de « repiquage » après avoir posé des décors peints, d'impressions, d'or, etc. (en principe entre 750° et 950°C).
3. Une pico-seconde vaut 10^{-12} seconde = un billionième. Une femto-seconde vaut 10^{-15} seconde = un billiardième.
4. Les expériences dans le domaine du PVD ont été menées par Karim El Mellouli lors de son travail de diplôme Bachelor sous la direction de Prof. Dr. Eric Rosset, Hepia — Genève.

Research based on studio and laboratory practices

It was essential for the researchers to place traditional and technological know-how at the heart of the research. *GraphicCeram* thus raises the fundamental question of research methodology in the fields of applied arts and engineering and particularly of the potential for converting experimental studio work into a repeatable process for semi-industrial production. The aim of this research was to develop a series of successive tests, using a heuristic approach, in order to propose a range of new surface treatments. The results fall into three categories.

A.

Inventing ceramic materials

This area of research pertains to the invention of new materials through the combination of clays, for example, manganese clay or faience mixed with porcelain (cf. M-01 p. 27). This required testing traditional clays for their aesthetic potential, their resistance to deformation during firing and their ability to produce innovative surface effects.

These demands were coupled with another requirement, that of turning out perfectly flat, round substrates of equal thickness for the production of dials for unique watches or ones produced in very limited editions.

On these new substrates we carried out a series of enamel tests¹. We also tested the interaction between the enamel and the other materials such as enamelled metal, sapphire, ruby and a high-tech ceramic material (Zirconia, ZrO₂). It should be noted that the enamel created different effects depending on its composition and that of the support. These reactions are due to the physico-chemical interactions between the respective components. The result is an extensive range of new surfaces that are coloured, crackled or bubbled and which have a wide variety of gloss, satin or matt aspects.

B.

Combining surface treatments

The Ceramic Laser Copy System, developed since 2002 by CERCCO at Geneva University of Art and Design (HEAD — Genève), makes it possible to produce unique pieces or limited editions at a reasonable cost. Moreover, the ceramic colours and the metallic oxides are rendered stable by the UV rays, as they become bonded to the enamel when fired. Through this fusion, the chemical reactions are rendered irreversible, giving the ceramic substrates increased stability.

In the Ceramic Laser Copy System, the ordinary toner is replaced by one based on mineral oxides. After the application of a lacquer (Covercoat), the prints are permanently fixed by being fired between 750° – 1000°C. In order to increase image definition by lateral diffusion of the pixels, we carried out a series of systematic tests on adapting the composition of Covercoat. These prints were produced on enamelled porcelain substrates, enamelled faience and sapphire crystal (cf. P-07 p. 26).

Laser engraving technology is based on the sometimes violent ejection of material achieved by focusing a laser beam on a surface. Like engraving on metal, laser engraving of ceramic materials in their different states² (unfired, bisque, enamelled, decorated) provides numerous possibilities for ornamentation. Two main avenues were explored over the course of the project. First, we performed a series of experiments with a laser normally used for cutting card, plastic etc. During this research, we found that the material became hot and evaporated like plasma through absorbing the laser's energy. Consequently, not only does an area become thermally altered, but also the precision of the engraving is adversely affected. These tests were studied under the scanning electron microscope in order to observe disparities in relation to the parameters of the engraving. After noticing visible fissures along the length of each engraved line, due to the thermal shock provoked by rapid cooling after the laser passed, further research was undertaken into so-called athermal laser engraving. Such engraving is produced by using extremely short laser pulses that do not heat the surrounding material. Femtosecond engravings³ were subsequently carried out at the Haute École Arc (HE — Arc) in La Chaux-de-Fonds. These two series of tests were characterized using a scanning electron microscope (SEM). In conclusion, we can see that the quality of the ablation and the volume of material removed are dependent on the density of the base material and its surface quality, as well as on the characteristics of the laser beam, namely, its wavelength and the duration and power of the pulse.

With Physical Vapor Deposition (PVD) technology⁴ a covering of thin films, of about one micron in thickness, made of diverse materials, is vaporized on objects (cf. p. 37). This coating treatment can therefore alter the appearance of surfaces while retaining the mechanical finishes of the base substrates (polished, satin, etc.). Three types of supports formed the basis for these tests: ceramic materials, silicon wafers and sapphire. First, a photoresist film was applied to these substrates and then the ceramic material was vaporized onto the silicon wafers and the sapphire crystal. Finally, metal (silver and aluminium) was vaporized onto the enamelled and non-enamelled small ceramic plates. These tests showed that using a Joule effect evaporation machine is not wise. Ideally, these coatings should be deposited with a machine equipped with an electron gun, more suited to attaining the high fusion points required for ceramic vaporization.

C.

Characterizing the substrates produced

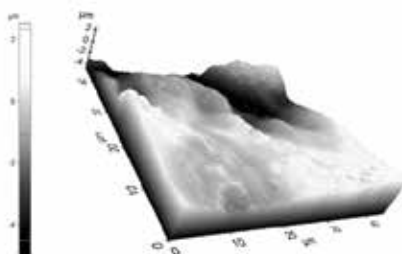
Surface characterization using the technical apparatus available at Hepia — Genève makes it possible to document the textures and morphologies obtained using this serendipitous approach at the conjunction of ceramic art and technology. The surfaces were observed optically, with the scanning electron microscope, or by atomic force microscopy.

Atomic force microscopy (AFM) can be used to quantify the topography through high precision measurement of the elevations by scanning a point on a surface fragment. The figure below shows the topographic measurement of a silicon dioxide SiO_2 substrate with a sandstone coating deposited by the PVD (Physical Vapor Deposition) process.

The surface's visual and sensory aspect is thereby quantified and this investigation describes a surface obtained by the original use of PVD for the deposition of sandstone. Quantitative analysis was also carried out using interferometric microscopy in order to cover larger areas. The physical principles of these measurements are complementary and permit optimal characterization, depending on the type of topography.

The scanning electron microscope (SEM) produces qualitative surface images. In the case of ceramics, there is the added constraint of having to render the surface electronically conductive in order to evacuate the electrons produced by the scanning. A thin gold film deposited by evaporation performs this function. The great depth of the images allows a thorough documentation of the morphologies and the lateral extent of the areas investigated, as well as observation and high-resolution documentation of local topographic features such as fissures resulting from states of stress, flaking, local precipitates, etc.

Traditional optical microscopic observation is sometimes sufficient to document straightforward investigative work. For example, in the case of laser printing, it proved possible to demonstrate that there was no lateral diffusion of the oxide pixels with the different thermal treatments explored.



Conclusion

The results of this studio - and laboratory-based research require that we take into account the notions of chance and surprise. Such unforeseen developments constantly lead the experimentation into unexplored directions. In the particular case of this project, the invention of new combinations of raw materials and ceramic enamels was in constant flux. The fruits of these discoveries could find practical applications in the fields of fine watchmaking and jewellery and in the production of art and design objects. Furthermore, they are of course included in the Bachelor, Master and continued Education programmes in the aforementioned fields.

Numerous contacts within these professional sectors made it possible to verify their potential and to intensify research into targeted areas of these experiments. In the field of fine watchmaking, for example, the addition of different kinds of enamels to a high-tech ceramic (Zirconia) appears the most promising way forward, as it allows the combination of the precision, to within a micron, of Zirconia supports with the manual application of ceramic enamel (cf. ZE 01 - ZP 01 p.36). This process is therefore innovative insofar as it enables the production of unique high precision pieces in limited editions.

Through this semi-industrial output, this project reveals the potential for cooperation between engineering and artistic fields, including ceramics, due to the knowledge of chemistry gained concerning interactions between mineral materials. As was described in the introduction, research into ceramic materials makes it still possible even today to invent new substrates and to expand the range of visual and sensory possibilities for surfaces and forms. The *GraphicCeram* project, through its experimental and technical approach, innovates by combining artistic crafts with high technology.

1. The term "enamel" generally refers to mineral compositions, such as silica and oxides, which create a layer of glass on a clay or metal surface.
2. Ceramic production has highly distinct stages: first, the shaping of the damp clay (modelling) or pouring of liquid clay (slip), then drying, followed by the bisque firing (at 980°C) which is often followed by enamel firing (1000°C – 1280°C) and finally a repeat firing after the addition of painted decoration, printed designs, gold etc. (in principle between 750° and 950°C).
3. A picosecond is equal to 10^{-12} of a second = a trillionth of a second. A femtosecond is equivalent to 10^{-15} second = a quadrillionth of a second.
4. The PVD experiments were carried out by Karim El Mellouli in the course of his Bachelor of Arts' thesis under the direction of Prof. Dr. Eric Rosset, Hepia — Genève.

Le projet de recherche GraphicCeram a été déposé en 2011 par le Centre d'expérimentation et de réalisation en céramique contemporaine (CERCCO) de la Haute école d'art et de Design (HEAD — Genève), l'Institut des Sciences et Technologies Industrielles (inSTI) et le groupe Matériaux et Nanotechnologies et Conception Microtechniques (MNCM) de la Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève (Hepia — Genève). Il a été financé par le Fonds stratégique de la Haute école spécialisée de Suisse occidentale (HES-SO), le Réseau de compétence design arts visuels (RCDAV) et MaCHoP (Matériaux, conception, horlogerie et productique).

Équipe de recherche

Magdalena Gerber, Designer céramique, MAS Art | Design & Innovation, CERCCO — HEAD — Genève, cheffe de projet
Prof. Dr Eric Rosset, Ing EPFL mat, tribologue, Hepia — Genève, co-responsable
Marco Borraccino, Designer horloger, chargé de cours, HEAD — Genève
Chloé Peytermann, Designer céramique, assistante de recherche, HEAD — Genève
Adrien Rumeau, Designer céramique, assistant de recherche, HEAD — Genève
Guillaume Balser, Ingénieur HES-MSE Microtechnique, assistant Hepia — Genève
Mehdi Bakir, Diplômant BA Microtechnique, Hepia — Genève
Karim El Mellouli, Diplômant BA Microtechnique, Hepia — Genève

Remerciements

Jean-Pierre Greff, Philippe Barde, Elizabeth Fischer, Lysianne Lécho Hirt et Anne-Catherine Sutermeister, HEAD — Genève ; Manuel Emch, Romain Jérôme SA ; Vincent Kaufmann, Vacheron Constantin SA ; Nicolas Mertenat, Omega SA ; Paul Vahlé, Bangarter SA.

Impressum

Éditeur : Haute école d'art et de design — Genève
Directeur de la publication : Jean-Pierre Greff
Coordination éditoriale : Magdalena Gerber
Texte : Magdalena Gerber avec la participation de Eric Rosset
Relecture : Anne-Catherine Sutermeister, Claude Gaume et Amel Debbah
Traduction : Deborah Fiette
Conception graphique : Manon Mello
Crédits photographiques : HEAD — Genève / Baptiste Coulon et Sandra Pointet
Photolitho : RS Solutions, Carouge
Impression : ATAR Roto Presse SA, Genève
Achévé d'imprimer juillet 2014 à Genève, à 600 exemplaires
Éditeur : HEAD — Genève, Boulevard James Fazy, CH — 1201 Genève,
+41 (0)22 388 51 00, www.head-geneve.ch
© Haute école d'art et de design — Genève, 2014

Titres parus dans la collection Issue depuis 2011

N°16 *MODE : DEMO — Lift Experience 2010*, Master Design Espaces & communication / Media Design, janvier 2011
N°17 *Le Musée d'art et d'histoire de Genève, la fête au futur*, Master Design Espaces et communication, février 2011
N°18 *Découvrir Annemasse*, Arts visuels, option art/media/, mai 2011
N°19 *Profils et projets / Profiles and Projects*, Recherche en art et en design / Art and Design Research, juin 2011
N°20 *Melissa + Head — Genève*, Design Mode, Accessoires et Bijou, juin 2011
N°21 *L'essai comme pratique artistique*, Arts visuels, octobre 2011
N°22 « *J'aime la typographie* », Jean François Porchez, Communication visuelle, janvier 2012
N°23 *Zone entropie — ce qui reste du monde*, Option Construction Art & Espaces, juin 2012
N°24 *L'esprit d'escalier*, Office cantonal de la population / laboratoire ALPes, octobre 2012
N°25 *La remise en jeu*, Master TRANS — Enseignement Médiation, Fonds Cantonal d'Art Contemporain, Villa Dutoit, mars 2013
N°26 *Vue sur la mer*, Master Arts visuels — WORK.MASTER, mai 2013
N°27 *Dip in Space, Salon international du meuble de Milan 2011*, Master Design Espaces et communication, Bachelor en Architecture d'intérieur et en Design Mode, septembre 2013
N°28 *Le prototype comme outil de transformation et de dialogue*, Ruedi Baur, Civic City, HEAD — Genève, Quartiers Créatifs, Marseille Provence, janvier 2014
N° 29 *Inverse Everything, Salon international du meuble de Milan 2012*, Master Design, Espaces et communication / Media Design, avril 2014

— HEAD
GENÈVE

— HEAD
GENÈVE

