

Impression sur verre, le processus de production à l'examen

■ JOHAN VAN HUNSEL ■

Pour la première fois depuis quatre ans, la conférence GlassPrint a de nouveau pu se tenir au printemps à Düsseldorf, après avoir été coorganisée tous les deux ans par l'ESMA et Glass Worldwide. GlassPrint 2023 a rassemblé en un même lieu les principaux fournisseurs de systèmes et chimies d'impression analogique et numérique du verre (verre plat et verrerie, ou *glassware*) et les délégations des différentes fédérations sectorielles de l'industrie verrière. Notre observateur de la technologie était présent et rend compte des évolutions technologiques dans le domaine de la décoration directe de la verrerie (gobelets, bouteilles, etc.).



L'impression sur verre, comme toute autre application, nécessite une connaissance préalable approfondie et une préparation de la surface à imprimer.

LE VERRE: UNE SURFACE QUI NE SE LAISSE PAS TOUJOURS AUSSI FACILEMENT DÉCORER

Comme pour toute autre application, l'impression du verre demande une solide connaissance préalable de la technique et une préparation adéquate de la surface à imprimer. Pour les applications de verrerie, on emploie la plupart du temps du verre sodocalcique bon marché, dont la surface aura été revêtue en cours de fabrication d'un certain nombre d'apprêts supplémentaires.

Une première étape consiste à appliquer un traitement de surface aux récipients tout juste formés et encore très chauds (hot-end coating, HEC) par dépôt chimique en phase vapeur d'un composé métallique. Le traitement de surface HEC est basé sur un précurseur contenant de l'étain, du titane ou un autre composé organométallique thermodégradable. Il en résulte une couche d'oxyde métallique extrêmement fine et uniforme, qui constitue la base d'un deuxième revêtement, appliqué à froid (cold-end coating, CEC). Après le traitement de surface HEC, l'article de verrerie passe dans un four spécial, dit four de recuit. Ce dernier est spécialement conçu pour refroidir la verrerie de manière contrôlée, un processus qui réduit les tensions internes, augmentant ainsi la longévité du verre. À la fin de ce processus de refroidissement, le traitement de surface CEC est appliqué

par nébulisation. Selon l'application finale du récipient en verre, cette couche CEC est constituée d'un mélange d'acides gras à longue chaîne ou de cire de PP ou PE. Le CEC réduit la résistance au glissement (coefficient de frottement) de la surface (contacts verre contre verre) afin d'éviter les éraflures ou le risque de bris en cas de contact entre les récipients pendant le processus de fabrication.

Pour une décoration analogique ou numérique de la verrerie, il y a lieu d'éliminer préalablement ce revêtement CEC organique. Ce qui se réalise par flammage, c'est-à-dire l'exposition de l'objet en verre à la flamme pendant un bref moment (quelques secondes), mais à une température suffisamment élevée (typiquement entre 800 et 1 000 °C). Selon la composition de la couche CEC, le même résultat peut – du moins partiellement – s'obtenir en lavant les objets dans une solution chaude d'eau savonneuse. La surface du verre peut ensuite éventuellement être dotée d'un revêtement durcissable, comme couche réceptrice d'une sérigraphie décorative (encres solvantées), par exemple.

Dans le cas d'une décoration numérique directe de verrerie par jet d'encre UV, on vise généralement à obtenir une adhésion optimale des encres organiques sur la surface du verre en ajoutant un organosilane à la flamme, ce qui la fait immédiatement changer de couleur (rouge plutôt que bleue). La cendre de ce composé silane se dépose à la surface du verre comme un SiO_x amorphe (épaisseur typique de couche de 20-40 nm), qui augmente l'énergie de surface et la microrugosité. Le procédé Pyrosil (inventé et breveté par Sura Instruments) est bien connu dans l'industrie verrière, mais d'autres méthodes dérivées similaires (en plusieurs étapes) peuvent être utilisées, par exemple, UVitro, de la société Isimat (voir Fig. 1).

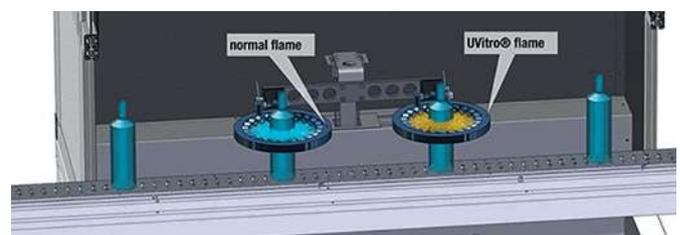


Fig. 1: Procédé de flammage en deux étapes UVitro d'Isimat

Le décapage du revêtement CEC organique a pour effet d'exposer la surface naturelle et très hygroscopique du verre sodocalcique, éventuellement recouverte d'une mince couche de silicate inorganique. Si la surface du verre reste exposée à l'environnement pendant un certain temps, elle se couvre très rapidement d'un film d'eau d'épaisseur moléculaire, qui forme, pour ainsi dire, un tampon entre la surface du verre et l'environnement (voir Fig. 2). Cette couche attire aussi beaucoup de poussière (organique) ambiante. Si l'on veut décorer des objets en verre par sérigraphie ou jet d'encre, il convient de le faire directement après le flammage, ou sinon d'éliminer efficacement la couche d'eau et de poussière présente juste avant la décoration.

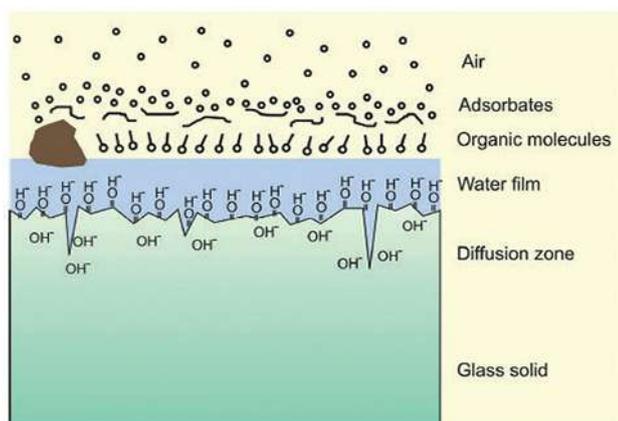


Fig. 2: Chimie de surface d'un verre sodocalcique

Cette opération peut généralement se réaliser par un nettoyage de la surface du verre à l'isopropanol (IPA), par exemple, étape qui sera suivie d'une application ou pulvérisation d'un promoteur d'adhérence ou d'un primaire liquide à base de solvant. Celui-ci contient typiquement un composé silane qui adhère à la surface du verre ainsi qu'un ou plusieurs autres groupes qui favorisent l'adhésion de l'encre. S'il est prévu d'utiliser des encres (jet d'encre) UV, il s'agira de préférence d'un groupe acrylate (ou d'un autre groupe à double liaison), grâce auquel les composés durcissables par UV de l'encre pourront former une liaison chimique une fois exposés à l'ultraviolet. Un composé fort utilisé pour ce faire est l'acrylate de 3-(triméthoxysilyl)propyle. Quelques exemples bien connus de tels prétraitements solvantés pour le verre sont: le Natron G1 Glass Primer de Boston Industrial Solutions, l'Iris Glass Primer de Stefan Fiedler Imaging et le GL Primer d'InkCups (avec comme composé actif annoncé sur son site le «2-Propanoic acid, 3-(triméthoxysilyl)propyl ester»). L'Américain InkCups propose notamment aussi sous le nom MagiCoat un primaire bicomposant alternatif en phase aqueuse avec comme composant actif le 3-aminopropyltriéthoxysilane (donc, sans groupe acrylate).

Dans les systèmes de décoration numérique directe d'objets en verre, la dépose du primaire s'effectue généralement en ligne (après flammage en ligne ou hors ligne de la surface), ce pour quoi des primaires (transparents ou blancs) pour verre durcissables par UV sont aujourd'hui disponibles. Un certain nombre de primaires numériques «tiers» sont également proposés dans le commerce, dont le Natron JP254 Primer de Boston Industrial Solutions (uniquement compatible avec les têtes Gen 4 et Gen 5 de Ricoh) et différents primaires fabriqués «sur mesure» selon l'applica-

tion et les paramètres du système, notamment par les fabricants Mankiewicz, Marabu (primaire P5) et Encres Dubuit.

DÉCORATION NUMÉRIQUE DIRECTE DE LA VERRERIE

Diverses technologies (analogiques et numériques) sont souvent appliquées en ligne pour la décoration de récipients en verre (verrerie), et certainement dans le segment haut de gamme du marché (où l'on parlera plus volontiers de «customisation de masse» que de «personnalisation» (voir Fig. 3)).

Alors que des entreprises telles qu'InkCups, LSINC, Machines Dubuit, Dekron (ex-Till et filiale de Krones depuis 2018), Hinterkopf et aussi Velox construisent des systèmes exclusivement dédiés à la

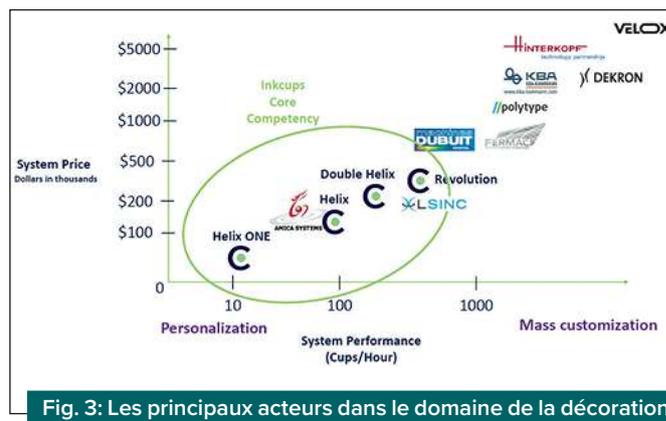


Fig. 3: Les principaux acteurs dans le domaine de la décoration numérique de récipients en verre et en plastique (source: présentation de Bobby Grauf (InkCups) à GlassPrint 2023).

décoration numérique d'objets en verre par le procédé jet d'encre UV (avec un traitement de surface préalable effectué en ligne ou non), d'autres acteurs comme Fermac, Koenig & Bauer – Kamman et ISIMAT (filiale de Kurz Group depuis 2017) proposent des configurations complètes dites «hybrides», impliquant un prétraitement en ligne de la verrerie, l'application éventuelle d'éléments en relief ou tactiles par jet d'encre UV, et la décoration par une combinaison de sérigraphie (rotative), tampographie, jet d'encre et/ou dorure analogique/numérique (à chaud/à froid).

SYSTÈMES D'ENTRÉE/MILIEU DE GAMME

Le Tableau 1 reprend les différents systèmes d'entrée ou milieu de gamme pour la décoration numérique directe de verrerie (avec leurs caractéristiques) des sociétés InkCups et LSINC. Ces systèmes permettent de prétraiter et d'imprimer un seul ou plusieurs récipients en même temps. Le Revolution d'InkCups est un système «milieu de gamme» doté d'un carrousel à 12 mandrins pouvant prétraiter simultanément jusqu'à 12 récipients (flammage, et traitement plasma et corona si nécessaire) et de les imprimer. Tous ces systèmes appliquent le principe de l'impression CMJN «héliocoidale» en plusieurs passages pour chaque poste (inventé et breveté par InkCups selon son site Web).

Le Tableau 2 reprend les deux systèmes d'entrée ou milieu de gamme pour la décoration numérique directe de verrerie (avec leurs caractéristiques) de la société Machines Dubuit. S'il a été prétendu à GlassPrint 2023 que la société sœur Encres Dubuit dispose aujourd'hui aussi d'un primaire numérique, celui-ci n'apparaît pas dans l'assortiment présenté sur le site de cette entreprise.

	InkCups Helix ONE	Inkcups (Double) Helix	InkCups Revolution	LSINC Perivallo 360m	LSINC PeriQ 360	LSINC PeriOne
Convient pour les récipients coniques (angle max. (°))	Oui (+7°/-7°)	Oui (+7°/-7°) (en option +8,5°/-8,5°)	Oui (-10°/+10°)	Oui (+30°/-30°)	Oui (+10°/-2°)	Oui (+10°/-2°)
Diamètre min. et max. (mm)	45 - 120	51 - 114 (en option 38 - 127)	63 - 115	19 - 139	38 - 114	38 - 152
Longueur d'image max. (mm)	220	220	220	406	406	457
Nombre de récipients pouvant être traités et imprimés simultanément (=nombre de postes)	1	1 (Helix) ou 2 (Double Helix)	12	1	4	1
Impression en un seul (SP) ou plusieurs passages (MP) ?	MP	MP	MP	MP	MP	MP
Avec prétraitement en ligne ?	Oui : en option primaire UV P***	Oui : en option traitement plasma ou corona en ligne + option primaire UV P***	Oui : flammage/plasma et/ou corona en ligne + primaire UV P***	Oui (primaire UV P)	Oui (primaire UV P)	Oui (primaire UV P)
Nombre de couleurs max.	7 (CMYKWWV ou PCMYKWW)*	7 (CMYKWWV ou PCMYKWW)* [+ 2 (Ic + Im) sur Helix Hi-Fi]	7 (PCMYKWW)*	7 (PCMYKWW)*	7 (PCMYKWW)*	7 (PCMYKWW)*
Tête jet d'encre (type)	? (tête 3 pl)	Ricoh Gen5 (MH5440)	Ricoh Gen5 (MH5440)	Ricoh Gen4 (MH2420) (moteur JetINX)	Ricoh Gen4 (MH2420) (moteur JetINX)	Ricoh Gen4 (MH2420) (moteur JetINX)
Fournisseur des encres	? (série LV)	? (série DL)	? (série DL)	INX Sakata	INX Sakata	INX Sakata
Productivité max. (objets/minute) ** pour une longueur d'image de 10 cm sur une bouteille de type bordeaux	?	5 (Helix) – 10 (Double Helix)	600 (avec automatisation)	2,9**	19**	4,7**
Séchage LED UV ?	Oui (polymérisation intermédiaire + séchage final)	Oui (polymérisation intermédiaire + séchage final)	Oui (polymérisation intermédiaire + séchage final)	Oui (polymérisation intermédiaire + séchage final)	Oui (polymérisation intermédiaire + séchage final)	Oui (polymérisation intermédiaire + séchage final)
Possibilité d'effets tactiles (par impression relief de vernis) ?	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

* : C = cyan, M=magenta, Y=jaune, K=noir, Ic=cyan clair, Im=magenta clair, W=blanc, V=vernis, P=primaire

*** : XF Primer d'InkCups

Tableau 1: les systèmes d'entrée/milieu de gamme d'InkCups et LSINC pour la décoration numérique directe de la verrerie.



Fig. 4: Système PeriQ 360 de LSINC.



Fig. 5: Système Revolution d'InkCups.

	Machines Dubuit MD 9450 Sil	Machines Dubuit MD 9360 Sil
Convient pour les récipients cylindro-coniques (angle max. (°))	Oui (-5°/+7°)	Oui (-5°/+5°)
Diamètre min. et max. (mm)	19 - 120	54 - 80
Longueur d'image max. (mm)	(info non disponible)	210
Nombre de récipients pouvant être traités et imprimés simultanément (=nombre de postes)	4	20
Impression en un seul (SP) ou plusieurs passages (MP) ?	MP	MP
Avec prétraitement en ligne ?	Oui : traitement plasma ou corona intégré	Oui : traitement plasma ou corona intégré
Nombre de couleurs max.	5 (CMYKWV)*	7 (CMYKWV + couleur supplémentaire en option)*
Productivité max. (objets/minute)	800	(info non disponible)

hors machine, selon la nature et les propriétés de la surface à imprimer. Koenig & Bauer – Kamman propose ainsi une station de flammage Pyrosil intégrée (flammage annulaire, voir Fig. 1) sous le nom K31 A-XS.

Hinterkopf propose de tels systèmes à respectivement 24, 32, 40 et 48 mandrins, pour respectivement 12, 16, 20 et 24 stations. Portant respectivement la référence D120, D240, D360 et D480, ceux-ci offrent une

productivité maximale de 240 articles par minute. Ils conviennent uniquement pour la décoration numérique directe de récipients cylindriques par jet d'encre. En plus des CMJN, le D480 peut aussi imprimer l'orange, le vert, le violet, deux fois le blanc et deux fois un vernis sélectif, et il embarque en outre une unité anilox pour l'application d'une couche de préparation ou de finition.

Outre ces systèmes à carrousel circulaire, Fermac propose aussi des modèles d'entrée de gamme à architecture linéaire (gamme FLEX), qui ne peuvent imprimer qu'un seul récipient à la fois, avec un maximum de 8 postes. Ils peuvent en comporter jusqu'à 8 de sérigraphie (encres céramiques) ou d'impression jet d'encre UV (primaire + blanc + CMJN + ton direct supplémentaire + vernis).

Velox a en revanche opté pour une tout autre approche. Sous la dénomination DTS (Direct-to-Shape), ce constructeur propose une architecture système très différente pour l'impression de récipients: ceux-ci passent en groupe dans les postes successifs desservis par un carrousel oblong. Dans sa gamme IDS, l'entreprise commercialise différents systèmes comportant jusqu'à 15 postes de traitement et d'impression (jet d'encre), pour une productivité qui peut atteindre 250 articles par minute. À noter que Velox met aujourd'hui surtout l'accent sur l'impression de contenants métalliques (canettes de bière et vaporisateurs).

La Fig. 8 recense les systèmes de la société Dekron pour la décoration numérique directe par jet d'encre UV de récipients à boisson en verre ou en plastique. Cet assortiment comporte aussi bien des configurations d'entrée de gamme, destinées au prototypage ou à la réalisation d'épreuves, que des systèmes de production effective en série. Le prétraitement nécessaire s'effectue hors machine ou sur un équipement tiers connecté. On remarque immédiatement

Tableau 2: les systèmes d'entrée/milieu de gamme de Machines Dubuit pour la décoration numérique directe de la verrerie.

SYSTÈMES HAUT DE GAMME

Presque tous les systèmes haut de gamme destinés à la décoration numérique directe de la verrerie ont pour caractéristique commune l'utilisation d'un carrousel circulaire comportant différents mandrins pouvant supporter chacun un récipient et associés au nombre nécessaire de postes de pré/post-traitement et d'impression analogique/numérique (voir Fig. 6). Il n'y a aussi en général qu'une seule couleur par station d'impression et celle-ci se fait typiquement en un seul passage (single-pass, SP). Une unité de séchage UV (LED) est intercalée après chaque station. Ces systèmes conviennent en général pour l'impression de récipients métalliques, en plastique ou en verre, le prétraitement de surface requis étant opéré en ligne, ou

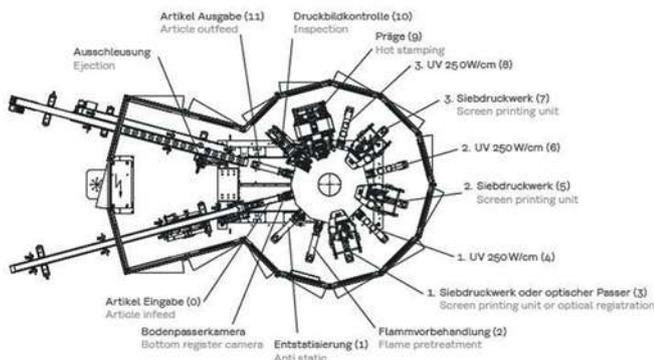


Fig. 6: Le système K15 de Koenig & Bauer – Kamman pour la décoration (numérique) directe de récipients: une configuration à carrousel dans laquelle les articles supportés par des mandrins défilent devant diverses stations successives de traitement et d'impression.



Fig. 7: Système FLEX JetArt F4200N de Fermac (8 stations jet d'encre) avec flammage Pyrosil UVTREAT intégré.

	DecoType Compact	DecoType Lab	DecoType Select	DecoType Performance
				
Output range	Up to 5,000 containers per hour	Up to 120 containers per hour	Up to 24,000 containers per hour	Up to 36,000 containers per hour
Container type	Cylindrical containers	Cylindrical containers	Cylindrical containers specially shaped containers	Cylindrical containers
Container material	PET, glass	PET, glass	PET, HDPE	PET, glass
Colour area	 CMYK + white Spot colour + varnish	 CMYK + white Spot colour + varnish	 CMYK + white spot colour	 CMYK + white Spot colour + varnish
Print height	190 mm	190 mm	205 mm	190 mm
Printing technology	Drop-on-demand inkjet technology	Drop-on-demand inkjet technology	Piezoelectric ink-jet technology	Drop-on-demand inkjet technology
Print resolution	360 dpi	360 dpi	360 dpi	360 dpi
Application	Beverage	Beverage	HPC (home and personal care)	Beverage

Fig. 8: Les systèmes de Dekron pour la décoration numérique directe de récipients en verre ou en plastique.

que l'impression ne peut s'effectuer que sur des récipients cylindriques ou sur la partie cylindrique des bouteilles (de bière ou de vin). Il est important de mentionner dans ce contexte que Dekron est le partenaire clé du groupe de brasserie international AB InBev (qui a son siège à Louvain) dans le projet d'usine Tattoo Alpha Plant à Haasrode, avec l'installation d'un système DecoType Performance (en service depuis 2021, voir Fig. 9).

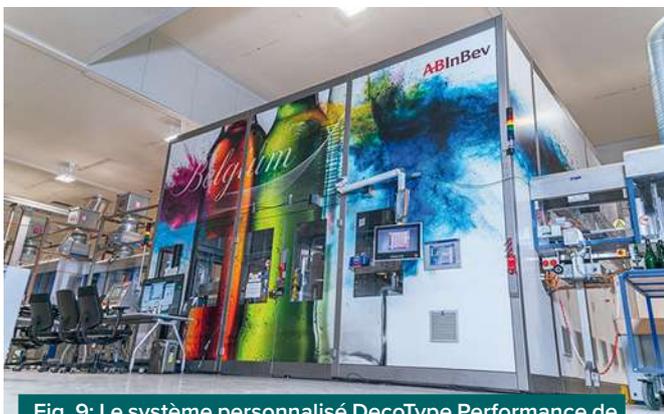


Fig. 9: Le système personnalisé DecoType Performance de Dekron à l'usine Tattoo Alpha Plant d'AB InBev à Haasrode pour la décoration numérique directe de récipients en verre.

Les champions absolus sur le plan des systèmes intégraux polyvalents dédiés à la décoration numérique directe de verrerie sont Fermac, Koenig & Bauer – Kamman et ISIMAT. Les systèmes de ces fournisseurs sont, par définition, réalisés sur mesure. Fig. 6 montre une version spécifique vue d'en haut du système K15 de Koenig & Bauer – Kamman, intégrant une station de flammage (Pyrosil), divers postes de sérigraphie et un de marquage à chaud (hot foil stamping), mais où auraient également pu figurer une ou plusieurs unités d'impression jet d'encre UV. Koenig & Bauer – Kamman est engagé dans un partenariat avec Marabu concernant l'impression en relief (3D) d'éléments d'image tactiles avec un vernis spécialement mis au point à cet effet.

À côté de ses systèmes FLEX (Fig. 7), Fermac propose aussi un large assortiment de configurations à architecture circulaire, avec aussi bien des hybrides (jusqu'à 10 postes, dont un maximum de 7 stations

de sérigraphie ou d'impression jet d'encre (primaire + blanc + CMJN + vernis) et max. 2 unités de dorure) que des systèmes exclusivement numériques (gamme JetArt FXX, jusqu'à 7 postes). Un membre particulier de la famille JetArt FXX permet d'appliquer jusqu'à 14 couches de vernis à l'aide de deux stations d'impression jet d'encre UV pour la création d'éléments d'image tactiles, en relief. Le partenaire attiré de Fermac pour les encres est Mankiewicz. Fermac semble être le seul à proposer aussi bien un blanc à opacité élevée qu'un primaire UV numérique transparent pour la décoration du verre, ce qui est fort intéressant pour certaines applications.

ISIMAT, enfin, commercialise son système TH9 (voir Fig. 10) comportant jusqu'à neuf postes, avec un choix de sérigraphie (conique), flexo, jet d'encre UV (y compris la pose d'un primaire UV numérique) et dorure (conique) (à l'aide du procédé de marquage à froid inLINE FOILING (DiF) inventé par le groupe Kurz). Les systèmes de sa gamme I-Series (jusqu'à 8 postes et 80 récipients par minute) peuvent aussi être équipés des stations d'impression jet d'encre UV souhaités.



Fig. 10. Système TGH9 d'ISIMAT.

NOUVELLES ÉVOLUTIONS TECHNIQUES INTÉRESSANTES

À la dernière conférence GlassPrint ayant précédé la pandémie de Covid (2019), la société Chemstream a présenté une nouvelle classe de promoteurs d'adhérence à base de silanes pour primaires, encres et vernis UV. Ces nouveaux promoteurs d'adhérence devraient rendre possible la formulation d'une encre ou d'un vernis UV pouvant adhérer directement (après flammage Pyrosil) à une surface en verre. On ne sait pas clairement si ces nouveaux composés ont déjà trouvé grâce aux yeux des principaux fournisseurs d'encres UV (numériques) pour l'impression de verre plat ou de verrerie.