



Mise en place et caractérisation d'un véhicule test pour le suivi et l'optimisation de procédé des crèmes à braser

Aurélien Gil

► To cite this version:

Aurélien Gil. Mise en place et caractérisation d'un véhicule test pour le suivi et l'optimisation de procédé des crèmes à braser. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2016. <hal-01546922>

HAL Id: hal-01546922

<https://laas.hal.science/hal-01546922v1>

Submitted on 26 Jun 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Mise en place et caractérisation d'un véhicule test pour le suivi et l'optimisation de procédé des crèmes à braser

LAAS-CNRS

Licence professionnelle CPSE

Auteur : Aurélien Gil

LAAS - CNRS

Promotion 2015-2016

I. Remerciements

Je tiens dans un premier temps à remercier toute l'équipe pédagogique et les intervenants de la Licence Professionnelle Conception et Production de Systèmes Electroniques, pour avoir assuré la partie théorique de ma formation.

Je remercie également Marc Alary et Philippe Menini pour l'aide et les conseils concernant le projet.

Je remercie de même mon tuteur de stage Ali Boulkabache.

Je remercie Hugues Granier, responsable de service « TEAM », de m'avoir accueilli au sein de son service.

Je tiens à remercier tout particulièrement Samuel Charlot, ingénieur études au sein du LAAS - CNRS et maître d'apprentissage qui m'a accueilli, formé et suivi au cours de ma formation. Je tiens à le remercier pour la confiance qu'il m'a accordée, pour le temps consacré tout au long de cette année, pour chacune des réponses qu'il a apportées toutes mes interrogations, pour son implication dans l'élaboration de ce rapport.

De façon plus générale, je remercie toute l'équipe TEAM pour son aide, son accueil et les soutiens techniques dont j'ai bénéficié tout au long de mon stage.

Table des matières

I. Remerciements	2
I. Introduction	6
a. Entreprise	7
1. CNRS (Centre National de la recherche scientifique)	7
2. LAAS (Laboratoire D'Analyse et d'architecture système)	7
3. Présentation du service	7
4. Maître d'apprentissage	8
II. Présentation du sujet	8
III. Objectifs	8
Planning prévisionnel	10
IV. Présentation du matériel	11
a. Les crèmes à braser	11
1. DMH 0524	11
2. Ecorel free 305-21	11
3. Ecorel Free LT 140-18	11
b. Le viscosimètre	11
c. L'équipement de sérigraphie	11
d. Le four de refusion	12
e. Véhicule test de 1ère génération	13
f. Les moyens de contrôle	13
4. Microscope à balayage optique	13
g. Environnement	14
V. Taches préliminaire.	14
a. Formation	14
b. Défauts apparents	14
c. Calcul du démoulage du pochoir de sérigraphie	15
VI. Tests préliminaires	16
a. Test de viscosité	16
1. Paramétrage du viscosimètre	16
b. Passage en sérigraphie	16
c. Vérification du moyen de contrôle	17
2. Microscope optique à balayage	17
3. Mesure d'une bille	17
4. Mesure d'un dépôt de crème	19
d. Report de composant	19
e. Profil de refusion	20
VII. Déroulement de l'étude	20

VIII. Mise en place de l'étude	20
a. Plan fractionnaire de Tagushi	21
b. Optimisation des paramètres	21
c. Pré-série	21
IX. Test électrique	22
X. Crème DMH 0524 - Crème Thalès Alenia Space	22
a. Test de viscosimétrie	22
1. Résultats	22
b. Plan fractionnaire de Tagushi	22
2. Résultats	23
3. Interaction	23
4. Interprétation	23
c. Optimisation des paramètres DMH 0524	24
5. Résultats	24
6. Interprétation/paramètres finaux	24
d. Pré série DMH 0524	24
e. Préconisation crème DMH 0524	25
XI. Crème 305-21	25
a. Test de viscosité	25
1. Résultats	25
b. Plan fractionnaire 305-21	26
1. Recommandation INVENTEC	26
2. Calcul racle de 200mm	26
3. Mise en place niveau des paramètres	26
4. Résultats	27
5. Interaction	27
6. Interprétation	28
c. Vérification des paramètres des paramètres 305-21	29
7. Résultats	30
8. Interprétation / paramètres finaux	30
d. Pré-série 305-21	30
e. Préconisation 305-21	31
XII. Conclusion	31
Annexe 1 - Glossaire	32
Annexe 2 – Organigramme service « TEAM »	33
Annexe 3 - Mobile viscosimètre	34
Annexe 4 – Fiche technique crème DMH 0524	35
Annexe 5 – Fiche technique Ecorel free 305-21	36
Annexe 6 – Fiche technique Ecorel free LT 140-18	37
Annexe 7 – Sérigraphie DEK horizon 01	38

Annexe 8 - Résultat plan d'expérience DMH 0524 (en μm) _____ **39**

Annexe 9 – Résultat plan d'expérience LT Ecorel 305-21 (en μm) _____ **40**

I. Introduction

Dans le cadre de la Licence Professionnelle Conception et Production de Systèmes Electroniques, j'ai effectué des périodes d'alternance au sein du laboratoire CNRS-LAAS. Soit au final, 3 grandes périodes de 8 mois au total. Voici la synthèse des travaux effectués.

Pour mener à bien mon projet, je me suis appuyé sur mes connaissances préalables dans le domaine de l'assemblage électronique, sur des formations suivies et sur des conseils que j'ai pu avoir au sein du laboratoire.

Ces travaux ont pour objectif l'étude, la mise en place, la réalisation ainsi que les expérimentations menées sur des véhicules de tests suivant un cahier des charges bien précis, de diverses crèmes à braser utilisées par différents industriels. Ce rapport en est la synthèse. L'utilisation et le comportement rhéologique et électrique de ces différentes pâtes feront l'objet de la conclusion. On pourra dès lors poursuivre un projet plus vaste portant sur l'élaboration d'une nouvelle pâte.

La démarche suivie :

- L'étude rhéologique et comportementale des pâtes s'est effectuée essentiellement sur les procédés de sérigraphie et de brasage des composants.
- Après montage des composants sur des cartes adaptées, des tests électriques ont été effectués sur les véhicules testés pour analyser le comportement des crèmes après brassage.
- Mise en évidence les facteurs influant concernant les procédés de sérigraphie et de brasage.

a. Entreprise

1. CNRS (Centre National de la recherche scientifique)

Le CNRS est le plus grand organisme public français de recherche scientifique. Juridiquement, c'est un établissement public à caractère scientifique et technologique (EPST). Il est placé sous la tutelle administrative du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

Fondé le 19 octobre 1939 pour « coordonner l'activité des laboratoires en vue de tirer un rendement plus élevé de la recherche scientifique », le CNRS fut réorganisé après la Seconde Guerre mondiale et s'orienta alors nettement vers la recherche fondamentale.

Le CNRS comporte 10 instituts.

Institut des sciences biologiques (INSB)

Institut de chimie (INC)

Institut écologie et environnement (INEE)

Institut des sciences humaines et sociales (INSHS)

Institut des sciences de l'information et de leurs interactions (INS2I)

Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (INSIS)

Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions (INSMI)

Institut de physique (INP)

Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3)

Institut national des sciences de l'univers (INSU)

2. LAAS (Laboratoire D'Analyse et d'architecture système)



Le LAAS-CNRS est un laboratoire du CNRS (Centre National de la recherche scientifique). Le laboratoire a été fondé en 1968 sous le nom de « Laboratoire d'automatique et de ses applications spatiales ». Il est situé au complexe spatial de Lespinet, à Toulouse. L'activité principale et la recherche en sciences et technologies de l'information et de la communication avec une vision système intégrative dans quatre grands domaines :

- Les micros et nano systèmes
- L'automatique et le traitement du signal
- Les systèmes informatiques critiques
- La robotique et l'intelligence artificielle

700 chercheurs et enseignants-chercheurs et 20 groupes de recherches y travaillent.

Le LAAS appartient au groupe RENATECH (Réseau national des grandes centrales de technologie). Celui-ci regroupe de nombreux laboratoires en France.

3. Présentation du service

Le service dans lequel je suis affecté est le service « TEAM » (Techniques et Equipements Appliqués à la Microélectronique) dont le responsable est Hugues Granier. L'effectif de ce service est de 37 personnes. (Voir annexe 2, page 34)

Ce service est en charge de la plateforme micro et nano technologique au sein du laboratoire. Elle vient en soutien aux équipes de recherche et le service est en charge du développement de la plateforme.

La plateforme est constituée de 13 sections qui vont de la création de masques à la caractérisation du système final.

4. Maitre d'apprentissage

Mon maître d'apprentissage est Samuel Charlot, ingénieur- étude au sein du LAAS – CNRS. Il est responsable de la section « packaging » qui regroupe les zones intégration et assemblage.

II. Présentation du sujet

Depuis le 1er juillet 2006, tout nouveau produit mis sur le marché dans l'Union européenne, qu'il soit importé ou fabriqué dans l'Union, doit être conforme à la directive européenne RoHS (2002/95/CE) qui vise à limiter l'utilisation de six substances dangereuses : le plomb, le mercure, le cadmium, le chrome hexavalent, les polybromobiphényles (PBB) et les polybromodiphényléthers (PBDE). RoHS signifie « Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment », c'est-à-dire « restriction de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques ».

La réduction du plomb concerne au premier chef les fabricants de matériel électronique. Ils doivent remplacer l'alliage de brasage actuel (riche en plomb) par un autre type d'alliage. Les alliages alternatifs les plus répandus utilisent l'étain (Sn), l'argent (Ag) et le cuivre (Cu), appelé également alliage SAC. Ils fondent toutefois à une température plus élevée (jusqu'à 220°C) soit 30 à 35 °C de plus que l'étain-plomb (183°C, le plus utilisé avant la directive) ou l'étain-plomb-argent (179°C, communément utilisé par le spatial en Europe).

Mais l'utilisation de ce type d'alliage est source de nombreuses difficultés dans sa mise en place (problème de report, refusions, rupture de joint brasé, ...).

Le projet NANO auquel j'ai participé a pour objectif la mise en place d'un nouveau type d'alliage permettant de remplacer les crèmes à braser existantes et de résoudre les problématiques rencontrées. Afin de mener à bien ce développement, une étude préliminaire sur le comportement des pâtes à braser en générale est primordiale.

Dans ce cadre, nous travaillons avec 3 partenaires industriels travaillant avec les crèmes étudier lors de ce stage : CONTINENTAL AUTOMOTIVE Toulouse et THALES ALENIA SPACE assemblant des produits électroniques. INVENTEC fabricant de crème à braser.

Pour résumer, mon stage a porté sur l'étude comportementale de différentes crèmes à braser du commerce en fonction d'un cahier des charges bien précis et élaboré par nos partenaires industriels pour des besoins en carte électronique pour l'aéronautique.

Cette caractérisation s'est faite par :

- La mise en place de véhicule test suivant un cahier des charges bien précis.
- L'étude comportementale de la crème lors de la sérigraphie des cartes.
- La mise en place de protocoles de sérigraphie.

Toutes ces étapes ont permis de contrôler, expérimenter et donner un premier avis sur les propriétés rhéologiques des crèmes à braser d'INVENTEC, pour éventuellement valider un modèle de référence pour la suite du projet. En effet, les nouveaux alliages seront expérimentés suivant la même procédure et seront comparés à nos modèles initiaux.

Cette étude servira de soutien à la suite du projet afin de faire une comparaison entre les alliages d'INVENTEC et le produit en cours de développement.

III. Objectifs

Durant mon stage, mon travail a été de caractériser le comportement rhéologique ainsi que la brasure de différents types de crèmes à braser sur des substrats types. L'ensemble des données

donne lieu à une étude comparative des produits utilisés qui servira de base pour l'étude d'un nouveau produit en cours de développement.

L'étude des différentes pâtes se fera selon cette démarche :

- Réflexion et édition d'un cahier des charges.
- Mise en place de plusieurs versions de véhicules tests.
- Evaluation rhéologique des différentes crèmes à braser sur les véhicules de 1^{ère} génération.
- Optimisation et vérification du brassage.
- Mise en place de protocoles dans le report de crème sur les PCB.
- Tests mécaniques et électriques à effectuer sur les véhicules de tests de génération supérieure.

Ce stage est la 1^{ère} étape de l'étude sur le produit en cours de développement. Cette étape servira pour la suite du projet comme élément de comparaison le produit en étude et permettra une mise en place de futurs véhicules test.

Nota : Du fait du grand nombre de résultats lors de ce stage, il ne sera montré comme résultats que les plus pertinents et les plus représentatifs.

Planning prévisionnel

MOIS	Octobre	Novembre					Décembre					Mars				Avril				Juin/Juillet					Aout /septembre										
Semaine	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	10	11	12	13	14	15	16	17	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35							
formation salle blanche																																			
Formation sérigraphie																																			
Formation machine de caractérisation																																			
Mise en place protocole																																			
Vérification des moyens de contrôle																																			
Plan d'expérience DMH 0524																																			
Mise en place suite de l'étude DMH 0524																																			
Optimisation des réglage DMH 0524																																			
Pré-série DMH 0524																																			
Mise en place véhicule test - DMH 0524																																			
Plan d'expérience 305-21																																			
Mise en place suite de l'étude 305-21																																			
Optimisation des réglage 305-21																																			
Pré-série DMH 0524																																			
Plan d'expérience LT 140-18																																			
Rédaction du rapport																																			
	1ère période										2ème période										3ème période														



Tâche déterminante pour la suivante



Tâche indépendante



Point sur les avancées des travaux



Dépendance entre 2 tâches

IV. Présentation du matériel

a. Les crèmes à braser

Nous avons étudié le comportement de plusieurs pâtes à braser utilisées par nos partenaires industriels référencées comme ci- dessous :

- Une crème plombée (DMH 0524)
- Une crème RoHS (305-21)
- Une crème faible température (LT 140-18), (alternative plausible dans l'assemblage de carte électronique).

Ces 3 crèmes ont été choisies pour leurs différentes propriétés (influence du flux, de la température, de la viscosité, ...).

1. DMH 0524

Ce produit est une crème à braser plombée de chez INVENTEC. Ce produit est utilisé aujourd'hui par THALES AEROSPACE de Toulouse. La cadence de THALES AEROSPACE est faible et la politique RoHS ne s'applique pas au domaine du spatial pour le moment.

2. Ecorel free 305-21

Ce produit est une crème à braser sans plomb de chez INVENTEC. Ce produit est utilisé aujourd'hui par CONTINENTAL AUTOMOTIVE de Toulouse dans leur unité de production pour de grandes séries.

3. Ecorel Free LT 140-18

Ce produit est une crème à braser basse température (158°C) à base de Bismuth de chez INVENTEC. Ce produit servira de comparatif entre les deux crèmes précédentes.

L'ensemble des caractéristiques des crèmes à braser est détaillé en annexe 3, 4 et 5.

b. Le viscosimètre

Il s'agit d'un viscosimètre rotationnel de type Brookfield. C'est un appareil permettant la mesure de la viscosité d'un fluide sous l'effet d'un stress en cisaillement par rotation. Le taux de cisaillement est appliqué à l'aide de différents mobiles. Les mobiles sont choisis suivant la rhéologie des fluides à mesurer.

Chaque mobile a des données différentes données par le constructeur (voir annexe 3).

c. L'équipement de sérigraphie

La machine de sérigraphie est un équipement de production automatique de la société DEK. Il s'agit de l'équipement 01i pouvant accueillir des pochoirs de grande dimension (29 pouces) ainsi qu'une caméra pour l'auto- alignement des cartes vis-à-vis des pochoirs grâce à la reconnaissance vidéo des mires d'alignement.

Les détails de la machine de sérigraphie sont indiqués en annexe 7, page 39.

La carte utilisée pour cette étude est une carte de calibration provenant de l'entreprise DEK. Cette carte répertorie différentes dimensions de pads et de pitches ainsi que différents types de designs de boîtiers nécessaires à notre étude.

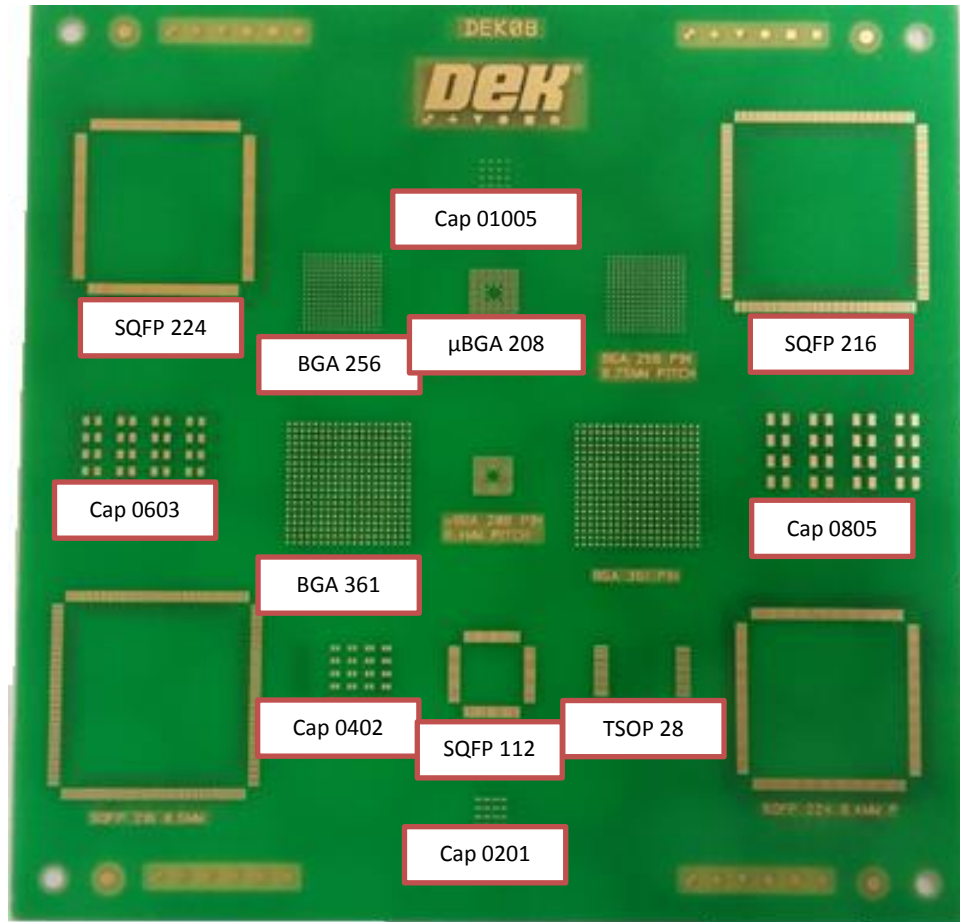


Figure 1 : Carte test DEK

d. Le four de refusion

Le four de refusion est un four à convection de l'entreprise MADELL. Ce four est pilotable via un PC ou directement par une interface dédiée. L'exploitation des courbes de température est possible via un logiciel.

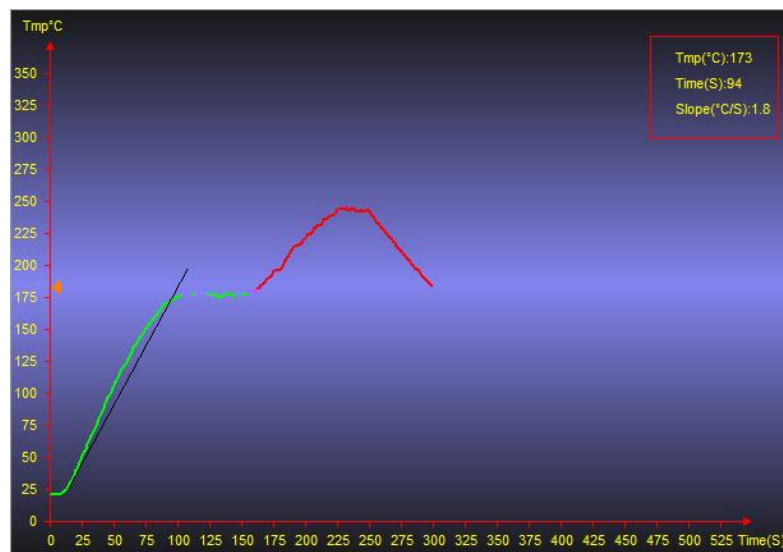


Figure 2 : Exemple de profil mise en place par le logiciel

e. Véhicule test de 1ère génération

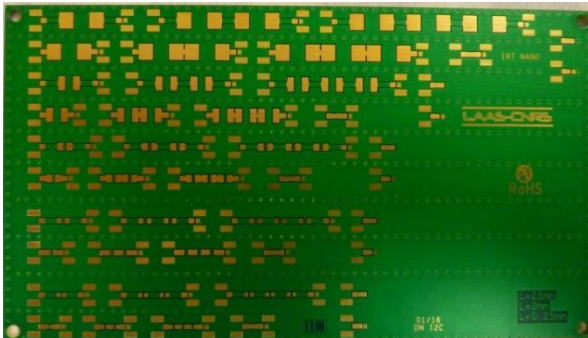


Figure 3 : Carte test à nue

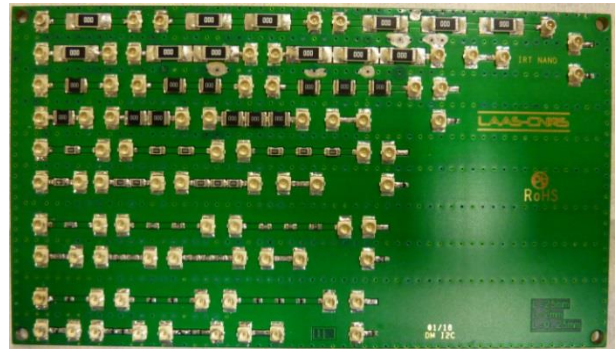


Figure 4 : Carte test braser avec composants

Ce type de véhicule permet de vérifier la conductivité électrique de la crème en continu et en RF.

Caractéristiques :

- Composition : FR4
- Simple couche (nombre de couche 2)
- Finition : Ni/Au
- Composants assemblés : CHIP et UFL

La conductivité électrique sera mesurée à l'aide d'un analyseur de réseau VNA. En effet par ce moyen de mesure nous pouvons apercevoir 2 effets :

- La réflexion de l'onde sur la ligne (résistivité)
- La propagation de l'onde sur l'ensemble de la ligne (conductivité)

Lors de ce test, nous enverrons un signal électrique à une fréquence donnée sur une ligne de résistance, et nous analyserons les deux effets.

Grâce à ces deux effets, nous sommes capables pour la suite de calculer l'effet résistif de la crème en fonction du volume du joint après brasage du composant.

Chaque ligne a des résistances à 0Ω et des dimensions différentes. Ces lignes de résistances ont une résistivité connue.

Fréquence de mesure : 1,2GHz à 3GHz. L'utilisation de ces différentes fréquences de mesure permet d'amplifier les défauts des crèmes.

f. Les moyens de contrôle

4. Microscope à balayage optique

Nous avons utilisé plusieurs moyens de contrôle pour la visualisation et la mesure des différents dépôts effectués.

Dans un premier temps, nous utilisons un microscope optique afin de visualiser l'aspect des dépôts de pâte à braser sur la carte en sortie de sérigraphie. Ce dernier permet un premier contrôle visuel sur le bon dépôt de sérigraphie sur la carte.

En fonction de la satisfaction des dépôts, nous avons ensuite caractérisé ceux-ci à l'aide d'un microscope à balayage optique confocal.

Ce type de microscope permet d'avoir des mesures précises au micron sur les axes X, Y et Z. Le fonctionnement du microscope se fait en positionnant un plan focal à différents niveaux de profondeur de l'échantillon.

En résultat de ce microscope, nous obtenons une image 3D exploitables du dépôt de sérigraphie.

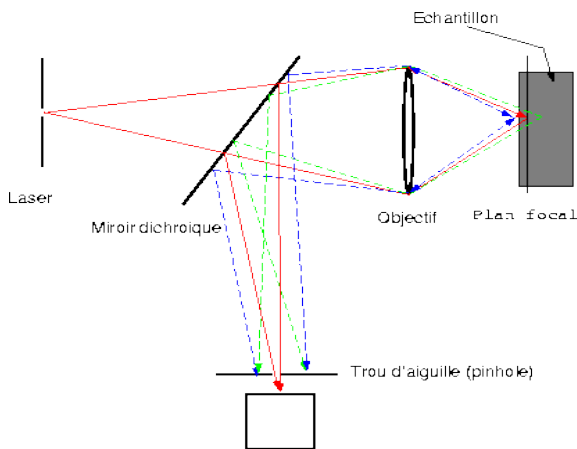


Figure 5 : Principe de fonctionnement du microscope confocal

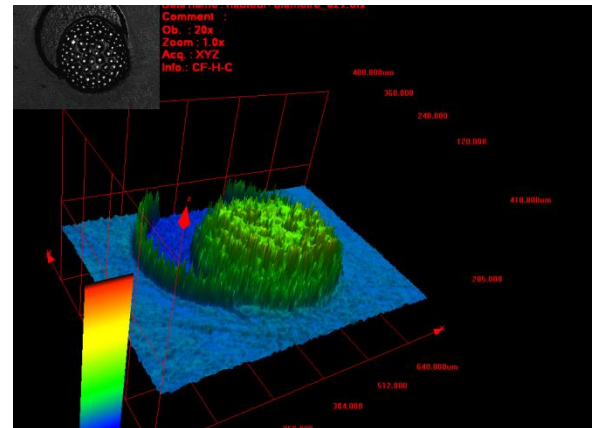


Image 1: Reconstitution 3D de l'échantillon

g. Environnement

Les procédés de sérigraphie de pâte à braser et de report de composants ainsi que les mesures sont effectués en salle blanche. L'environnement est contrôlé en fonction de plusieurs paramètres :

- Température comprise entre 21 et 23°.
- Taux de particules filtrées (la salle blanche est de classe 1000, soit moins de 1000 particules inférieures à 0,5µm par pieds cube).
- Humidité proche de 60%.
- Flux laminaire.

Cet environnement nous permet de caractériser toutes les pâtes dans les mêmes conditions et d'éviter ou de limiter au possible les erreurs pouvant être faites dans des conditions plus fluctuantes.

V. Taches préliminaire.

a. Formation

Avant de commencer mon projet, j'ai suivi préalablement différentes formations :

- Comportement et sécurité dans la salle blanche
- Formation sur les risques chimiques en salle blanche
- Formation sur les différents équipements utilisés (sérigraphie, flip chip, four de refusion et microscope optique confocal).

Les formations sur la sécurité et les risques chimiques en salle blanche sont obligatoires pour entrer en salle blanche.

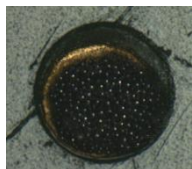
b. Défauts apparents

Avant de commencer l'étude de la crème, j'ai recherché les différents défauts qui peuvent apparaître lors de la sérigraphie.



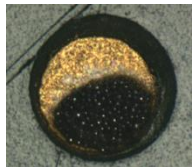
Non dépôt sur la plage d'accueil : C'est un défaut de sérigraphie de non dépôt de crème à braser sur les plages.

Causes : Ce défaut est dû à une corrélation vitesse/ pression non adéquate qui entraîne un non cisaillement de la crème, ou un mauvais malaxage de la crème avant son utilisation. Les paramètres de la sérigraphie peuvent en être la cause, ainsi qu'une crème à braser périmée.



Effet de bord : Recouvrement plus important d'un côté de la plage d'accueil.

Cause : Une vitesse trop importante peut entrainer ce type de défaut. Il faut revoir les paramètres de sérigraphie.



Manque de matière : Ce défaut est un recouvrement partiel de la plage d'accueil par la crème à braser.

Cause : Ce défaut provient des ouvertures du pochoir trop grand ou d'un réglage de sérigraphie non adéquat qui entraîne un non cisaillement de la crème.

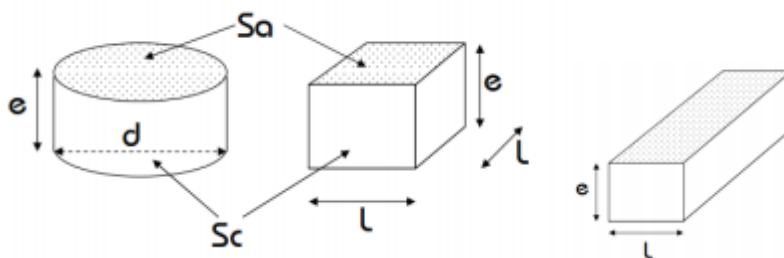
c. Calcul du démoulage du pochoir de sérigraphie

Ce calcul permet de vérifier le bon dépôt de la crème en sérigraphie. Si un ratio de démoulage est trop faible, le dépôt de crème sera difficile et imparfait.

Plusieurs paramètres entrent en compte pour un bon dépôt de sérigraphie :

- Dimension des ouvertures (calcul du ratio)
- Matériaux du pochoir.
- Epaisseur du pochoir.
- Technologie utilisée pour la découpe des ouvertures.

Ce calcul se fait de la manière suivante :



Ratio de surface (cercle ou carrée)	ratio d'ouverture
$R_s = d/4e = L/4e$	$R_0 = L/e$
$R_s > 0.66$	$R_0 > 1.6$

Tableau 1 : Calcul du ratio de démoulage

Calcul démoulage														
	Dimension piste		Pourcentage de réduction	Dimension apertures	Ratio de démoulage	OK/ NOK		Dimension piste		Pourcentage de réduction	Dimension aperture	Ratio de démoulage	OK/ NOK	
SQFP 224	Longueur	1652.5	10%	1487.25	14.8725	OK		Cap 01005	Longueur	177.5	10%	159.75	15975	NOK
	Largueur	275	10%	247.5	2.475	OK			Largueur	175	10%	157.5	1575	NOK
SQFP 216	Longueur	1607.5	10%	1446.75	14.4675	OK		Cap 0603	Longueur	1275	10%	1147.5	11475	OK
	Largueur	277.5	10%	249.75	2.4975	OK			Largueur	875	10%	787.5	7.875	OK
SQFP 112	Longueur	1640	10%	1476	14.76	OK		Cap 0805	Longueur	1757.5	10%	1581.75	15.8175	OK
	Largueur	160	10%	144	1.44	NOK			Largueur	1002.5	10%	902.25	9.0225	OK
TSOP 28	Longueur	2115	10%	1903.5	19.035	OK		Cap 0402	Longueur	725	10%	652.5	6.525	OK
	Largueur	287.5	10%	258.75	2.5875	OK			Largueur	490	10%	441	4.41	OK
	Dimension piste		Pourcentage de réduction	Dimension apertures	Ratio de démoulage	OK/ NOK		Dimension piste		Pourcentage de réduction	Dimension apertures	Ratio de démoulage		
BGA256	Diamètre	276.154	10%	248.5386	0.6213465	OK		BGA 361	Diamètre	472.136	10%	424.9224	1062306	OK
													15	
								Cap 0201	Longueur	375	10%	337.5	3.375	OK
µBGA 208	Diamètre	274.739	10%	247.2651	0.61816275	OK			Largueur	227.5	10%	204.75	2.0475	OK

Tableau 2 : Résultat ratio de démoulage carte DEK

Nous voyons que certains designs sur le pochoir ne permettent pas un démoulage adéquat lors de la sérigraphie. Mais lors de ma formation au procédé de sérigraphie, nous avons vu qu'un démoulage est possible malgré ces ratios.

Nous validons le pochoir de sérigraphie pour la suite du projet.

VI. Tests préliminaires

a. Test de viscosité

La viscosité d'un fluide représente la résistance à la déformation sous l'effet d'un stress de cisaillement. Pratiquement, on associe la viscosité au comportement d'un fluide ou à sa résistance à l'écoulement. La viscosité traduit la résistance interne du fluide et peut être assimilée à la friction du fluide. En fait, la viscosité joue un rôle essentiel dans la phase de production d'un produit.

Pour la mise en rotation nous utilisons des mobiles choisis en fonction de la viscosité du fluide.

Les mobiles sont décrits en annexe 3, page 35.

Le test de viscosimétrie permet dans mon projet d'avoir une référence de départ dans le comportement de la crème à l'instant T0 et de le comparer à l'instant T+. Les résultats obtenus permettent de définir les paramètres limite du plan d'expérience de Taguchi.

Un test de viscosimétrie de chaque crème est fait avant étude servant aussi de critère comparatif.

1. Paramétrage du viscosimètre

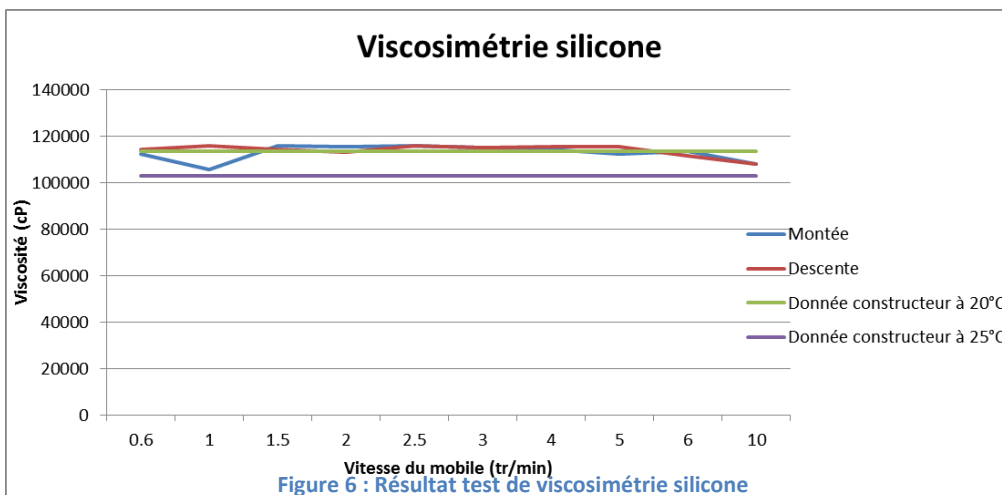
Avant l'utilisation du viscosimètre sur les crèmes à braser, on doit voir si la machine de mesure n'est pas en défaut. Pour cela, nous utilisons une huile étalon similaire à la viscosité attendue des pâtes à braser. Le type de fluide que nous utilisons est du silicone. Ce type de produit ne varie pas en fonction du cisaillement appliqué par l'élément. On dit que ce fluide est un fluide newtonien.

Le constructeur du fluide étalon nous dit que :

A 20°C	A 25°C
Viscosité = 113487cP	Viscosité = 102814Cp

Condition lors du test de viscosité

Température = 20°C	Mobile = R7
--------------------	-------------



Par ce résultat nous voyons que la viscosité du silicone est proche de la donnée du constructeur. Nous validons le viscosimètre pour la suite de l'étude.

b. Passage en sérigraphie

Avant de commencer à travailler sur les crèmes de INVENTEC, il fallait que je me forme sur la machine de sérigraphie du laboratoire.

Pour éviter toute dispersion de la main-d'œuvre et de la méthode entre chaque passage de sérigraphie, j'ai mis en place un protocole de sérigraphie. Ce protocole sera utilisé tout au long du projet.

En effet pour limiter tout bruit provenant des « 5M » (méthode, milieu, main d'œuvre, machine, matière), il est nécessaire de mettre en place la même procédure lors de chaque test.

Ce protocole comprend :

- La mise en place des mires de centrage.
- Le nettoyage du pochoir automatique.
- L'automatisation du malaxage de la crème à braser pour atténuer l'influence de la crème sur le plan d'expérience.

La machine de sérigraphie a dans son programme un contrôle SPC qui permet de visualiser les dérives des paramètres de sérigraphie tel que la pression et la vitesse de raclage et peuvent influencer le procédé. Il contrôle, informe et rectifie toute dérive de la machine au cours des tests.

c. Vérification du moyen de contrôle

2. Microscope optique à balayage

Le microscope à balayage optique est contrôlé une fois tous les mois au minimum.

Il existe plusieurs paramètres à régler lors de l'utilisation du microscope à balayage :

- L'intensité lumineuse du laser
- La résolution du capteur
- L'objectif du microscope
- Le pitch (la montée du plan focal entre 2 mesures). Plus le pitch est important, moins précise sera la mesure.

Vérification du microscope à balayage optique

Pour voir l'influence de ces paramètres, j'ai effectué plusieurs types de mesure :

- Mesure d'une bille : Permet de vérifier l'influence de l'objectif sur la mesure
- Mesure d'un dépôt de crème : Permet de contrôler la variation de la mesure en fonction de l'intensité lumineuse.

3. Mesure d'une bille

La tolérance de la bille type 3 est entre 25 et 35 μ m (données transmises par le fabricant).

L'objectif de ce test est de vérifier la conformité du moyen de mesures en fonction des différents objectifs.

Il faut aussi vérifier les limites du microscope, les objectifs avec lesquels il est possible de travailler pour que les mesures correspondent à la valeur réelle.

Pour cela, il faut mesurer une bille ayant une tolérance connue, et diminuer les objectifs pour quantifier les pertes en fonctions des objectifs.

Mesure avec un objectif X50 (en mm)

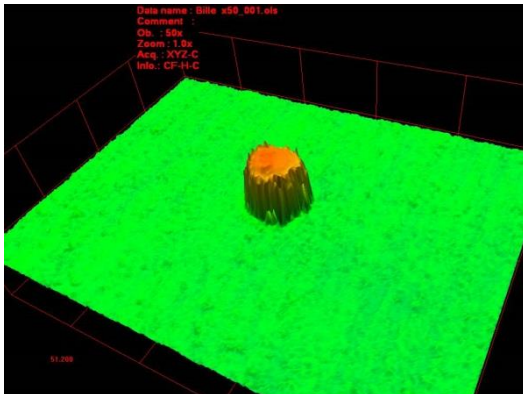


Image 2 : Reconstitution 3D bille d'alliage X50

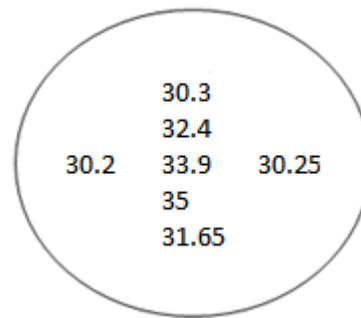


Figure 7 : Mesures bille d'alliage en fonction de la géolocalisation X50

Les points de mesure nous montrent que la bille est au maximum de 33.9μm. La bille est bien dans la tolérance du fabricant et la mesure est assez précise.

Mesure avec un objectif X10 (en mm)

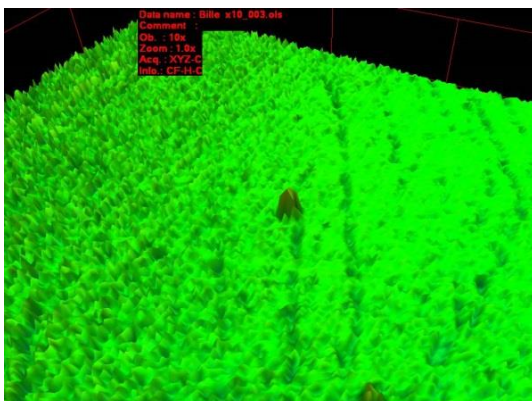


Image 3 : Reconstitution 3D bille d'alliage X10

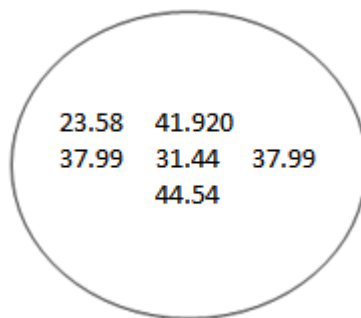


Figure 8 : Mesures bille d'alliage en fonction de la géolocalisation X10

Erreur absolue = Valeurs X10 – valeur X50 = 31.44 – 33.9 = - 2.46μm

Erreur relative = $\frac{\text{Valeur X10} - \text{Valeur X50}}{\text{Valeur X50}} = -7\%$

Nous avons une faible perte entre l'objectif le plus important (X50) et l'objectif faible (X10). Les mesures faites avec un plus fort objectif seront exploitables. L'objectif le plus petit pouvant être utilisé est le X10.

Ce test préliminaire laisse apparaître une forte erreur de la mesure en fonction du point de mesure choisi (mesure allant de 31.44μm à 41.920μm sur des points de mesures très proches).

Ce défaut peut s'expliquer par la forme de l'élément à mesurer. En effet le flux lumineux arrivant perpendiculairement sur la surface à mesurer, la bille va le renvoyer dans différentes directions.

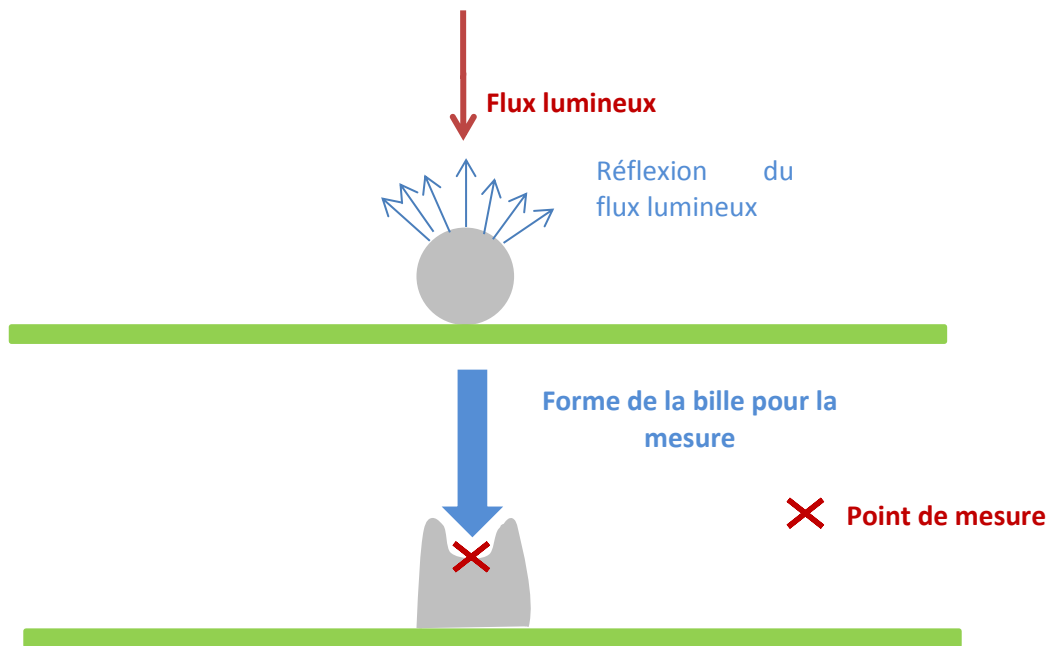


Figure 9 : Schéma explicatif réflexion lumineuse

La mesure doit être effectuée sur le point central de la bille.

4. Mesure d'un dépôt de crème

Ce test préliminaire permet d'optimiser le flux lumineux envoyé sur le dépôt de sérigraphie en fonction de l'objectif.

En effet un flux lumineux trop faible ne permettra pas la mesure mais un flux lumineux trop important saturera le capteur et faussera la mesure.

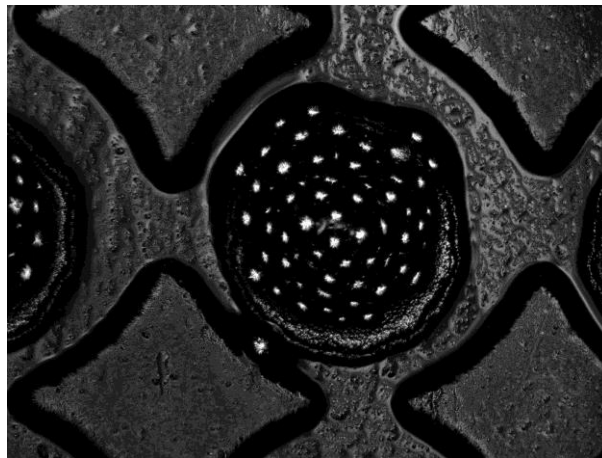


Image 4 : Image avec la luminosité adéquate

d. Report de composant

Le véhicule test de 1^{ère} génération nécessite le report de différents types de composants :

- Résistance CHIP (dimension de 2010 à 0402)



- Connecteur UFL mâle



Le report de ces composants est fait à l'aide d'une machine de report manuel de type Tresky , disponible dans la salle « montage ».

e. Profil de refusion

Après le report de composant pour le véhicule test, l'objectif est d'obtenir un profil de refusion répondant à la caractéristique du fabricant INVENTEC. Pour cela, nous utilisons un four de refusion décrit ci-dessus (voir présentation matériel) et un thermocouple extérieur.

Pour mettre en place les profils de refusion, j'ai utilisé la carte suivante :

- Composition : FR4
- Double couche (nombre de couche : 2)
- Composants assemblé : CMS (résistance 0805)
- Finition : Ni/Au

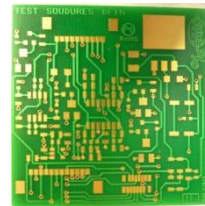


Image 5 : Carte test refusion

Les profils de refusion répondent aux critères donnés par INVENTEC pour les 3 crèmes. Les joints de brassure sont vérifiés à l'aide d'une machine à rayon X : ceux-ci ne présentent pas de void au sein même du joint.

Les 3 profils de refusion correspondants aux 3 crèmes à braser sont validés pour la suite du projet.

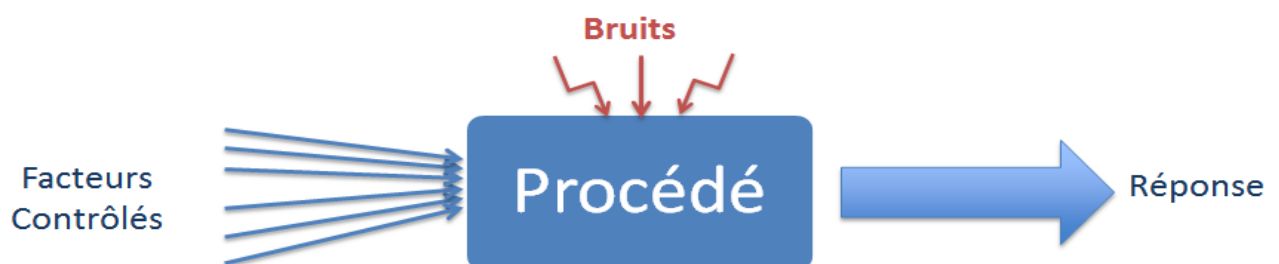
VII. Déroulement de l'étude

Suite à notre test de viscosimétrie, nous décidons de mettre en place l'étude de la façon suivante :



VIII. Mise en place de l'étude

Le plan d'expérience de Tagushi est une démarche qualité appliquée par les industriels. Il permet en outre de viser l'amélioration et caractérisé par plusieurs paramètres et plusieurs réponses.



Grâce à ce plan d'expérience, il est possible de trouver les valeurs des paramètres pour avoir la réponse attendue et limiter les facteurs aléatoires (bruit).

a. Plan fractionnaire de Tagushi

Le plan d'expérience fractionnaire permet de limiter le nombre d'essais dans une démarche qualité. Elle permet de limiter le nombre d'essais avec de nombreux paramètres.

Le plan fractionnaire se construit de cette façon :

On supprime tous les éléments dont la somme est égale à -1.

	Vitesse de sérigraphie	Pression des racles	Vitesse démoulage	Somme
Essai 1	1	1	1	1
Essai 2	1	1	-1	-1
Essai 3	1	-1	1	-1
Essai 4	1	-1	-1	1
Essai 5	-1	1	1	-1
Essai 6	-1	1	-1	1
Essai 7	-1	-1	1	1
Essai 8	-1	-1	-1	-1

Ceci se traduit par une réduction de 8 à 4 essais :

	Vitesse de sérigraphie	Pression des racles	Vitesse démoulage
Essai 1	1	1	1
Essai 2	1	-1	-1
Essai 3	-1	1	-1
Essai 4	-1	-1	1

On définit ensuite les valeurs limites 1 et -1 pour chaque paramètre du plan de Tagushi.

b. Optimisation des paramètres

Le but est de fixer deux des paramètres du procédé de sérigraphie à l'aide du plan fractionnaire de Tagushi.

Après l'analyse du plan fractionnaire de Tagushi, nous fixons 2 paramètres ayant une influence faible sur le dépôt.

La suite est de faire varier le paramètre fortement influant et de trouver le meilleur réglage avec un type de crème.

c. Pré-série

L'objectif de ce test est d'analyser l'effet thixotropique de la crème au cours de son utilisation. En effet, lors de la production de circuit électronique, la crème à braser du fait du cisaillement perd en viscosité. Cette perte en viscosité entraîne une crème beaucoup plus fluide qui peut créer des défauts en sérigraphie (court-circuit, microbillage...).

Ce cisaillement sur la crème à braser entraîne de façon irréversible une diminution de la viscosité de la crème.

Le but de ce test est de vérifier le comportement de la crème lors d'une série 10 cartes. Le dépôt de sérigraphie sera vérifié après chaque passage. Aucun nettoyage ne sera fait entre chaque passage.

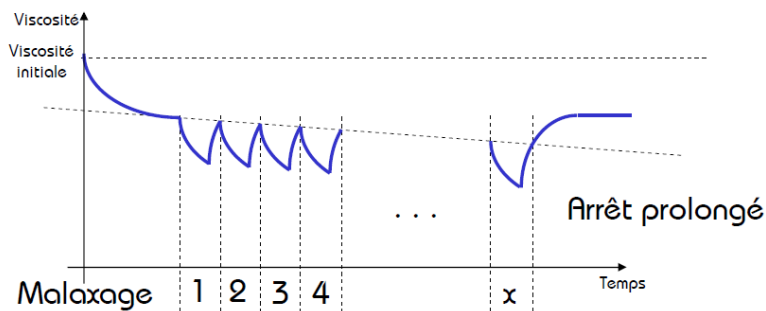


Figure 10 : Schéma explicatif de la chute de la viscosité

Nous vérifions le dépôt sur une plage donnée et on peut voir la variation de la quantité de crème déposée en fonction du nombre de cartes.

IX. Test électrique

Le but de ce test est de vérifier le comportement électrique de la crème à braser. En effet ce type de produit après refusion à un comportement mécanique et électrique différent.

Lors des tests en RF le joint de brasure à un effet capacitif. Le but de ces tests est de quantifier la capacité résistive de la crème en fonction du volume déposé et de la fréquence radio.

Ces tests seront effectués après le stage en entreprise.

X. Crème DMH 0524 - Crème Thalès Alenia Space

a. Test de viscosimétrie

Mobile	R7
Température	20°C
Temps en rotation avant la mesure	2 minutes
Temps de repos entre chaque mesure	1 minute

1. Résultats

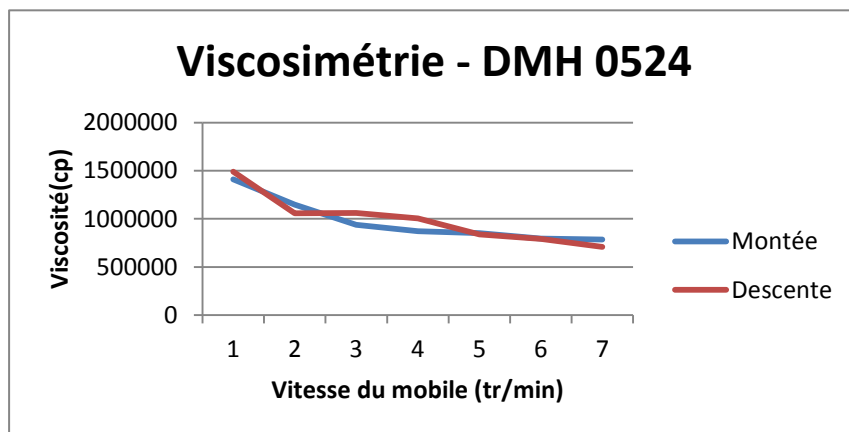


Figure 11 : Test de viscosimétrie DMH 0524

Les tests de viscosimétrie montrent que la crème se cisaille à faible vitesse, qu'elle a un faible effet thixotropique (faible perte de viscosité entre la montée et la descente). Cependant à forte vitesse la crème gagne fortement en fluidité, ce qui peut entraîner des défauts lors de la sérigraphie.

b. Plan fractionnaire de Tagushi

Après analyse des résultats de viscosimétrie, nous décidons de fixer 3 paramètres à 2 niveaux de la façon suivante :

	Vitesse (mm/s)	Pression (kg)	Vitesse démoulage (mm/s)
	A	B	D
-1	30	3	0,5
1	120	8	10

Ce qui nous donne pour notre plan d'expérience les 4 tests à faire avec nos différents paramètres.

	Vitesse (mm/s)	Pression (kg)	Vitesse démoulage (mm/s)
	A	B	D
Test 1	30	3	10
Test 2	120	3	0,5
Test 3	30	8	0,5
Test 4	120	8	10

2. Résultats

L'ensemble des résultats est détaillé en annexe 8, page 40.

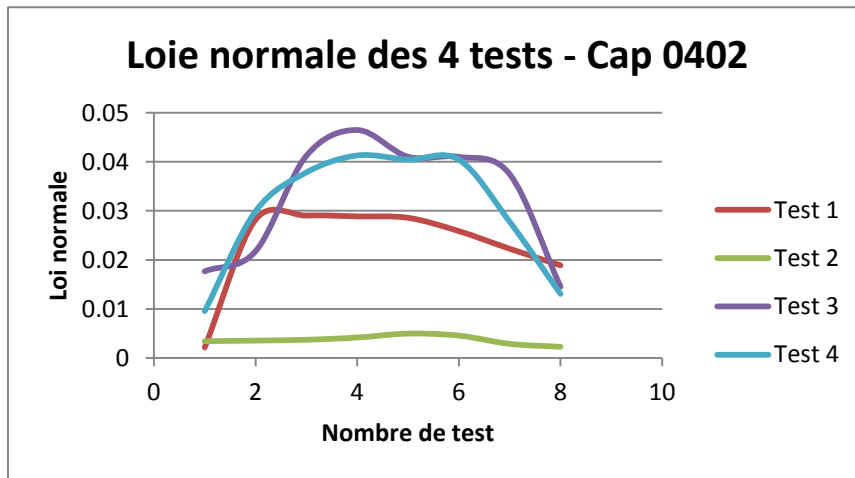


Figure 12 : Répartition loi normale Cap 0402

Les tests 3 et 4 suivant une loi connue sont donc prévisibles. Il est possible de travailler sur ce type de réglage.

Cependant les tests 1 et 2 ayant une forte répartition des mesures montrent que les réglages ne sont pas adéquats.

3. Interaction

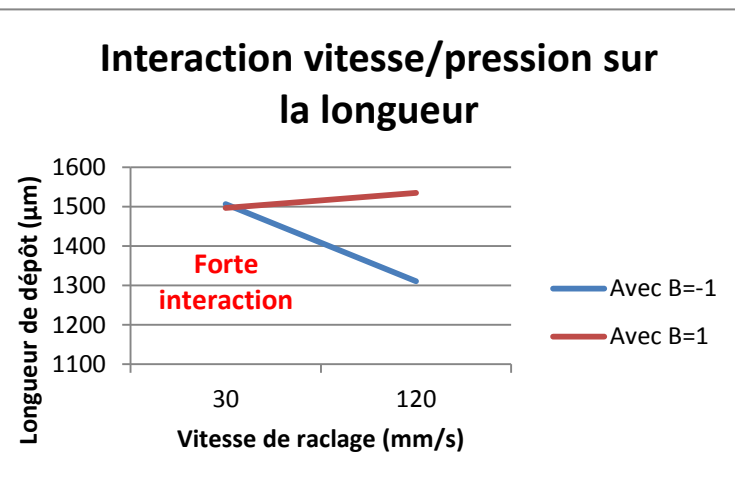


Figure 13 : Interaction vitesse/pression sur longueur dépôt Cap 0402

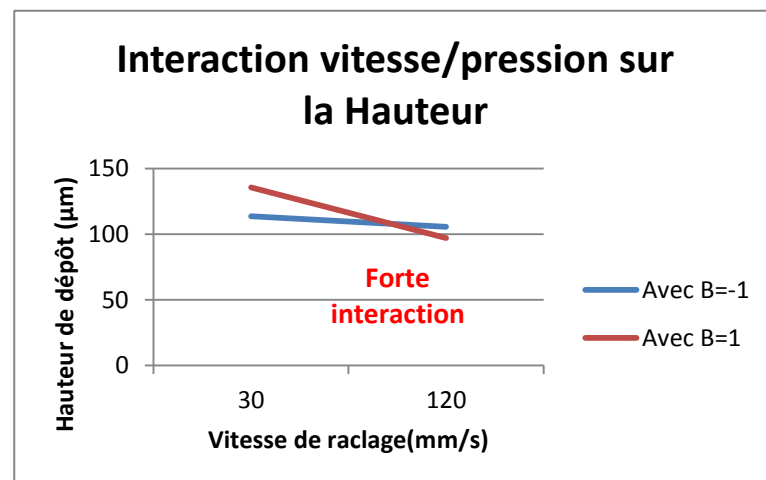


Figure 14 : Interaction vitesse/pression sur hauteur dépôt Cap 0402

Nous voyons grâce aux différents résultats une forte interaction entre la vitesse de raclage et la pression de raclage. Ces 2 paramètres sont dépendants l'un de l'autre. Il faudra tenir compte lors des réglages de cette information.

4. Interprétation

Nous voyons par ce plan d'expérience que la pression est un paramètre ayant une très forte influence dans le procédé de sérigraphie.

La matière déposée est plus importante avec une vitesse de démoulage faible est une vitesse de raclage faible.

Pour le plan d'expérience, nous fixons une vitesse de démoulage à 0.5 mm/s et une vitesse de raclage de 70mm/s. Nous allons faire varier la pression de 2kg à 8kg par pas de 2kg.

c. Optimisation des paramètres DMH 0524

	Vitesse (mm/s)	Pression (kg)	Vitesse démoulage (mm/s)
	A	B	D
Test 1	70	2	0.5
Test 2	70	4	0.5
Test 3	70	6	0.5
Test 4	70	8	0.5

5. Résultats

Longueur de dépôt - Cap 0805

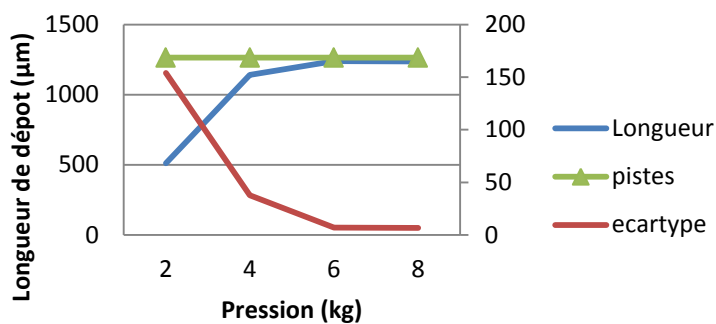


Figure 15 : Variation dépôt longueur de dépôt Cap 0805 en fonction de la pression

Hauteur de dépôt - Cap 0805

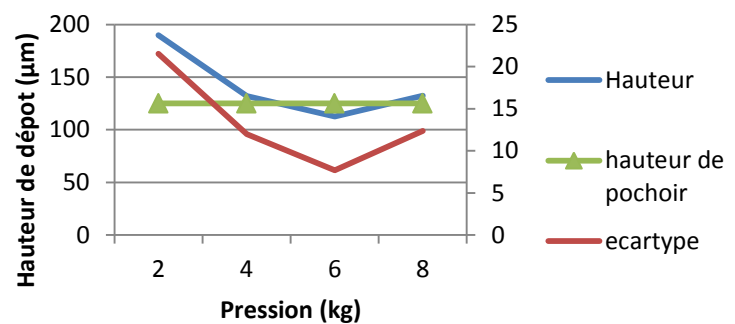


Figure 16 : Variation hauteur de dépôt Cap 0805 en fonction de la pression

Sur l'ensemble des résultats, nous voyons que l'écart type diminue fortement à 6kg. Nous apercevons aussi que le dépôt de sérigraphie est acceptable pour 6kg (proche de la hauteur du pochoir sans surplus de matière).

6. Interprétation/paramètres finaux

Sur l'ensemble des résultats, nous voyons que la pression de 6kg donne de meilleurs résultats. En effet, l'écart se réduit au maximum à 6kg et reprend fortement au-dessus de 6kg. Nous fixons les paramètres de la sérigraphie pour ce type de crème à :

Vitesse de raclage	Pression de raclage	Vitesse de démoulage
70 mm/s	6 kg	0.5 mm/s

d. Pré série DMH 0524

Nous fixons les paramètres de sérigraphie comme mentionnés ci-dessus pour vérifier la dispersion de la crème au cours d'un nombre pré-défini de passages en sérigraphie.

Dimension des dépôts en fonction du nombre de passage - 0402

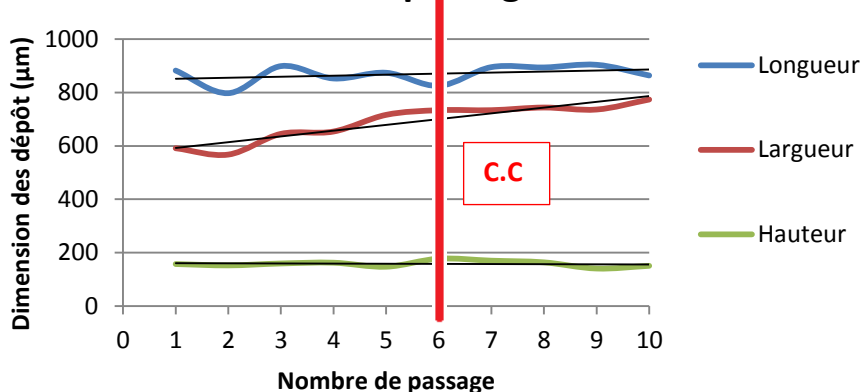


Figure 17 : Pré série DMH 0524

Nous voyons que la répétition des passages de sérigraphie modifie la viscosité de la crème. La hauteur et la longueur varient peu au cours des passages, cependant nous voyons une forte augmentation de la largeur de dépôt. Cette forte augmentation entraîne au cours du nombre de test des courts-circuits.

e. Préconisation crème DMH 0524

Pour l'utilisation de cette crème nous préconisons plusieurs points :

- La crème est plus performante à faible vitesse
- Du fait de son instabilité au cours de l'industrialisation, il est recommandé de travailler à faible vitesse pour éviter un trop fort cisaillement de celle-ci.
- Nettoyage du pochoir après 5 passages.

XI. Crème 305-21

a. Test de viscosité

Mobile	R7
Température	20°C
Temps en rotation avant la mesure	2 minutes
Temps de repos entre chaque mesure	1 minute

1. Résultats

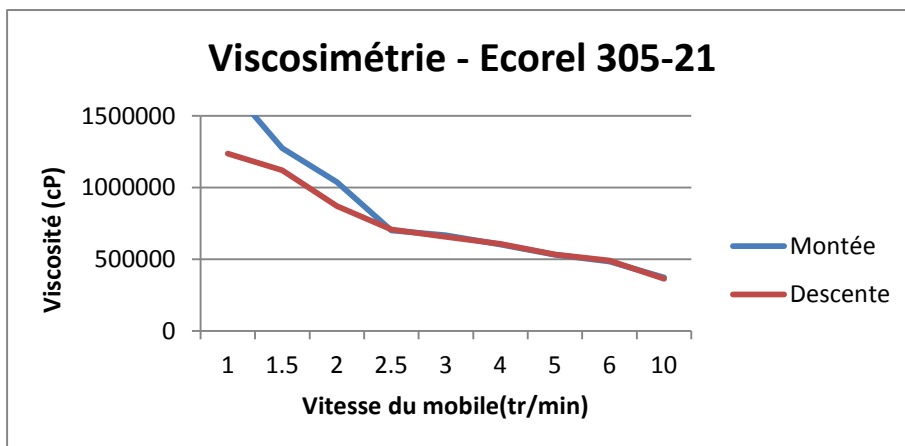


Figure 18 : Test de viscosimétrie Ecorel 305-21

Nous voyons que la crème se cisaille à plus forte vitesse que la crème au plomb avec un effet thixotropique plus important (grande perte de viscosité entre la montée et la descente). Cependant à forte vitesse, la crème gagne fortement en fluidité, ce qui peut entrainer des défauts lors de la sérigraphie.

b. Plan fractionnaire 305-21

1. Recommandation INVENTEC

Inventec nous recommande pour ce type de crème des pressions en fonction de la vitesse utilisée.

Squeegee length	Printing Speed	Pressure
250	50 mm/sec	5 Kg
250	100 mm/sec	7 Kg
250	150 mm/sec	9 Kg

Image 6 : Recommandation INVENTEC Ecorel 305-21

2. Calcul racle de 200mm

Nous travaillons pour cette étude avec des racles de 200mm. Ces racles sont disponibles dans notre laboratoire.

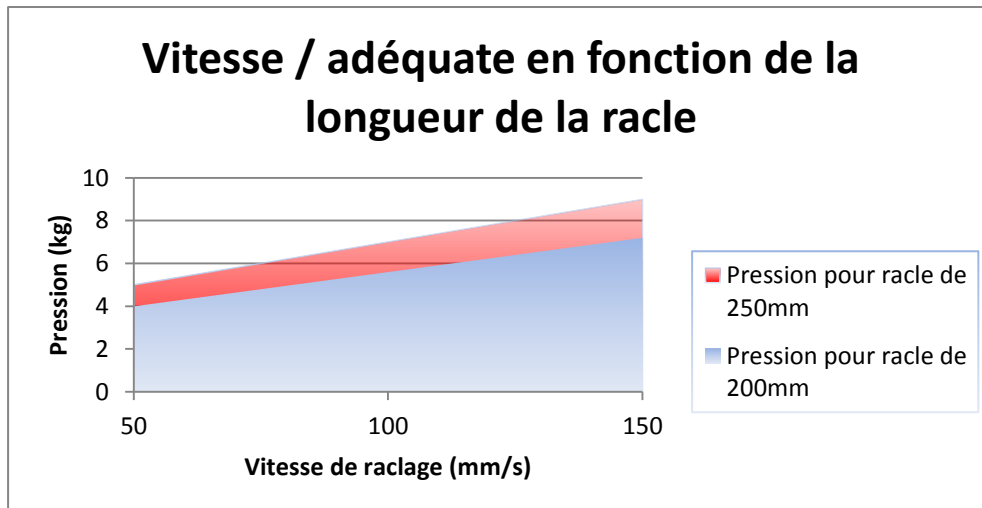


Figure 19 : Réglage vitesse/pression de raclage en fonction de la longueur de racle

J'ai calculé la pression à imposer pour des racles à 200mm. La pression appliquée étant proportionnelle à la surface de contact, la pression équivalente est donc diminuée.

3. Mise en place niveau des paramètres

Nous fixons les paramètres du plan fractionnaire par rapport à la préconisation d'INVENTEC et le calcul effectué précédemment.

	Vitesse (mm/s)	Pression (kg)	Vitesse démoulage (mm/s)
	A	B	D
-1	50	5	0.5
1	150	9	10

Ce qui nous donne pour notre plan d'expérience les 4 tests à faire avec nos différents paramètres.

	Vitesse (mm/s)	Pression (kg)	Vitesse démoulage (mm/s)
	A	B	D
1	50	5	10
2	150	5	0.5
3	50	9	0.5
4	150	9	10

4. Résultats

L'ensemble des résultats est détaillé en annexe 9, page 41

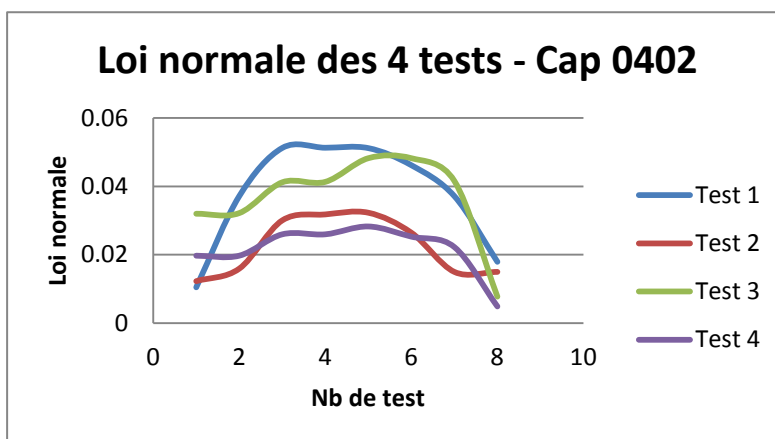


Figure 20 : Loi normale plan d'expérience Ecorel 305-21

Les tests 1 et 2 suivent une loi connue, ils sont donc prévisibles. Il est possible de travailler sur ce type de réglage.

Cependant le test 3 montre une disparité sur l'ensemble de ces résultats.

Le test 4 a une forte étendue de mesures. Il est préférable de ne pas travailler avec les réglages 3 et 4.

5. Interaction

Interaction vitesse/pression sur la largeur - 0805

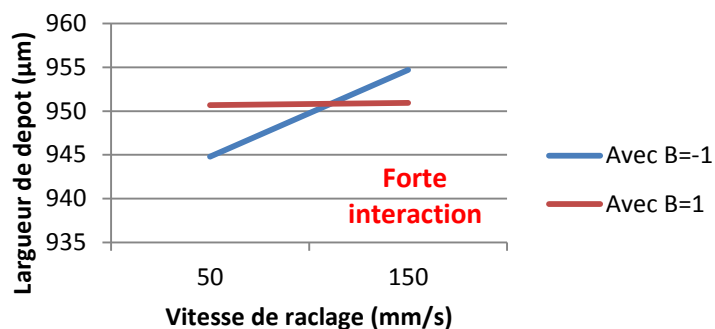


Figure 21 : Interaction vitesse/pression sur largeur de dépôt Cap 0805

Interaction vitesse/pression sur la Hauteur - 0805

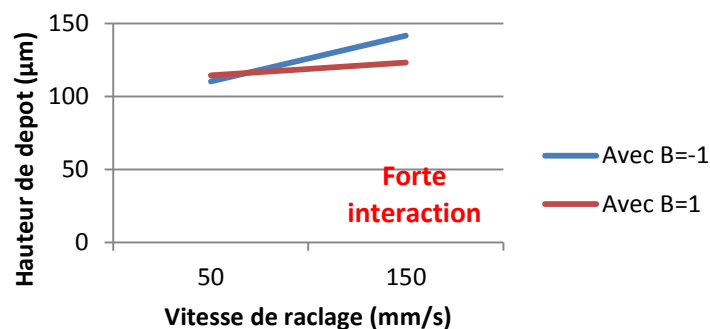


Figure 22 : Interaction vitesse/pression sur hauteur de dépôt Cap 0805

Nous voyons grâce aux différents résultats une forte interaction entre la vitesse de raclage et la pression de raclage. Ces 2 paramètres sont dépendants l'un de l'autre. Il faudra prendre en compte lors des réglages cette information.

6. Interprétation

Le but est de trouver une corrélation entre la quantité de crème déposée et les réglages en sérigraphie. En effet, si une corrélation est trouvée, nous pourrions adapter les réglages de sérigraphie en fonction des ouvertures présentes sur le pochoir.

Dans un premier temps, j'ai calculé l'ensemble des volumes déposés lors de la sérigraphie. J'ai ensuite classé chaque ouverture en fonction de la quantité de dépôt.

Design	Plage d'accueil	Dimension (μm)	Ratio de diminutions	Dimension ouvertures (μm)	Aire (μm²)	Classement
Capa 01005	Longueur	178	10%	160.2	25.2315	1
	Largueur	175		157.5		
Capa 0201	Longueur	375	10%	337.5	69.103125	4
	Largueur	227.5		204.75		
BGA 208	Diamètre	274.739	10%	247.2651	47.9949233	2
BGA 256	Diamètre	276.154	10%	248.5386	48.490577	3
SQFP112	Longueur	1640	10%	1476	212.544	6
	Largueur	160		144		
BGA 361	Diamètre	472.136	10%	424.9224	141.738851	5
Capa 0402	Longueur	725	10%	652.5	287.7525	7
	Largueur	490		441		
SQFP 216	Longueur	1607.5	10%	1446.75	361.325813	8
	Largueur	277.5		249.75		
SQFP 224	Longueur	1652.5	10%	1487.25	368.094375	9
	Largueur	275		247.5		
TSOP 28	Longueur	2115	10%	1903.5	492.530625	10
	Largueur	287.5		258.75		
Capa 0603	Longueur	1275	10%	1147.5	903.65625	11
	Largueur	875		787.5		
Capa 0805	Longueur	1757.5	10%	1581.75	1427.13394	12
	Largueur	1002.5		902.25		

Tableau 3 : Calcul volume ouverture de dépôt

A l'aide du plan d'expérience, j'ai trouvé pour chaque ouverture le meilleur réglage de sérigraphie.

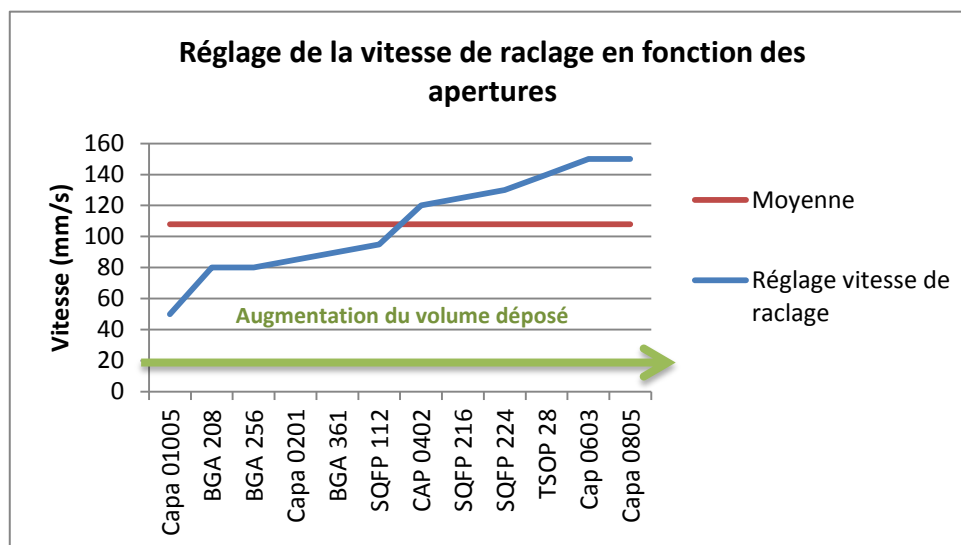


Figure 23 : Abaque vitesse de raclage

Réglage vitesse de démoulage en fonction des ouvertures

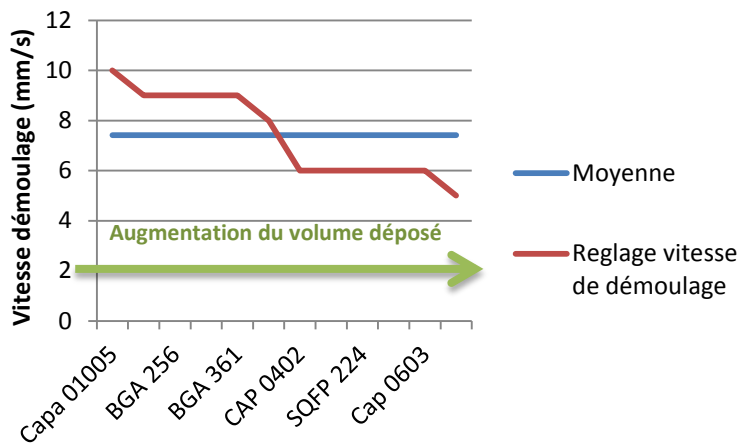


Figure 24 : Abaque pression de raclage

Reglage de la pression de raclage en fonction des ouvertures

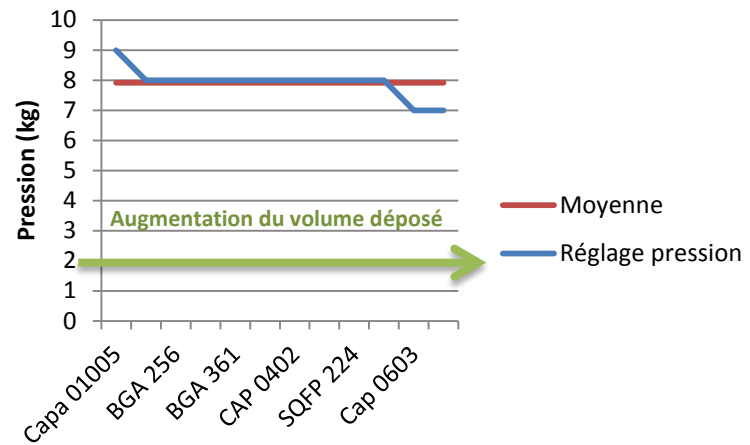


Figure 25 : Abaque vitesse de démoulage

Nous voyons une corrélation entre le volume déposé et le réglage de sérigraphie. Plus le volume du dépôt est important, plus nous devons augmenter la vitesse et diminuer la pression. Ce type de résultat est à prendre en compte pour la suite de l'étude de cette crème. En effet si la corrélation est confirmée pour tous les types de réglages, il sera possible d'adapter les paramètres de sérigraphie en fonction du volume pouvant être déposé.

c. Vérification des paramètres des paramètres 305-21

Le but est de vérifier si la corrélation trouvée précédemment se confirme. Nous fixons les paramètres en fonctions de la plage d'accueil mesurée.

Nous allons travailler sur la plage d'accueil SQFP 112 :

Nous allons faire 2 tests

- Test 1 : Réglage calculé adéquate à ce type de plage d'accueil
- Test 2 : Augmentation de la vitesse de sérigraphie

Du plan d'expérience nous avons déduit pour ce type de plage d'accueil :

Vitesse de raclage	Pression	Vitesse de démoulage
95 mm/s	8 kg	8 mm/s

	Longueur (μm)	Largueur (μm)	Hauteur (μm)
Résultats attendue	15551.891	155.29	114.068

Nous allons fixer les paramètres de la façon suivante :

	Vitesse de raclage (mm/s)	Pression (kg)	Vitesse de démoulage (mm/s)
Test 1	95	8	8
Test 2	110	8	8

7. Résultats

Longueur de dépôt

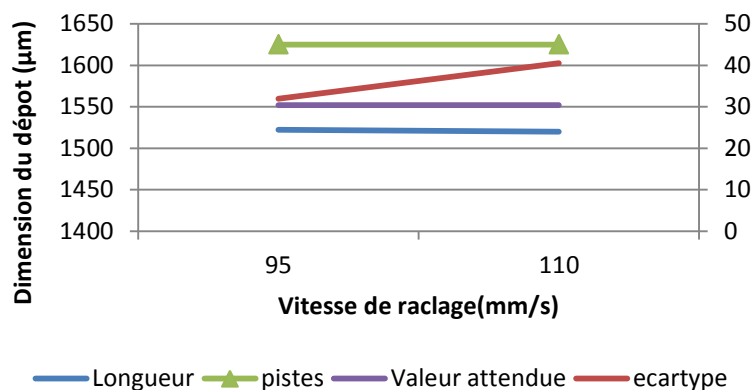


Figure 26 : Mesures longueur de dépôt SQFP 112

Largueur de dépôt

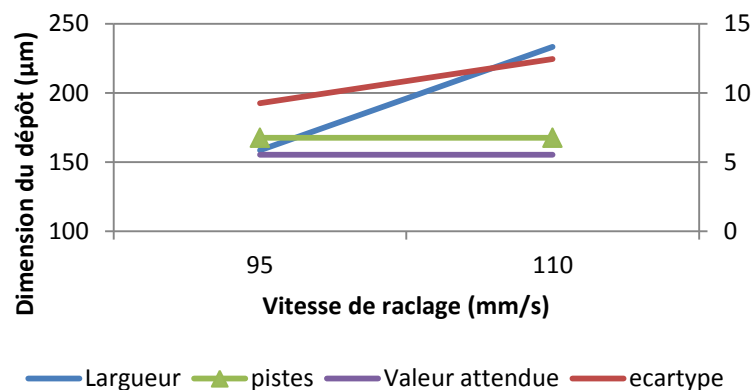


Figure 27 : Mesures largeur de dépôt SQFP 112

Hauteur de dépôt

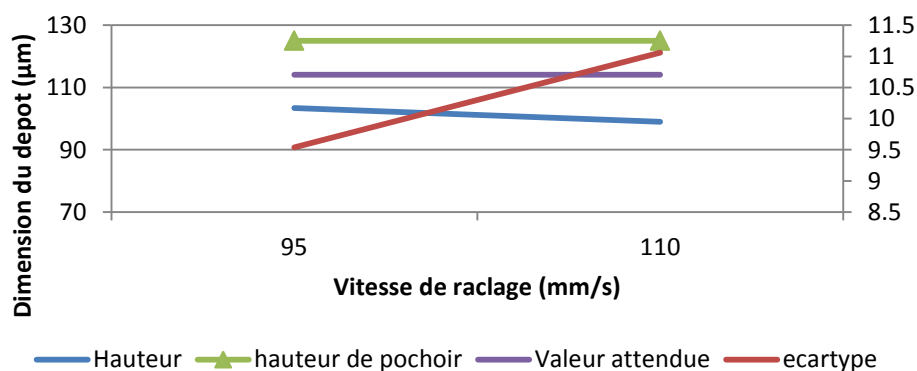


Figure 28 : Mesures hauteur de dépôt SQFP 112

Le test de vérification nous permet de constater que la valeur obtenue lors de ce test avec les réglages de l'abaque ci-dessus (95mm/s, 8kg, 8mm/s) sont proches de la valeur théorique. En effet au réglage trouvé auparavant, nous voyons que nous sommes proches de la valeur souhaitée (moins de 50µm). Cependant avec un réglage différent, nous voyons une augmentation de l'écart entre la valeur souhaitée et la valeur obtenue.

8. Interprétation / paramètres finaux

Les résultats obtenus sont conformes aux attentes. Nous pouvons nous appuyer sur l'abaque ci-dessus pour la suite de l'étude pour cette crème. Il sera possible de définir les paramètres de sérigraphie en fonction de la quantité de crème possible pouvant être déposée.

d. Pré-série 305-21

Nous allons travailler sur le design 0402. Nous avons trouvé pour ce type de design les paramètres suivant :

	Vitesse de raclage	Pression	Vitesse de démoulage
Paramètre	120 mm/s	8 kg	6 mm/s

Le but sera de vérifier la dispersion de la crème au cours d'un nombre pré-défini de passages en sérigraphie.

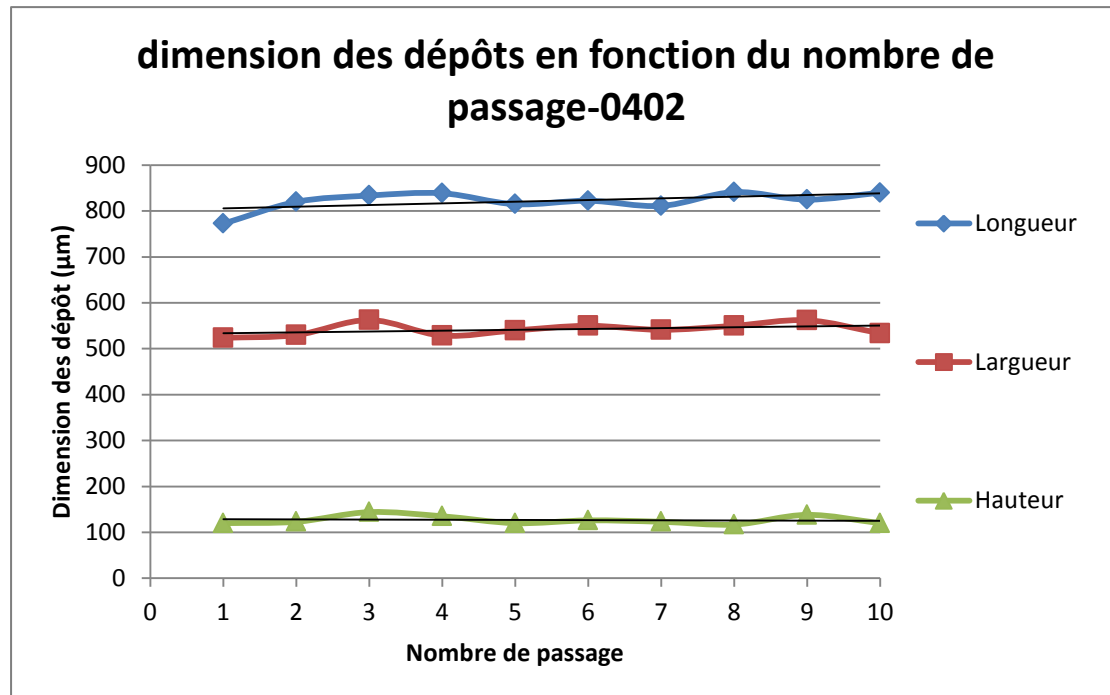


Figure 29 : Pré-série Ecorel 305-21

Le comportement de la crème est assez stable au cours du temps de production. On note seulement une légère augmentation de la longueur de dépôt. Nous pouvons dire que la crème est adaptée pour une grande série.

e. Préconisation 305-21

D'après l'ensemble des résultats pour la crème Ecorel 305-21 nous conseillons :

- Suivre les réglages en fonction du volume déposée.
- La crème est stable au cours du temps, le nettoyage n'est pas obligatoire sur des petites séries de production.

XII. Conclusion

Lors de ce projet nous avons vu qu'il existait divers comportements d'une pâte d'un même fabricant. En effet, en fonction de leur composition (métal, flux et liant), le comportement rhéologique et mécanique va faire varier les paramètres de sérigraphie.

La crème DMH 0524, crème plombée, est une crème se cisillant à très faible vitesse, et ayant une difficulté à revenir à ces caractéristiques de départ. Il est recommandé de travailler à faible vitesse pour ce type de crème, et pour de très petites séries de lot.

La crème Ecorel 305-21, crème RoHS, est une crème beaucoup plus stable que la crème DMH 0524, elle convient plus à des séries beaucoup plus grandes et permet un meilleur rendement. Il a été mis en place un abaque qui permettra de régler la machine de sérigraphie en fonction du volume des ouvertures pouvant être déposée.

Cette étude servira de base pour la suite du projet NANO. Ce stage a permis d'avoir une première idée sur le comportement rhéologique de la crème. Elle permettra d'avoir une base pour la mise en place des véhicules tests de générations supérieures (test électrique, mécanique, etc....)

Ces véhicules test seront comparés au produit en cours de développement.

Annexe 1 - Glossaire

Cp : centi poisse ($=1\text{mPa.s}$)

PCB : Printed Circuit Board (Circuit imprimé)

RF : Radio fréquence

Annexe 2 – Organigramme service « TEAM »

Responsable

H Granier

Masqueur optique / Chimie masque / Masqueur Raith

P-F.Calmon

F. Carcenac

R.Courson

D.Emmanuelle

V.Luque

L.Seveno

photolithographie

L. Mazenq

A Laborde

R.Courson

V.Conedera

A.Durlach

Chimie

J.B Doucet

A.Arnoult

Q.Gravelier

N.Lauber

Dépôt de films minces

L Salvagnac

G Libaude

Implantation ionique

E.Imbernon

J-C.Marrot

Jet d'encre

V.Conedera

F.Mesnigrente

Gravure

A.Lecestre

P Dubreuil

Electrochimie

D Bourrier

A.Durlach

Assemblage

S Charlot

D Colin

A.Dezalay

M.Harribey

M.Meca

Caractérisation

B Reig

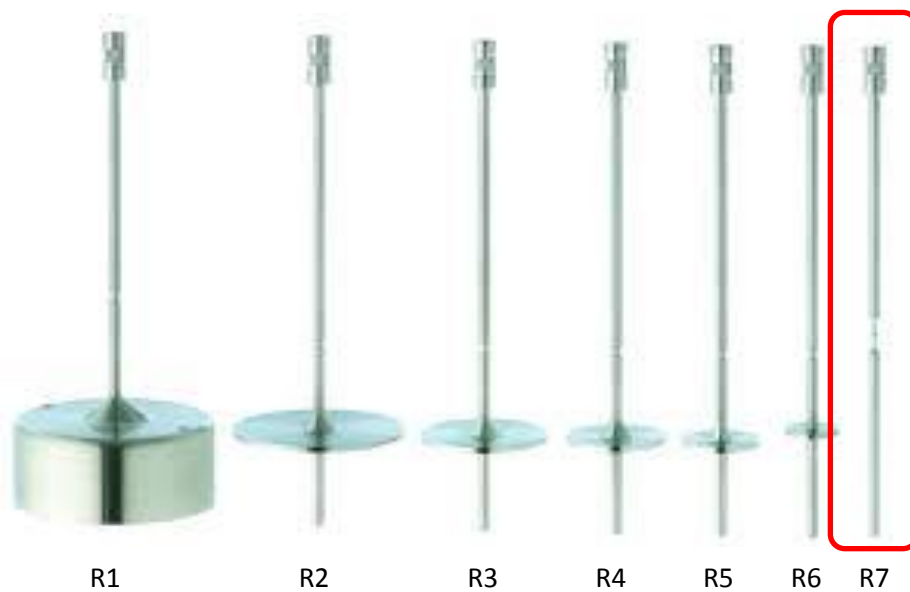
A.Arnoult

B.Rousset

Annexe 3 - Mobile viscosimètre

Valeurs Maximales orientatives en cP (mPa·s)

RPM / SP	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
0,3	33,3K	133,3K	333,3K	666,6K	1,3M	3,33M	13,3M
0,5	20K	80K	200K	400K	800K	2M	8M
0,6	16,6K	66,6K	166,6K	333,3K	666,6K	1,6M	6,6M
1	10K	40K	100K	200K	400K	1M	4M
1,5	6,6K	26,6K	66,6K	133,3K	266,6K	666,6K	2,6M
2	5K	20K	50K	100K	200K	500K	2M
2,5	4K	16K	40K	80K	160K	400K	1,6M
3	3,3K	13,3K	33,3K	66,6K	133,3K	333,3K	1,3M
4	2,5K	10K	25K	50K	100K	250K	1M
5	2K	8K	20K	40K	80K	200K	800K
6	1,6K	6,6K	16,6K	33,3K	66,6K	166,6K	666,6K
10	1K	4K	10K	20K	40K	100K	400K
12	833	3,3K	8,3K	16,6K	33,3K	83,3K	333,3K
20	500	2K	5K	10K	20K	50K	200K
30	333	1,3K	3,3K	6,6K	13,3K	33,3K	133,3K
50	200	800	2K	4K	8K	20K	80K
60	166	660	1,6K	3,3K	6,6K	16,6K	66,6K
100	100	400	1K	2K	4K	10K	40K



Annexe 4 – Fiche technique crème DMH 0524

SOLDEREL™ DM 0522 / DMH 0524 DMH 0526

INVENTEC
PERFORMANCE CHEMICALS



CREME A BRASER COLOPHANIQUE

PERFORMANCES

Ces crèmes à braser ont été développées par la Société INVENTEC dans le cadre du Marché d'Etudes FRANCE TELECOM - ALCATEL INDUSTRIE - INVENTEC ayant pour but l'étude et la maîtrise du microbillage dans le montage de composants en surface en technologie hybride et circuit imprimé. Elles répondent aux cahiers des charges des secteurs de la haute technologie aéronautique militaire ~~spatial~~ requérant une faible contamination ionique après nettoyage. Elles conservent leur pouvoir adhésif pendant 8 heures.

La gamme SOLDEREL™ est reconnue dans le secteur militaire et aéronautique pour ses performances en nettoyage des résidus après ~~refusion~~.

SPECIFICATIONS

SOLDEREL™	DM 0522	DMH 0524	DMH 0526
Alliage	Sn62 Pb Ag2	Sn62 Pb Ag2	Sn62 Pb Ag2
Granulométrie (microns)	45-75	25-45	25-45
Point de fusion (°C)	178	178	178
Poudre	sphérique	sphérique	sphérique
Teneur en métal (%)	90 0,5	90 0,5	90 0,5
Résidu non volatil (%)	67 - 73	67 - 73	67 - 73
Teneur en halogène (%)	0,2 - 0,24	0,2 - 0,24	0,39 - 0,44
Viscosité (Pa.s à 20°C) * Brookfield RVT, Hellpach Mobile 5 1/minute	650 - 750	600 - 800	500 - 600

CARACTERISTIQUES

TESTS FONCTIONNELS	Résultats	Procédures
Classification du flux	M 1 112	ANSI/J-STD-004 ISO 9454
Test de coalescence	classe 1	C 90550
Miroir de cuivre	passé	ANSI/J-STD-004
Papier chromate	passé	ANSI/J-STD-004
Corrosion sur cuivre	passé	ANSI/J-STD-004
Résistance d'Isolément (Ohms) après nettoyage après 21 jours 85°C - 85 % HR - 50 Volts 20°C - 65 % HR	passé > 10 ¹⁰ > 10 ¹²	ANSI/J-STD-004

Annexe 5 – Fiche technique Ecorel free 305-21

**ECOREL™ FREE
305-21**

INVENTEC
PERFORMANCE CHEMICALS

LEAD
FREE



**High reliability, lead free solder paste
Halogen Free – Excellent solderability**

FEATURES

ECOREL™ FREE 305-21 is a No-Clean solder paste developed to offer very good wettability on different lead-free finishes, including OSP. Its large reflow process window allows for good soldering of medium and large boards with a wide range of component sizes. Due to its outstanding organic properties, Ecorel™ FREE 305-21 can withstand multiple reflow cycles and offers low voiding. The solder joint is very shiny without graping even on very small deposits.

The radar chart below shows the excellent printing capabilities of Ecorel™ FREE 305-21 which allow for high speed printing, excellent abandon time, long steady tackiness and good pin in paste capability.

After soldering, the flux residues remaining on the PCB are chemically inert. Ecorel™ FREE 305-21 passes the Bono corrosion test. This is a key attribute to control the risk for electrochemical migration especially in electronics exposed to humidity and temperature.

SPECIFICATIONS

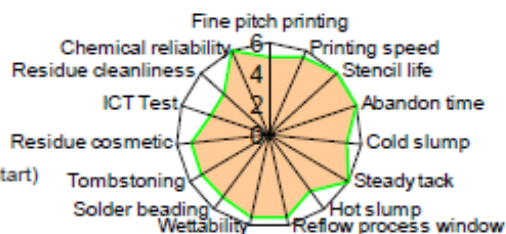
Alloy (available with others Ag content)	SnAg3Cu0.5
Powder size distribution (microns)	25 – 45
Melting point (°C)	217
Metal content (%)	88,5 ± 0,5
Halogen content	No Halogen
Viscosity* (Pa.s 20°C) *Brookfield RVT - TF at 5 rpm	750 - 950
Post reflow residues	approximately 5% by w/w

CHARACTERISTICS

Stencil life >12 hours
(Paste life time in a continuous printing process)

Abandon time >4 hours
(for 0.4 mm pitch, 120 microns stencil)
(Maximum time between two prints with good print restart)

Steady tackiness >16 hours



305-21

Annexe 6 – Fiche technique Ecorel free LT 140-18

ECOREL™ FREE LT 140-18

INVENTEC
PERFORMANCE CHEMICALS



LOW TEMPERATURE/ LOW VOIDING HALOGEN FREE SOLDER PASTE

BENEFITS

ECOREL™ FREE LT 140-18 is a no clean solder paste combining the metallurgical properties and benefits of a low melting point alloy with high performance chemistry of the Ecorel™ range assuring that the assembled electronics can reach their best reliability.

- Low reflow temperature is recommended for thermal sensitive components such as LEDs, MEMS, CMOS, plastics and flexible circuits
- Excellent solder joint strength
- Lower energy consumption during reflow contributes to reduce CO2 emissions

Compared to low melting point alloy solder pastes like SnBi, Ecorel™ FREE LT 140-18 exhibits better wetting and solder joint strength due to the presence of silver.

SPECIFICATIONS

Alloy	Sn42Bi57.6Ag0.4
Melting point (°C)	139-140
Powder size distribution (microns) / Type	25 – 45 / Type 3
Metal content (%) – Printing	89.5 – 90.5
Dispensing	85.5 – 86.5
Post reflow residues	approximately 7% by w/w
Halogen content	no halogen
Viscosity* (Pa.s 20°C) – Printing	750 – 950
Dispensing	400 – 500
* Brookfield RVT, TF at SRPM	

CHARACTERISTICS

Thanks to its outstanding organic properties, Ecorel™ FREE LT 140-18 offers optimized printing quality from medium to high printing speed, excellent abandon time, and long steady tackiness.



- Excellent solder joint quality and interconnect reliability
- Superior Wettability - Reduced solderballing
- Low solder voids

Traction Resistance Alloy Comparison (MPa) – pull & shear test

Alloy	SnPb36Ag2	SAC305	SnBi	SnBiAg
Average	76	52	57	93

Annexe 7 – Sérigraphie DEK horizon 01

DEK Horizon iX platform at a glance

	DEK Horizon 03iX	DEK Horizon 01iX
		
Standard configuration	DEK Horizon 03iX	DEK Horizon 01iX
Repeat accuracy	> 2 Cpk @ $\pm 12,5 \mu\text{m}$, 6 sigma*	> 2 Cpk @ $\pm 12,5 \mu\text{m}$, 6 sigma*
Printing accuracy	> 2 Cpk @ $\pm 25 \mu\text{m}$, 6 sigma*	> 2 Cpk @ $\pm 20 \mu\text{m}$, 6 sigma*
Standard cycle time	10 s (7 s with option)	8 s (7 s with option)
Maximum printing surface	510 mm (X) × 508,5 mm (Y)	510 mm (X) × 508,5 mm (Y)
User interface	Touchscreen, keyboard and trackball, DEK Instinctiv™ V9 software	Touchscreen, keyboard and trackball, DEK Instinctiv™ V9 software
Camera	DEK HawkEye™ 750 digital camera with dual LED illumination	DEK HawkEye™ 1700 digital camera with dual LED illumination
Squeegee adjustment	Motorized, squeegee pressure monitor (optional)	Motorized, squeegee pressure monitor
Stencil positioning	Manual with depth stop, semi-automatic optional	Automatic, incl. squeegee drip catcher
Squeegee alignment	Motorized (actuators); X and Y alignment and rotation	Motorized (actuators); X and Y alignment and rotation
DEK ProFlow®	Optional	Optional
Understencil cleaning	Optional	DEK Cyclone vacuum understencil cleaning 300/400/500 mm
Documents	Printed documents: User manual, installation instructions, circuit diagrams Technical instructions and videos that explain all operating steps are preinstalled	
Compressed air supply	5-8 bar at 5 liters/minute	
Power supply	230 V	
Weight	Approx. 660 kg	

* The printing and repeat accuracy qualification will be conducted using production-typical process variables.
The process capability rating comprises the printing speed, squeegee pressure and camera movements. Machine dimensions in millimeters

Annexe 8 - Résultat plan d'expérience DMH 0524 (en µm)

CAP 0402														
Paramètres	A	B	C	Longueur 1	Longueur 2	Longueur 3	Longueur 4	Longueur 5	Longueur 6	Longueur 7	Longueur 8	Moyenne	Ecart-Type	S/N
Test 1	-1	-1	1	801	828,864	833,344	834,125	835	839,019	842,387	845,112	832,356375	13,702039	26,6395824
Test 2	1	-1	-1	470	472,665	476,33	486,308	575,034	586,271	623,83	637,578	541,002	71,9920547	8,48738617
Test 3	-1	1	-1	843,754	845,112	851,43	855,023	860	860,008	861,323	868,75	855,675	8,55627073	30,9695866
Test 4	1	1	1	817,638	826,345	830,001	835,034	836,25	836,273	842,737	848,754	834,129	9,61759409	29,7324357
CAP 0402														
Paramètres	A	B	C	Largueur 1	Largueur 2	Largueur 3	Largueur 4	Largueur 5	Largueur 6	Largueur 7	Largueur 8	Moyenne	Ecart-Type	S/N
Test 1	-1	-1	1	550,07	548,75	563,75	567,501	592,584	583,762	565,05	580	568,933375	15,6246398	22,1941281
Test 2	1	-1	-1	470	502,5	508,75	501,25	545,001	516,252	515,218	501,256	507,528375	20,8852173	18,6815267
Test 3	-1	1	-1	575,001	603	583,751	601,314	601,47	608,878	591,678	617,562	597,83175	13,7360602	23,743436
Test 4	1	1	1	593,831	618,782	585,134	621,613	605,012	592,797	584,137	606,622	600,991	14,3605221	23,4030549
CAP 0402														
Paramètres	A	B	C	Hauteur 1	Hauteur 2	Hauteur 3	Hauteur 4	Hauteur 5	Hauteur 6	Hauteur 7	Hauteur 8	Moyenne	Ecart-Type	S/N
Test 1	-1	-1	1	117,2	117,28	128,64	128,1	138,6	123,9	121	123	124,715	7,05911973	15,912463
Test 2	1	-1	-1	285	305	287,5	297,5	237,5	265	162,5	242,5	260,3125	46,5302801	5,92428726
Test 3	-1	1	-1	113,4	100,8	136,8	138,6	115,2	135	129,6	108	122,175	14,5737288	9,43733341
Test 4	1	1	1	136,5	134,4	115,5	132,3	123,9	113,4	136,5	126	127,3125	9,18374923	13,8061207
BGA 256														
Paramètres	A	B	C	Diametre 1	Diametre 2	Diametre 3	Diametre 4	Diametre 5	Diametre 6	Diametre 7	Diametre 8	Moyenne	Ecart-Type	S/N
Test 1	-1	-1	1	337,5	327,636	321,968	342,246	337,319	348,719	307,209	339,739	332,792	13,2675784	18,9567245
Test 2	1	-1	-1	207,588	205,822	203,669	214,389	0	73,527	288,292	212,867	175,76925	92,2507461	-3,43143962
Test 3	-1	1	-1	341,012	339,864	347,763	320,11	333,225	283,849	316,586	305,617	323,50325	21,4110063	14,5539315
Test 4	1	1	1	314,142	317,274	334	329,867	318	323,892	332,65	328,415	324,78	7,58099238	23,6063645
BGA 256														
Paramètres	A	B	C	Hauteur 1	Hauteur 2	Hauteur 3	Hauteur 4	Hauteur 5	Hauteur 6	Hauteur 7	Hauteur 8	Moyenne	Ecart-Type	S/N
Test 1	-1	-1	1	119	100	117	124	127	119	112	123	117,625	8,48422907	13,8068451
Test 2	1	-1	-1	62,5	92,5	99	81	0	27	127,5	102,5	74	42,271233	-4,1671638
Test 3	-1	1	-1	90,3	102,9	105	107,1	90,3	102,9	123,9	105	103,425	10,574734	10,7762217
Test 4	1	1	1	117,3	94,3	118	112	106	96	88	116	105,95	11,7628957	10,0608345

Annexe 9 – Résultat plan d'expérience LT Ecorel 305-21 (en µm)

CAP 0402														
Paramètres	A	B	C	Longueur 1	Longueur 2	Longueur 3	Longueur 4	Longueur 5	Longueur 6	Longueur 7	Longueur 8	Moyenne	Ecart-Type	S/N
Test 1	-1	-1	1	760,066	767,516	772,516	772,565	775,145	777,536	780,1	785,004	773,806	7,67436681	40,0717374
Test 2	1	-1	-1	720	722,5	732,5	735	737,5	745	752,5	752,5	737,1875	12,3518	35,5168018
Test 3	-1	1	-1	752,517	752,566	755	755,037	762,537	762,537	765,016	775,327	760,067125	7,87223775	39,6950167
Test 4	1	1	1	730	730	735	735	737,5	750	752,5	767,5	742,1875	13,2582521	34,960374
CAP 0402														
Paramètres	A	B	C	Largueur 1	Largueur 2	Largueur 3	Largueur 4	Largueur 5	Largueur 6	Largueur 7	Largueur 8	Moyenne	Ecart-Type	S/N
Test 1	-1	-1	1	530,094	535,006	532,787	530,024	537,709	537,523	522,506	545,023	533,834	6,68810398	38,0419791
Test 2	1	-1	-1	535	502,5	517,5	537,5	522,5	532,5	517,5	527,5	524,0625	11,5679283	33,1222854
Test 3	-1	1	-1	542,506	527,648	520	535,023	537	555	542,644	530,848	536,333625	10,6960197	34,0040407
Test 4	1	1	1	542,5	520	510	515	510	540	520	525,5	522,875	12,5092823	32,422999
CAP 0402														
Paramètres	A	B	C	Hauteur 1	Hauteur 2	Hauteur 3	Hauteur 4	Hauteur 5	Hauteur 6	Hauteur 7	Hauteur 8	Moyenne	Ecart-Type	S/N
Test 1	-1	-1	1	138	138	126	128	132	138	142	130	134	5,75698334	27,3371944
Test 2	1	-1	-1	162,5	170	175	177,5	177,5	175	165	187,5	173,75	7,90569415	26,8385721
Test 3	-1	1	-1	140	120	140	160	120	100	160	120	132,5	21,2132034	15,8982553
Test 4	1	1	1	110	122	118	114	130	128	114	114	118,75	7,24568837	24,2890578
BGA 256														
Paramètres	A	B	C	Diametre 1	Diametre 2	Diametre 3	Diametre 4	Diametre 5	Diametre 6	Diametre 7	Diametre 8	Moyenne	Ecart-Type	S/N
Test 1	-1	-1	1	287,824	288,705	289,73	291,625	293,16	293,812	296,575	300,156	292,698375	4,17077605	36,9239586
Test 2	1	-1	-1	300,375	315,673	267,757	284,791	313,055	288,986	298,544	232,311	287,6865	27,2013443	20,4817263
Test 3	-1	1	-1	303,403	300,394	299,925	296,473	301,66	301,652	297,408	304,562	300,684625	2,7631845	40,7339809
Test 4	1	1	1	337,342	304,936	299,575	301,098	312,014	309,024	302,693	329,608	312,03625	13,9941797	26,96406
BGA 256														
Paramètres	A	B	C	Hauteur 1	Hauteur 2	Hauteur 3	Hauteur 4	Hauteur 5	Hauteur 6	Hauteur 7	Hauteur 8	Moyenne	Ecart-Type	S/N
Test 1	-1	-1	1	134	120	124	132	128	126	136	128	128,5	5,31843156	27,661461
Test 2	1	-1	-1	241	196	148	202	236	198	208	234	207,875	30,3052919	16,7141226
Test 3	-1	1	-1	126	135	141	129	147	150	177	147	144	15,9552947	19,1024835
Test 4	1	1	1	135	125	107,5	125	135	117,5	120	130	124,375	9,33025034	22,4937398