



# ANALYSE DE DÉCOLLEMENT D'UN ADHÉSIF STRUCTUREL

ÉTUDE DE CAS CLIENT



Auteur : Benjamin Bussenniers

AOÛT 2025



En microélectronique, on a parfois tendance à se concentrer sur les parties les plus voyantes : la circuiterie, les soudures, la puissance de traitement... Pourtant ce serait une erreur d'oublier les acteurs de l'ombre ! L'on parle ici des adhésifs, polymères, rubans, fibres, peintures et autres éléments moins centraux des complexes d'assemblage de cette industrie. Pour illustrer ce principe, nous vous partageons une anecdote professionnelle.

Lorsqu'un client renvoie plusieurs boîtiers de contrôle de thermostat parce qu'ils se sont décollés et pendent au bout de leur ruban électronique, il faut investiguer même si ces boîtiers demeurent tout à fait fonctionnels. L'enquête démontre que l'électronique n'est pas en cause, et les soupçons se dirigent naturellement vers les adhésifs.

Il est donc pertinent de nous pencher sur des adhésifs de la grande famille des acrylates, ubiquitaire parmi les adhésifs instantanés. Nous procéderons à l'analyse avec un spectromètre infrarouge (FTIR) pour en savoir plus sur ses propriétés et chaînes latérales, et par microscopie électronique à balayage (MEB) pour observer la texture et la présence de corps étrangers. Nous filerons ainsi nos principaux suspects.

- **La spectroscopie infrarouge** permet d'identifier les liaisons moléculaires présentes dans l'échantillon, principalement les liaisons organiques.
- **Le microscope électronique** permet d'observer l'échantillon à des échelles de grossissement très diverses, et d'identifier les éléments atomiques présents (plus l'élément est lourd, plus il apparaît clair).

## POUR S'Y RETROUVER, IL SEMBLE NÉCESSAIRE DE PRÉSENTER ICI L'ENSEMBLE DES PROTAGONISTES :

- Le client : L'entreprise chez qui les boîtiers se sont décollés.
- Le demandeur : L'entreprise qui a vendu et partiellement assemblé les boîtiers, et a mandaté le C2MI pour investiguer ce décollement.
- Les fournisseurs : Les entreprises qui ont fourni une sous-partie préassemblée du boîtier.

## DESCRIPTION DE LA DÉFAILLANCE

1. Après quelques semaines chez le client dans des conditions environnementales normales, l'écran se détache de son boîtier, et reste suspendu par son câblage.
2. Le décollement a systématiquement lieu entre l'ABS du boîtier et l'adhésif acrylate.
3. Les écrans d'un certain fournisseur (fournisseur n° 1) étaient les seuls écrans à se décoller de cette manière.
4. Plus spécifiquement, le demandeur avait identifié une série de lots d'assemblages écran-adhésif comme problématique, fabriqués chez le fournisseur pendant une période précise.



## DESCRIPTION DE L'APPAREIL

1. Le demandeur reçoit séparément les boîtiers et les assemblages écran-adhésif, fournis par différents partenaires, selon des spécifications techniques identiques.
2. À la fin de l'assemblage électronique, le demandeur utilise la seconde face du ruban adhésif pour fixer l'écran au boîtier.
3. Le boîtier est fabriqué en ABS (acrylonitrile-butadiène-styrène), un polymère thermoplastique largement utilisé pour sa robustesse et sa résistance aux chocs.
4. L'adhésif est une mousse acrylique, appliquée par le demandeur d'un côté sur le verre bordant l'écran, et de l'autre, sur la surface en ABS du boîtier.

## ÉCHANTILLONS ANALYSÉS

- Échantillon 1 : appareil complet décollé chez le client (fournisseur no1)
- Échantillon 2 : appareil complet, assemblé avec ensemble écran-adhésif du fournisseur no1
- Échantillon 3 : appareil complet, assemblé avec ensemble écran-adhésif du fournisseur no2
- Échantillon 4 : ensemble écran-adhésif (fournisseurs no1 et no2)

## AXES D'INVESTIGATION

1. Analyse de la surface du boîtier : anomalies visibles pouvant expliquer le décollement
2. Inspection de la surface de l'adhésif : présence de contaminants ou films interfaciaux
3. Caractérisation de l'adhésif : comparaison de la composition chimique entre les lots

Nous allons nous pencher sur deux situations différentes, et discuter les aspects suivants :

1. La surface des boîtiers sur laquelle l'adhésif est collé, puis se détache. Peut-on détecter ou voir quelque chose qui expliquerait ce décollement ?
2. La surface de l'adhésif problématique. Y a-t-il un contaminant, un film, des particules, quelque chose qui puisse causer une adhésion suboptimale en occupant physiquement l'interface ?
3. La nature de l'adhésif lui-même. Est-ce le même adhésif sur tous les ensembles écrans-adhésif ?



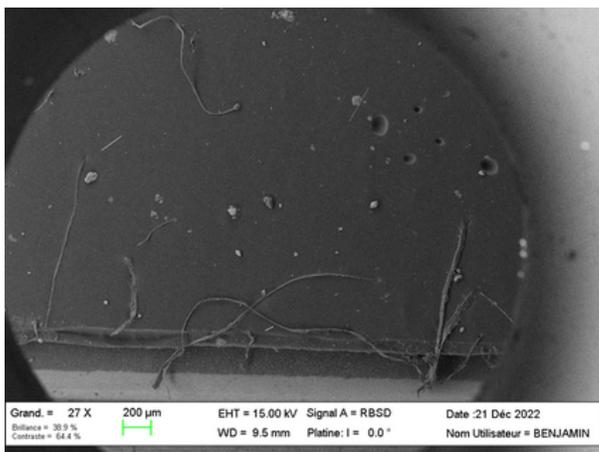


### 1. Imagerie MEB

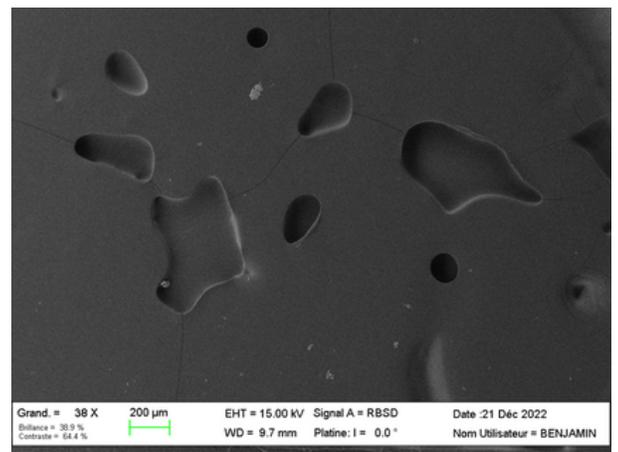
Bien que nous n'ayons pas conservé d'images de la surface du boîtier, aucune différence notable n'a été constatée entre les boîtiers des « bons » et des « mauvais » échantillons.

De nombreuses particules ont pu être observées et identifiées (voir Figure 1) : gypse, carton, cheveux, rien d'inattendu pour un échantillon qui a passé un certain temps dans un environnement normal, attaché à un mur normal.

Plus précisément, nous n'avons pas pu déterminer si les particules étaient en partie à l'origine de la rupture d'adhérence, ou si elles étaient des symptômes, adhérant à l'adhésif après qu'il se soit décollé du boîtier.



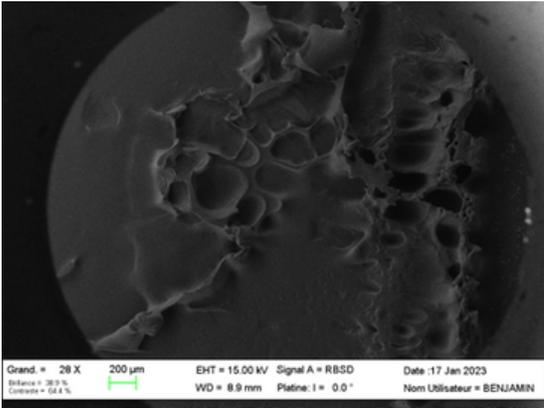
**Figure 1** : Adhésif décollé chez un client, échantillon 1 (Imagerie MEB).



**Figure 2** : Décollement de l'adhésif chez le demandeur, échantillon 2 (Imagerie MEB).

L'échantillon 2 présentait également une rupture d'adhérence entre la mousse acrylate et le boîtier ABS, mais n'a jamais été envoyé chez le client, parce que le demandeur a repéré la mauvaise adhésion. Il était légèrement plus propre (voir Figure 2), mais présentait une variété similaire de particules : poussières minérales, gypse, carton et cheveux.

Les échantillons 3 et 4 (page suivante) ont été conservés chez le fabricant et ne montrent pas de problème d'adhésion. De plus, la mousse d'acrylate présente des structures d'étirement plus intenses (voir Figure 3) après avoir été détachée en laboratoire. Il est néanmoins possible que ces structures se soient résorbées ou aient été aplaties après leur formation pour les échantillons décollés. À ce stade, nous ne pouvons pas tirer de conclusion.



**Figure 3 :** Échantillon 3, fournisseur différent, pas de signe de décollement (Imagerie MEB).

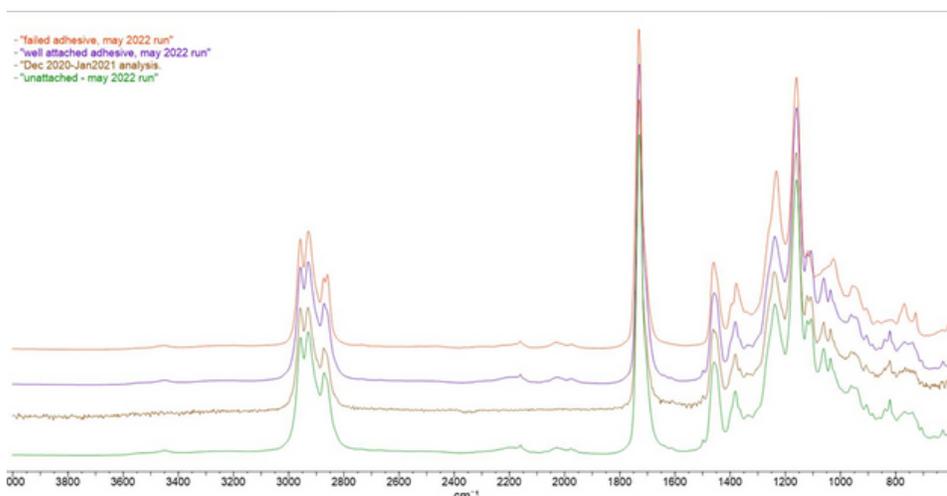
### Que nous dit l'imagerie MEB ?

- Aucun contaminant inattendu.
- Les particules observées sont plutôt omniprésentes. Certaines d'entre elles pourraient même s'être déposées sur l'échantillon dans le laboratoire.
- Les marques d'étirement observées sur l'échantillon 3, le « bon échantillon », indiquent une meilleure adhérence de cet adhésif, si l'on suppose que ces marques ne se résorbent pas avec le temps.

N'ayant pas trouvé de cause évidente, passons à l'étape suivante : la spectroscopie FTIR, pour examiner la composition de l'adhésif.

### Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR)

L'adhésion est éminemment sensible aux phénomènes d'interface ; le FTIR est un outil imparfait pour cette partie de l'investigation, car la profondeur de pénétration (entre  $< 1 \mu\text{m}$  et  $10 \mu\text{m}$  approximativement, selon la technique utilisée) peut être trop élevée et manquer les détails les plus fins de la composition de la surface. Mais le FTIR peut néanmoins être utile pour nous communiquer des informations moléculaires sur la composition réelle de l'adhésif acrylique, et nous permettre de repérer certaines causes potentielles, telles que des différences de composition, ou des signes d'altération chimique (oxydation, absorption d'eau, dommages causés par la chaleur, ...).



**Figure 4 :** Spectres ATR-FTIR (de haut en bas) : adhésif décollé de l'échantillon 1 (orange), adhésif de l'échantillon 3 (violet), adhésif d'un lot de l'année précédente (marron), adhésif de l'échantillon 4 (vert).

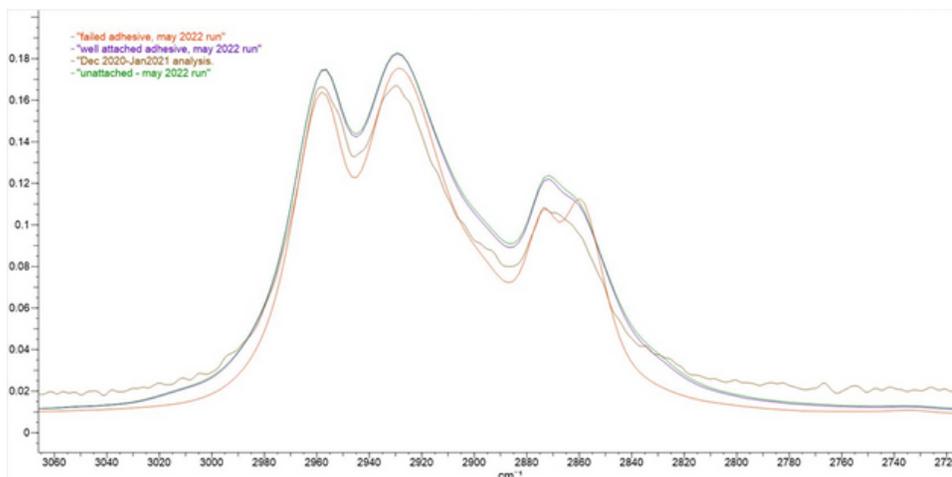


En utilisant notre micro-ATR en Germanium, nous avons collecté des spectres à la surface de divers échantillons (voir Figure 4). L'allure générale des spectres correspond à ce qu'on attendait : ce sont tous des polymères acryliques.

Cependant, de légères différences existent entre l'échantillon 1 et tous les autres, ce qui suggère une différence probable dans la composition et/ou l'abondance relative des chaînes latérales.

Plus spécifiquement :

- En observant les pics autour de  $2850-2880\text{ cm}^{-1}$ , on observe une séparation plus marquée dans notre échantillon problématique (voir Figure 5).
- Le pic autour de  $1\ 230\text{ cm}^{-1}$  est plus élevé pour notre échantillon problématique et légèrement décalé vers des nombres d'onde inférieurs (voir Figure 6).
- Les pics entre  $1\ 150\text{ cm}^{-1}$  et  $1\ 000\text{ cm}^{-1}$  sont très différents pour notre échantillon problématique (voir Figure 6).
- Il n'y a pas de pic à  $820\text{ cm}^{-1}$ , et deux pics à  $770$  et  $730\text{ cm}^{-1}$  (voir Figure 6).

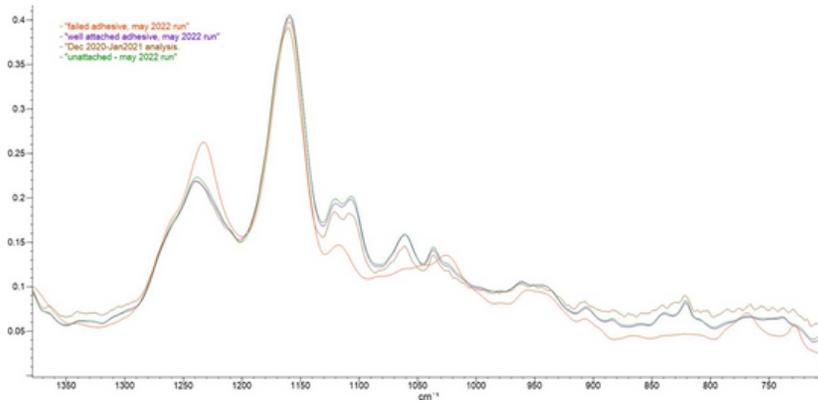


**Figure 5** : Région des hydrocarbures. Les spectres ont été normalisés pour faciliter la comparaison. Adhésif décollé de l'échantillon 1 (orange), adhésif de l'échantillon 3 (violet), adhésif d'un lot de l'année précédente (marron), adhésif de l'échantillon 4 (vert).

Si on considère les pics autour de  $2860\text{ cm}^{-1}$  et la présence de deux petits pics autour de  $750\text{ cm}^{-1}$ , cela pourrait indiquer que notre acrylate problématique possède des chaînes latérales hydrocarbonées plus longues.

L'absence de pics distincts entre  $1150$  et  $1000\text{ cm}^{-1}$  dans notre échantillon problématique pourrait indiquer que les liaisons C-O sont moins variées, donc que la composition et/ou la proportion des chaînes latérales pourrai(en)t être différente(s), mais ça tient plus de l'hypothèse que de la conclusion.

Les autres différences sont plus difficiles à interpréter, car les polymères acryliques possèdent souvent plusieurs types de chaînes latérales, chacune avec ses pics spécifiques, souvent proches, ce qui rend toute hypothèse hasardeuse sans autres informations.



**Figure 6** : Région dite «fingerprint». Les spectres ont été normalisés pour faciliter la comparaison. Adhésif décollé de l'échantillon 1 (orange), adhésif de l'échantillon 3 (violet), adhésif d'un lot de l'année précédente (marron), adhésif de l'échantillon 4 (vert).

### Que nous dit la spectroscopie infrarouge ?

Tous les adhésifs avec une bonne adhésion, stable dans le temps, sont identiques en termes de composition. L'adhésif problématique des échantillons 1 et 2 semble être aussi un polyacrylate, mais avec des chaînes latérales différentes.

### Autres considérations

Beaucoup d'autres facteurs ont été identifiés et discutés concernant les conditions environnementales de l'usine où l'adhésif est fixé au boîtier, chez le demandeur.

- Combien de temps s'est écoulé entre le retrait du film protecteur et la pose de l'écran sur le boîtier ?
- Quelles étaient les conditions d'humidité et de température dans les locaux de la chaîne de montage ?
- Y a-t-il eu un changement dans les produits de nettoyage ?
- La Covid-19 était bien présente au moment de l'assemblage des ensembles écran-adhésif, il devait bien y avoir du désinfectant quelque part ?
- Y a-t-il eu un changement dans les conditions de stockage ou d'expédition des rouleaux d'adhésif ou des écrans pré-collés, côté fournisseur ?

Toutes ces questions pourraient mener à une (ou plusieurs !) cause d'altération des propriétés adhésives de l'acrylate, souvent trop subtile pour être détectée par FTIR ou MEB.

## PREMIÈRE CONCLUSION

Malheureusement, il n'y a pas de preuve irréfutable. Nous ne pouvons pas déterminer si les particules étaient présentes avant la fixation de l'écran au boîtier. La nature des différentes particules n'est pas inattendue, et il n'y a pas de différence majeure ni d'erreur dans la composition du boîtier et de l'adhésif. Il y a une différence dans la composition de l'adhésif, et une différence dans les marques d'étirement laissées sur l'adhésif le décollage de l'écran entre les échantillons 2 et 3.

Une hypothèse raisonnable, et la conclusion provisoire à laquelle nous sommes parvenus grâce aux informations dont nous disposons, est qu'il y a une différence dans le mélange et/ou la composition des chaînes latérales de l'acrylate de l'adhésif problématique, ce qui pourrait entraîner une adhésion sous-optimale à la surface du boîtier (ABS) et, au final, un décollage chez le client.



Ici, le problème a été plus facilement repéré et investigué : le demandeur a constaté une mauvaise adhésion des boîtiers avec l'adhésif d'un fournisseur (fournisseur « A »), mais aucun problème avec celui d'un autre fournisseur (fournisseur « B »).

Le demandeur soupçonnait le film protecteur, car le fournisseur A lui a rapporté avoir retiré le film protecteur d'origine lors de l'assemblage de l'adhésif sur l'écran et en avait installé un autre, pour recouvrir la face de l'adhésif qui serait utilisé chez le demandeur pour fixer l'écran au boîtier, tandis que le fournisseur B n'avait pas modifié le film protecteur d'origine.

### 1. Composition de l'adhésif

L'adhésif lui-même est identique pour les deux fournisseurs, leur composition vérifiée par ATR-FTIR, et en comparant la taille des différentes couches des adhésifs.

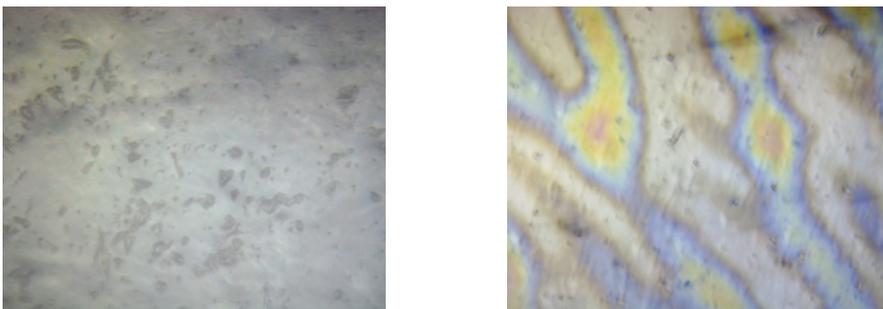
### 2. Analyse des films protecteurs

Pour les films protecteurs, la situation était bien différente. Vérifié par ATR-FTIR, le film protecteur d'origine du fournisseur B était constitué d'une feuille de PE (polyéthylène) recouverte d'une épaisse couche blanche non adhérente en PDMS (polydiméthylsiloxane) offrant une bonne couverture. La couche de PDMS présentait quelques imperfections, mais rien de majeur (voir Figure 7).

Le deuxième film protecteur du fournisseur A était, disons, de qualité inférieure. La couche de PDMS est si fine qu'elle provoque l'effet irisé visible sur la Figure 7, à droite.

Nous avons utilisé à nouveau notre cristal de Germanium pour l'analyse par ATR-FTIR, en raison de sa très faible profondeur de pénétration par rapport aux autres matériaux ATR (entre 0,3 et 1,5  $\mu\text{m}$  pour les cristaux de Germanium, selon l'échantillon).

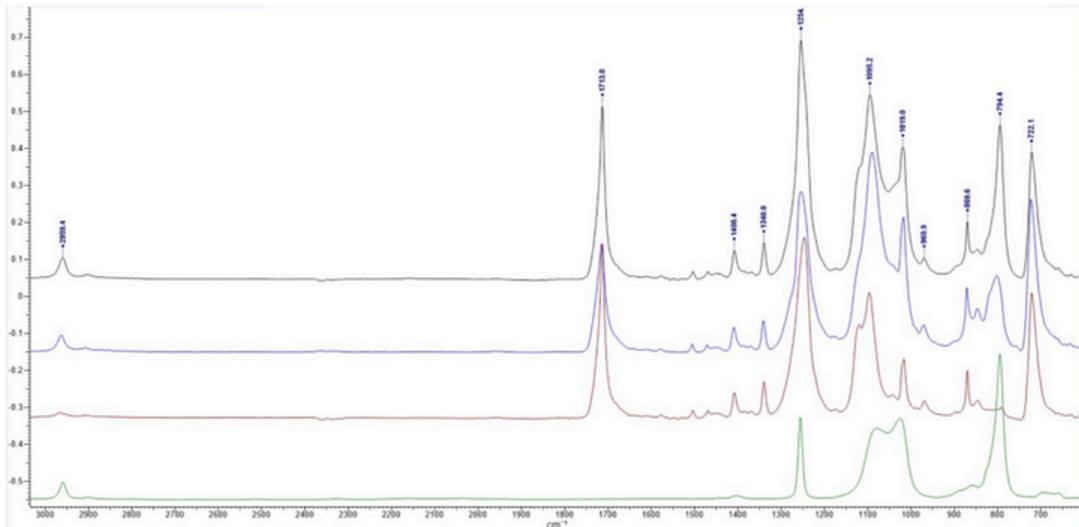
Malgré cette faible profondeur de pénétration, le PDMS n'était pas le principal contributeur aux spectres FTIR pour le film du fournisseur A.



**Figure 7:** Face intérieure des films protecteurs, du côté de l'adhésif. À gauche : film protecteur d'origine du fournisseur B, recouvert d'une épaisse couche de PDMS relativement uniforme. Le feuillet de cœur en PE est à peine visible dans les trous de la couche de PDMS. À droite : deuxième film protecteur du fournisseur A. Il n'y a pratiquement pas de PDMS, le feuillet de cœur en PET est détectable partout.



Comme le montre la figure 8 ci-dessous, le signal du PDMS est généralement faible, parfois quasi inexistant. Le moyen le plus simple de suivre la présence de PDMS dans cet échantillon est d'observer le pic Si-C autour de  $795\text{ cm}^{-1}$  ; il est à peine visible dans le spectre brun, ce qui indique qu'il représente environ 10 % du signal. En règle générale (sauf exceptions), une différence de composition de moins de 5 % sera (très) difficile à détecter par FTIR.



**Figure 8** : Spectres ATR-FTIR du film protecteur du fournisseur A. Noir : Reconstitucion d'un spectre de mélange de PDMS et PET. Bleu : spectre acquis dans la zone bleue de la figure 7 (à droite). Marron : spectre acquis dans la zone brune de la figure 7 (à droite). Vert : spectre de PDMS générique.

Ce deuxième film protecteur ne sera donc pas très efficace, car la couche de PDMS, qui est responsable de couvrir l'acrylate, avec le moins d'interactions possibles, est très fine. Nous n'avons pas cherché à savoir s'il y avait de véritables trous dans cette couche, mais on peut déjà constater la grande variance de l'épaisseur de cette couche, donc ce n'est pas impossible. La mousse d'acrylate pourrait-elle adhérer au cœur en PET (polyéthylène téréphtalate) par endroit? C'est possible.

### Posons 2 hypothèses :

1. Les propriétés d'adhésion de l'adhésif acrylique dépendent de la chimie et de l'organisation de sa surface. Or, exposer la surface de l'adhésif à l'air ambiant, même brièvement, puis replacer un film protecteur aura pour effet de diminuer la force d'adhésion finale. Probablement peu, il faut le reconnaître.
2. L'affinité de l'acrylate pour le PDMS est très faible, donc l'adhésion entre ces deux matériaux sera très faible, contrairement au PET, pour lequel l'acrylate a une plus grande affinité, car il est plus polaire que le PDMS. Si l'acrylate adhère localement au feuillet de cœur en PET, le retrait de ce film protecteur tirera sur ces points, et perturbera la mousse d'acrylate, et diminuera la force d'adhésion finale.

# CONCLUSION GÉNÉRALE



Il est certain que retirer le film protecteur longtemps avant que l'adhésif ne soit fixé au boîtier n'est pas une bonne pratique. Poser un autre film protecteur, de moins bonne qualité, n'est pas non plus une bonne pratique.

Comme le demandeur a effectivement eu des problèmes d'adhésion, nous avons proposé ces 2 hypothèses, basées sur les observations et les résultats d'analyse des films protecteurs.

Nous voilà donc confrontés à un simple adhésif, qui a amené un client à retourner des appareils tout à fait fonctionnels, mais inutilisables. Le problème n'est pas grave, mais plutôt agaçant.

Ces deux études nous permettent de souligner l'importance fondamentale de la chimie de surface en science de l'adhésion, et sa sensibilité à de nombreux facteurs, certains plus évidents que d'autres : température et humidité, présence de composés organiques volatiles (COV), interaction entre la composition de la matrice et l'adhésion de surface entre autres.

Même avec de nombreuses questions restées sans réponse, le demandeur dispose maintenant de suffisamment d'éléments concrets, de suppositions et d'hypothèses éclairées pour engager un dialogue sérieux avec ses fournisseurs.

**En combinant des équipements analytiques de pointe tels que le MEB et le FTIR à l'expertise de notre équipe, le laboratoire de caractérisation chimique du C2MI joue un rôle déterminant dans l'optimisation des produits microélectroniques.** Ces analyses permettent non seulement de prévenir des défaillances qui peuvent s'avérer coûteuses, mais aussi d'accélérer l'innovation en fournissant aux entreprises des données fiables et exploitables. En choisissant notre laboratoire, les acteurs du secteur s'assurent une meilleure maîtrise de la qualité de leurs matériaux et procédés.



## CONTACTEZ NOS EXPERTS

 450-534-8000

 [expertise@c2mi.ca](mailto:expertise@c2mi.ca)



45, boulevard de l'Aéroport  
Bromont, QC, Canada, J2L 1S8

 450-534-8000

 [info@c2mi.ca](mailto:info@c2mi.ca)