

Le Post-it, un adhésif repositionnable!



Source: Pixabay

Quelle est son histoire?

Anecdote 1

Chaque année, on estime que les entreprises consomment plus de 50 milliards de feuilles post-it.

Le Post-it a été inventé par un chercheur de l'entreprise 3M, Spencer Silver qui cherchait à mettre au point des nouveaux adhésifs. Dans le cadre de ses recherches, il a découvert un adhésif qui adhérait légèrement aux surfaces, mais qui ne formait pas une liaison ferme. Cependant, il ne trouve pas immédiatement d'applications à son invention. C'est plus tard grâce à Art Fry, un autre chercheur de 3M qui avait pour habitude de chanter dans la chorale de son église avec des marque-pages qui ne tenaient pas dans son livre de chant qu'il repensa à l'invention de Spencer, afin de créer un signet qui adhérerait au papier sans endommager les pages. Ainsi, Art et Spencer collaborent pour mettre au point ce que nous connaissons aujourd'hui sous le nom de Post-it.

De quelle famille fait-il partie?

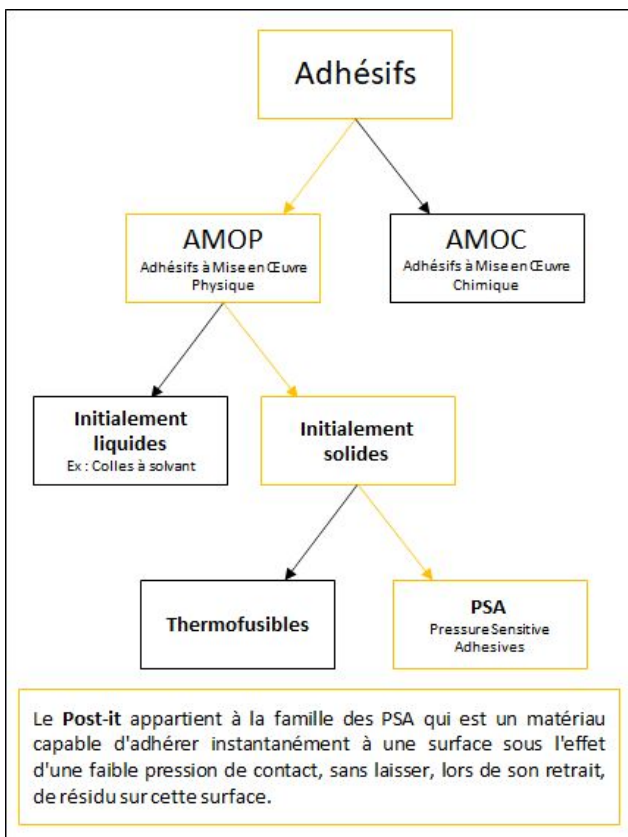


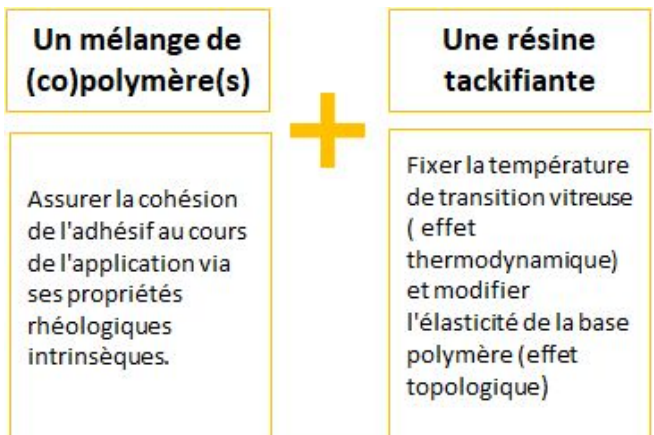
Figure 1 : Schéma des différentes familles d'adhésifs

Anecdote 2

Sa couleur emblématique Canary Yellow™ a été choisie par hasard : un laboratoire voisin disposait uniquement de bouts de papier de couleur jaune.

Chimie autour du post-it

Les adhésifs PSA ont des formulations complexes qui dépendent du type d'application. On retrouve souvent les mêmes composants de base qui ont chacun un rôle bien déterminé :



Pour le Post-it on utilise des polymères acryliques des monomères à très longues chaînes. Avec ce type de monomère il est possible de figer le comportement élastique et obtenir des adhésifs qui seront peu adhérents et réutilisables.

Figure 2 : Schéma de la formulation des adhésifs PSA

Anecdote 3

Il a été calculé qu'il faudrait 506 880 000 Post-it pour faire le tour du monde, en utilisant des notes carrés de 2-7/8 pouces de côté (73 mm).

Rhéologie de l'adhésif

Lors de la conception d'un PSA il est nécessaire de contrôler les propriétés viscoélastiques linéaires et les propriétés élastiques non-linéaires.



Figure 3 : Schéma explicatif de la rhéologie des adhésifs PSA

Différentes approches pour quantifier l'énergie adhérence

Il existe des forces d'adhésion à l'interface adhésif/substrat qui sont dans le cas du Post-it des liaisons de Van der Waals. Il existe plusieurs approches pour quantifier l'énergie d'adhérence:

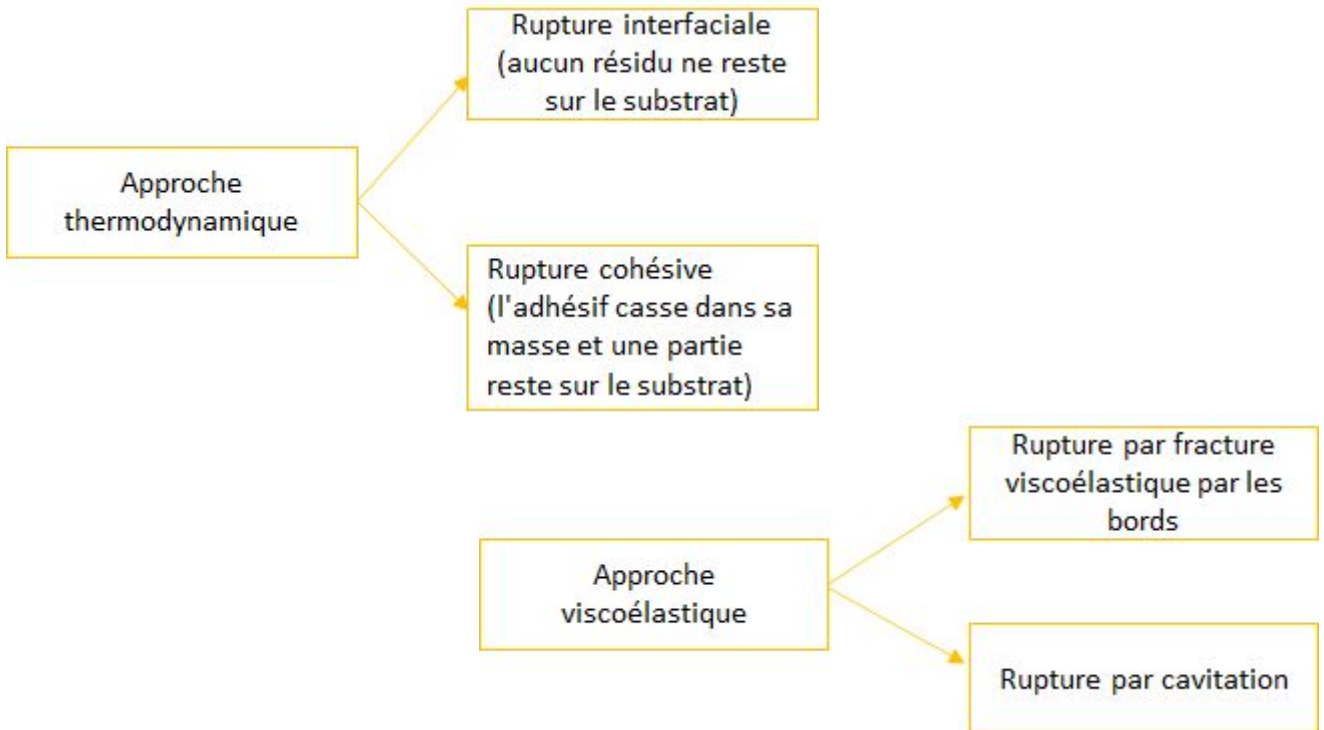


Figure 4 : Schéma des différentes méthodes pour quantifier l'énergie d'adhérence des PSA

Quelles théories de l'adhésion sont mises en jeu?

Anecdote 4

En 1996, un technicien de l'aéroport de Minneapolis trouve un Post-it sur le nez d'un avion. Celui-ci avait été posé à l'attention de l'équipe au sol de l'aéroport d'où venait l'avion et est resté en place malgré la vitesse de 800 km/h et la température de -50 °C.

Avant de parler de théorie de l'adhésion, il serait bon de définir de manière générale, ce qu'est l'adhésion:

L'adhésion est l'ensemble des phénomènes physico-chimiques qui se produisent lorsqu'on met en contact deux matériaux. Il ne faut pas confondre avec l'adhérence qui caractérise la force ou l'énergie nécessaire pour séparer deux matériaux réunis par une surface commune.

Revenons à l'adhésion, on retrouve ce terme dans divers domaines, et à chaque domaine, on retrouve une théorie. Ici, nous allons parler des différentes théories qui pourraient expliquer le fonctionnement de l'adhésif constitutif du Post-it.

Théorie de l'ancrage mécanique

Cette théorie est la plus ancienne des théories de l'adhésion. Elle fut initiée par Mac Brain en 1926. Ce modèle présente l'origine de l'adhésion comme l'ancrage physique du polymère dans les aspérités constitutives de la surface du matériau.

Faisant partie des PSA, le post-it reflète donc bien cette théorie. Pour qu'il colle, il faut appliquer une pression plus ou moins forte sur la partie de la feuille contenant la colle. Il y a donc bien un accrochage mécanique entre les deux surfaces à coller (ex: feuille de la note adhésif sur un écran d'ordinateur).

Dans cette théorie, l'aspect de la surface du matériau est très important. En effet, il doit y avoir une rugosité du substrat. Aussi, la colle acrylique doit avoir une certaine mouillabilité face au substrat.

A noter, que le Post-it colle également sur des surfaces planes donc ce n'est pas la seule théorie qui explique son comportement d'adhésif.

Théorie rhéologique

Elle rend compte des phénomènes de dissipation d'énergie au cours des tests mécaniques et donc déformations viscoélastiques ou plastiques dissipatives. Cette théorie va essayer de les quantifier afin de pouvoir trouver l'énergie d'adhésion.

Comme dit précédemment, les forces de vdW ne suffisent pas à expliquer en quoi le post it est repositionnable. C'est, en effet, de savoir comment ces interactions sont rompues. On peut donc supposer que certains tests mécaniques, comme celui du pelage, permettent d'obtenir la valeur des énergies d'adhésion. Et nous pouvons également supposer que cette énergie d'adhésion est suffisamment faible pour que le post-it puisse se décoller facilement.

De fait, on peut dire que la théorie rhéologique est mise en jeu dans l'explication du fonctionnement d'un Post-it.

Théorie de la thermodynamique

Aussi appelée théorie de mouillage, cette théorie initiée par Shape et Schonborn en 1970 repose sur les forces intermoléculaires de type van der Waals.

Comme pour tous les adhésifs autocollants, ce sont les liaisons vdW qui régit les interactions adhésives du post-it. Attention, ces forces ne suffisent pas à expliquer pourquoi le post it est repositionnable.

Un bon contact entre les deux surfaces est nécessaire pour que l'adhésion se fasse car ces liaisons intermoléculaires sont faibles et non dirigées. Donc, le polymère acrylique doit parfaitement mouiller à la surface du substrat.

Donc, on peut dire que la théorie thermodynamique est mise en jeu dans l'explication du fonctionnement d'un Post-it.

Malgré le fait que la formulation de la colle présente sur le Post-it est propre à la société qui le commercialise, on peut dire que l'une des caractéristiques des adhésifs PSA est un **module faible**. Nous pouvons donc supposer que c'est le cas pour le Post-it. De fait, le contact avec une surface même un peu rugueuse peut se faire. De plus, le post it ayant une adhésion réversible et sans endommagement de celui-ci nous indique que la dissipation d'énergie lors du décollement et la déformation de la couche adhésive doivent être contrôlée. Le module devant être faible pour une adhésion réversible, c'est le mécanisme de propagation interfaciale qui est favorisé lors du décollement du post-it. Pour ce faire, il faut que la propagation soit peu dissipative et que l'adhésif ait un comportement viscoélastique. D'où le fait que l'adhésif est composé de polymères acryliques, ce qui permet un matériau élastique avec un faible module d'Young.

Quels tests d'adhérence peuvent être réalisés?

Maintenant que les théories d'adhésion mises en jeu dans le fonctionnement du post it ont été abordées, il serait intéressant de supposer quels tests d'adhérence sont réalisés par l'entreprise qui fabrique ces fameuses notices repositionnables.

Test de pelage

Tout d'abord, il est plus que probable que le test de pelage soit réalisé. En somme, il permet de quantifier l'efficacité de l'adhésion du post-it sur divers matériaux sur lesquels il pourrait être appliqué. Ainsi, la force F nécessaire pour arracher ce dit Post-it du matériaux où il a été collé au préalable peut être mesurée. L'énergie de pelage dépend de l'angle de pelage et de la vitesse v . Nous supposons que le test de pelage en L est celui qui est le plus utilisé. Il dépend de la norme ISO 8510-1990. Ainsi la compatibilité entre la colle du post-it et le matériau est déterminée.

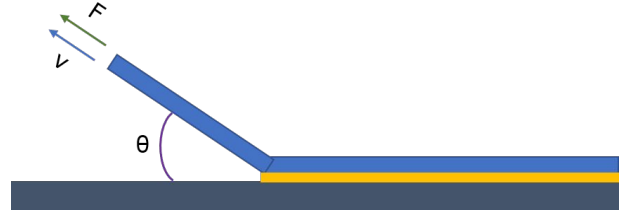


Figure 5 : Schéma explicatif du test de pelage

Test de probe tack

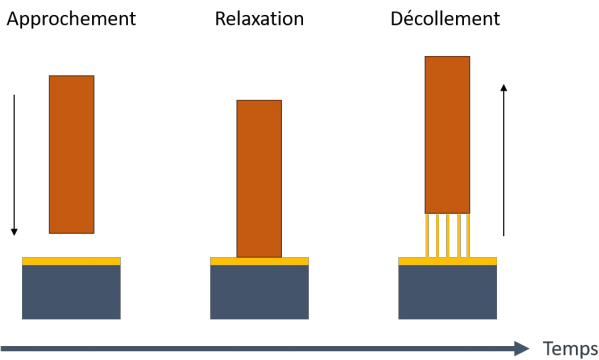


Figure 6 : Schéma explicatif des étapes du test probe tack

Aussi, le test de probe tack est probablement utilisé sur le Post-it afin de sonder l'adhésion instantanée de celui-ci. Il simule l'étape de formation et de rupture du lien adhésif. Ce test se déroule en 3 étapes :

- *Approchement* : une sonde (appelée indenteur) est approché du film mince d'adhésif (revers du Post-it) jusqu'au contact des deux surfaces (il y a alors une compression et une force de surface nominale).
- *Relaxation* : Ici, c'est l'attente qui est maîtresse de l'étape (la sonde est toujours en contact avec l'adhésif)
- *Décollement* : il y a un éloignement à vitesse constante (traction).

Quelles sont les applications/utilités des Post-it ou des colles repositionnables?

En ce qui concerne le Post-it, ils sont utilisés pour notamment des prises de notes pour les professionnels ou les étudiants. Aussi, le Post-it peut être utilisé à des fins artistiques pour la réalisation de fresques. Plus généralement, pour les colles repositionnables en spray, elles peuvent être utilisées pour des collages de pochoirs, de textiles. Ici, c'est le caractère repositionnable qui est exploité.

Anecdote 5

À Liège, à l'occasion du départ du Tour de France 2012, une fresque de 450 000 Post-it qui s'étend sur une surface de 1800 m² a été réalisée, établissant ainsi un nouveau record du monde.

Quels sont les avantages et les inconvénients des Post-it et plus généralement des colles repositionnables ?

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">❖ Accessible (peu cher)❖ Facile d'emploi, Souplesse d'utilisation❖ Repositionnable❖ Colle sur diverses surfaces sans laisser de résidu	<ul style="list-style-type: none">❖ Au fil du temps, le caractère réversible de son collage diminue❖ Ne résiste pas à de lourdes charges

En résumé

Histoire

Spencer découvre un adhésif capable d'adhérer légèrement au surface. Art lui souhaite trouver un moyen d'empêcher le papier qui lui sert de marque page de tomber de son cahier de chant. Art et Spencer coordonnent leurs deux idées pour mettre au point le Post-it.

Famille

Le Post-it fait partie de la famille des **PSA** il est capable d'adhérer instantanément à une surface sous l'effet d'une faible pression de contact, sans laisser, lors de son retrait, de résidu sur cette surface.

Chimie et Rhéologie

Mélange de **polymères acrylates** qui assurent la cohésion et de **résine tackifiante** qui permet de fixer la Tg et de modifier l'élasticité de la base polymère. D'un point de vue **rhéologique** il est nécessaire de contrôler les propriétés **viscoélastiques linéaires** et les propriétés **élastiques non-linéaires**.

Energie d'adhérence

Il existe plusieurs approches quantifier l'énergie d'adhérence :

-**approche thermodynamique**
(rupture cohésive et interfaciale)

-**approche viscoélastique**
(rupture par cavitation et par fracture viscoélastique par les bords)

Théories de l'adhésion

Il existe différentes théories qui pourraient expliquer le fonctionnement de l'adhésif constitutif du Post-it. :

- théorie rhéologique**
- théorie de la thermodynamique**
- théorie de l'ancrage mécanique**

Test d'adhérence

Il est supposé que les tests d'adhérence réalisés pour les Post-it sont les suivants :

- test de pelage**
- test de probe tack**

Applications et avantages/inconvénients

Applications : prise de notes, art (fresque) c'est le caractère **repositionnable** qui est exploité

Avantages : accessible, facile d'emploi, souplesse d'utilisation, repositionnable et colle sur diverses surfaces sans laisser de résidu

Inconvénients : le caractère réversible du collage diminue et il ne résiste pas à de lourdes charges

- ★ CRETON, Costantino., Quelques problèmes d'adhésion aux interfaces polymères. Bulletin. Paris : ESPCI, 2003, 11p.
- ★ RONCIN, Armelle. *Étude de la modification des propriétés rhéologiques linéaires et non linéaires par ingénierie moléculaire. Vers le contrôle des propriétés adhésives de matériaux autocollants*. Thèse de doctorat : Matériaux - Spécialité Polymère. Pau : l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, 2011, 247p.
- ★ AUFRAY Maëlen, Adhésion et Adhérence des Matériaux, Toulouse : ENSIACET, Parcours Matériaux Innovants 3ème année, février 2019, 28p
- ★ CLOUET S., FORTIER F., « Les rubans adhésifs ». In: *Techniques de l'ingénieur*, réf. BM7612 V1. Paris : Techniques de l'ingénieur, 10 avril 2004, BM7612-1 à BM7612-21
- ★ 3MFRANCE, Marque Post-it [en ligne]. Disponible sur https://www.3mfrance.fr/3M/fr_FR/post-it-notes/, consulté le 13 novembre 2020