

# Le Duck Tape

<b>Qu'est-ce que c'est</b>	Ruban de polyéthylène toilé/tissé avec un adhésif caoutchouc ou acrylique.
<b>Origine</b>	2 <sup>nd</sup> e Guerre Mondiale : Besoin d'un adhésif pour tenir les cartouches de munitions qui soit imperméable et facilement déchirable pour y accéder rapidement → Vesta STOUdT
<b>Théories de l'adhésion</b>	Mécanique, Liaisons chimiques, Diffusion Moléculaire, Thermodynamique
<b>Propriétés</b>	Fort pouvoir adhésif, imperméable, souple, inextensible, polyvalent
<b>Applications</b>	Réparation véhicules, outils, canalisations, emballage carton et colis, peut être résistant aux UV...

## Origine de l'adhésif

L'adhésif autour duquel est centré ce projet est le Duck Tape, plus connu sous le nom de Duct Tape. Son nom d'origine est la « toile américaine ». Il s'agit d'une toile sur laquelle est déposée un adhésif. <sup>[1]</sup> Il est imperméable, souple, inextensible et possède un fort pouvoir adhésif. Il résiste à l'humidité et est déchirable à la main.

En effet, c'est un adhésif qui a été développé lors de la Seconde Guerre Mondiale. À l'époque, les militaires utilisaient un ruban de papier imprégné de cire fondue pour sceller les étuis de munitions. Cependant ce ruban avait tendance à se déchirer et son utilisation en devenait complexe.

C'est en 1943 que le premier ruban à fort pouvoir adhésif fait son apparition au sein de la société Permacel, une division de Johnson & Johnson. Vesta STOUdT, inspectrice d'une usine d'armement, trouve que les cartouches sont mal emballées et se demande si elles ne sont pas trop compliquées à ouvrir sur le champ de bataille. Elle propose alors de fabriquer un ruban en polyéthylène toilé, résistant à l'eau. Ainsi, Johnson & Johnson s'est adapté à ses aux spécifications, et a modifié ses rubans adhésifs chirurgicaux pour qu'ils aient de meilleures performances adhésives. Ce ruban adhésif se fait très vite une place au sein des militaires car il leur permet de réparer les véhicules, et même les armes. Les soldats nommeront ce ruban à fort pouvoir adhésif le « Duck Tape » grâce à sa capacité à évacuer l'humidité « comme de l'eau sur le dos d'un canard ». À la fin de la Seconde Guerre Mondiale, le « Duck Tape » s'avère être un objet très utile en construction car il assure l'étanchéité des canalisations d'air chaud. Il devient alors le « Duct Tape ». Après de multiples évolutions, la Albert Arno Inc de Saint Louis, Missouri, déposé le nom « Ductape » en 1960 pour un produit résistant à une chaleur de 177 à 204°C. En 1977, 3M commercialise un « Duct Tape » résistant à la chaleur et à la fin des années et en 2004, 3M met un « Duct Tape » transparent sur le marché. <sup>[2][3]</sup>

Le Duct Tape peut être divisé en trois composés principaux :

- La maille de coton, qui lui permet d'être à la fois résistant à la traction, et suffisamment souple.
- Le support de l'adhésif en polyéthylène tissé, qui permet de le protéger de l'environnement extérieur.
- L'adhésif à base de caoutchouc.

Le Duct Tape fait partie de la famille des Adhésifs Sensibles à la Pression (PSA).

## Présentation des PSA <sup>[4][5]</sup>

Il existe différentes familles d'adhésifs : les adhésifs sensibles à la pression (PSA) ou, notamment, les adhésifs de réaction (avec durcissement par UV, apport de chaleur...). Les PSA sont appelés « adhésifs sensibles à la pression » ou « ruban autocollant ». Le ruban sur lequel se trouve l'adhésif peut être du tissu, du papier, un métal ou un plastique en fonction de l'application souhaitée.

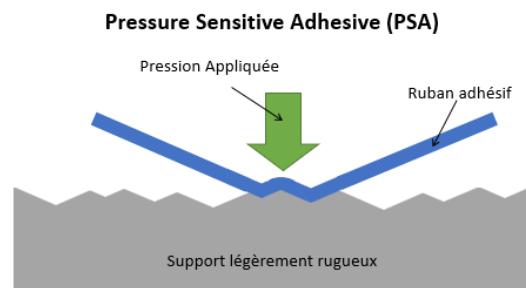


Figure 1: Schéma de principe d'un PSA sur un support

L'avantage d'un PSA c'est qu'il combine viscosité et élasticité. Ainsi, il est à la fois épais, visqueux, collant et semi-fluide comme le miel, mais aussi élastique comme le caoutchouc.

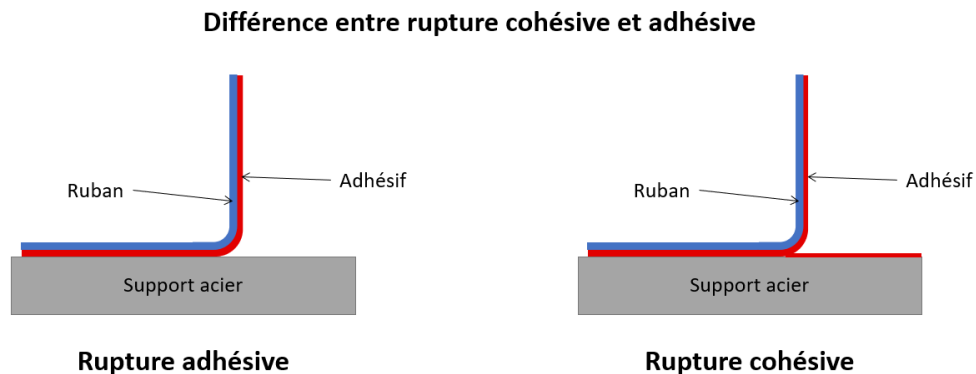
Avec ces particularités, il suffit d'appliquer une faible pression (de l'ordre d'une pression du doigt) pour lier solidement le ruban adhésif à la surface. Ainsi quand un adhésif liquide a besoin de temps pour solidifier, les PSA se solidifient dès que la pression est appliquée.

## Rhéologie des adhésifs sensibles à la pression (PSA)

Lors d'un essai d'oscillation, la dépendance en fréquence des PSA peut être mesurée facilement et rapidement sur une gamme de 0.01 à 100Hz. Le module dans cette gamme à une température donnée est directement lié à l'adhérence et aux propriétés rhéologiques de l'adhésif lors de l'application. Si ce module est trop haut, l'adhésif n'arrive pas à adhérer au substrat.

La viscosité de l'adhésif doit être suffisamment basse afin de faire un bon contact avec le substrat. Il est nécessaire d'avoir une tension de surface faible, un module faible ou une viscosité faible pour obtenir un bon mouillage et un bon étalement sur le substrat. L'adhésif doit créer des liaisons assez fortes pour résister à la séparation. [6]

De plus, un phénomène de cavitation peut apparaître lors des essais de pelage. Des bulles de gaz se forment dans l'adhésif sous l'effet d'une force. En effet, le support de l'adhésif étant flexible, la force de pelage est dissipée sur le front de pelage. Il y a alors formation de fibrilles localement, ce qui génère de la cavitation, qui suivent la propagation du front de pelage. Les fibrilles s'étirent jusqu'à entraîner une rupture cohésive ou adhésive. [7]



*Figure 2: Schéma explicatif de la différence entre rupture adhésive et cohésive*

La séparation est cohésive lorsqu'elle a lieu à l'intérieur de la couche d'adhésif, comme montré sur le schéma ci-dessus. Il reste alors de l'adhésif sur le substrat et sur le support. La rupture adhésive a lieu entre le substrat et l'adhésif. Celui-ci reste alors sur le support. La rupture adhésive est recherchée pour les rubans adhésifs repositionnables. [8]

## Théories de l'adhésion mises en jeu

Les principales théories de l'adhésion mises en jeu avec le Duct Tape sont les suivantes [9] :

- **La théorie mécanique.** L'adhésif va interagir avec les porosités du matériau pour un ancrage mécanique. En effet, ses propriétés de souplesse lui permettent un contact intime avec la surface.
- **La théorie de la liaison chimique.** Selon la nature de la surface étudiée, l'adhésif peut former des liaisons covalentes et ainsi renforcer l'interaction avec le substrat.
- **La théorie de la diffusion moléculaire.** Lorsque l'adhésif et la surface sont mutuellement solubles, il y a une inter-diffusion des molécules d'un polymère à l'autre.
- **La théorie thermodynamique.** Elle résulte des interactions entre les atomes, notamment grâce aux liaisons faibles de Van der Waals.

## Applications et utilité de l'adhésif

De nombreux types de « Duct Tape » ont été fabriqués pour des applications diverses. Les principaux sont mentionnés ci-dessous <sup>[10]</sup> :

- **Application industrielle** : Tissu et polyéthylène plus épais, poids d'adhésif plus élevé. Utilisé comme ruban d'emballage imperméable de qualité pour les envois à l'étranger, réparer le vinyle, sceller des conduits...
- **Application professionnelle** : Plus résistant, meilleure adhérence et durabilité. Utilisation pour la construction d'armoires, assemblage de feuilles en polyéthylène ou protection contre l'inhalation de fibres d'amiante, réparation de véhicules et d'outils...
- **Ruban de Gaffer** : Noir mat, se déchire et retire facilement. Utilisation pour les domaines du théâtre, de la photographie ou mise en scène industrielle. Il ne reflète pas la lumière.
- **Ruban de stuc** : Résistant à l'ultraviolet des rayons du soleil. Permet de protéger les portes et fenêtres lorsque du stuc est pulvérisé sur les murs.
- **Vrai Duct Tape** : Haut de gamme, permanent et résistant à la pression prolongée de la chaleur et de l'air sur toute la durée de vie. Utilisé pour sceller les conduits d'air.
- **Bande de tissu enduit** : Utilisé pour les lancements spatiaux aux Etats-Unis. A permis la construction d'absorbants de dioxyde de carbone.

On remarque que l'ensemble de ces « Duct Tape » ont des utilisations tout à fait différentes et chacun doit posséder des caractéristiques bien particulières qui pourront être mise en évidence lors de la réalisation des mesures de l'adhérence.

## Caractérisations des adhésifs sensibles à la pression <sup>[11]</sup>

Afin d'évaluer l'efficacité d'un ruban adhésif, de nombreux tests sont mis en œuvre :

- **Méthodes de tests du pouvoir adhésif** : les tests de pelages (normes ASTM D-3330 ou NF EN ISO 29862) <sup>[12]</sup> sont les plus fréquents.
  - o **Pelage à 180°** : il permet de quantifier le pouvoir adhésif des produits autoadhésifs. Le principe de l'essai est représenté en *Figure 3*.

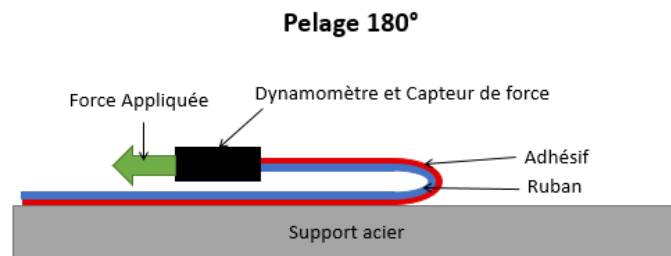


Figure 3: Schéma du test de pelage à 180°

- o **Pelage à 90°** : il permet d'évaluer la capacité de l'adhésif à être repositionnable sur un support comme représenté sur la *Figure 4* ci-dessous.

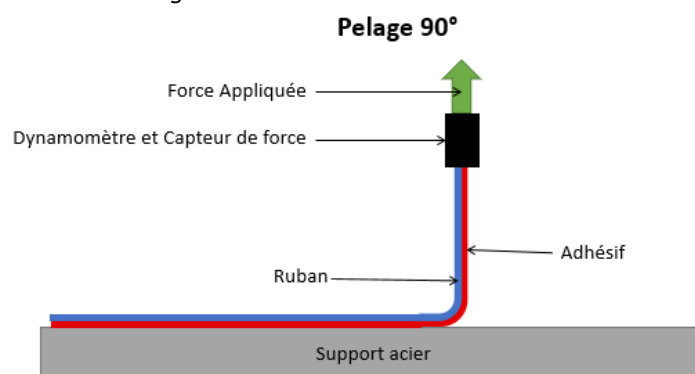
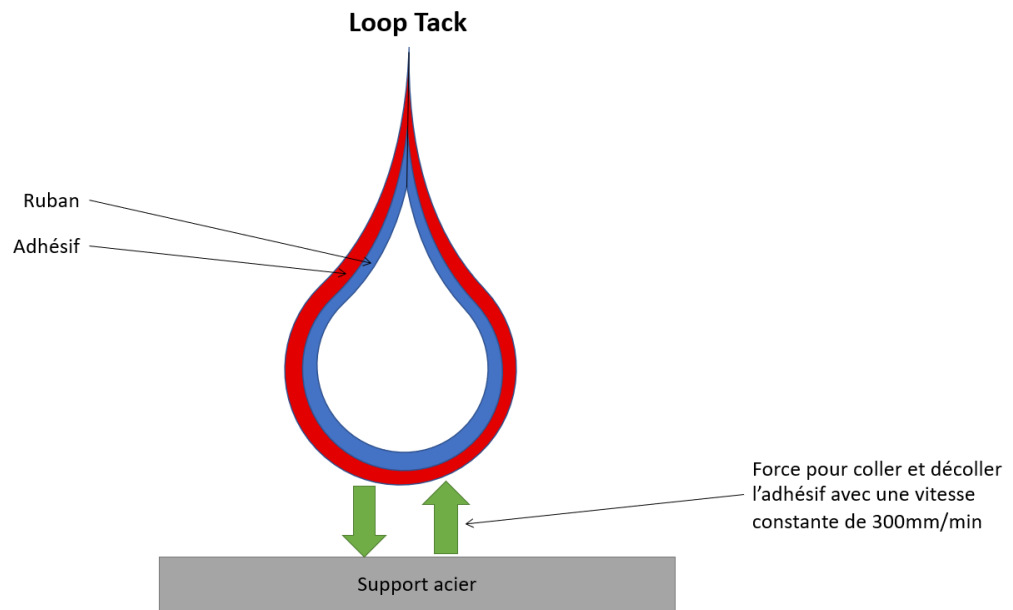


Figure 4: Schéma du test de pelage à 90°

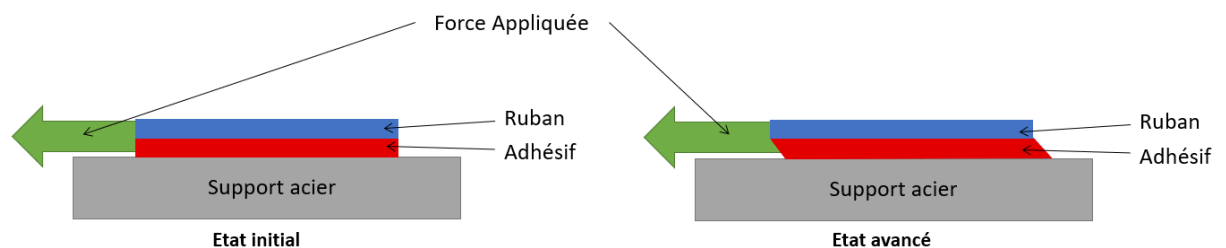
- **Adhésion instantanée (Loop Tack)** : Elle permet de caractériser l'adhésion instantanée d'un autoadhésif (norme NF EN ISO 1719 <sup>[13]</sup> et norme NF EN ISO 1939 <sup>[14]</sup>) en mesurant la force nécessaire pour décoller un adhésif d'une surface standard à une vitesse donnée (300 mm/min) comme présenté sur la *Figure 5* ci-dessous.



*Figure 5: Schéma du test d'adhésion instantanée*

- **Résistance à la traction et détermination de l'allongement** (norme ASTM D-3759 <sup>[15]</sup> <sup>[16]</sup>): essai de traction classique sur un échantillon de ruban adhésif normé.
- **Résistance au cisaillement**: test de résistance au cisaillement statique (NF EN ISO 29863 <sup>[17]</sup>) ou dynamique qui permet de déterminer la force maximum pour enlever une étiquette auto-adhésive d'une surface définie, représenté sur la *Figure 6* ci-dessous.

#### Essai de cisaillement



*Figure 6: Schéma de principe de cisaillement*

- **Force d'anti-adhérence – Délaminage à basse vitesse** : Evaluation de la force nécessaire pour séparer le protecteur siliconé du frontal adhésif (méthode de tests FINAT FTM3 et FTM4). <sup>[18]</sup>

Pour les rubans adhésifs commercialisés, l'ensemble des résultats de ces tests ne sont pas donnés mais trois tests sont récurrents : le pelage à 180°, la résistance à la traction et la détermination de l'allongement.

Les données du tableau proviennent du fabricant 3M puisque les fiches techniques étaient les plus complètes (avec les normes et tests effectués). Quatre types de rubans différents ont été comparés ci-dessous.

Tableau 1 : Comparatif des propriétés de différents Duct Tape du fabricant 3M

	Normes	Ruban adhésif Scotch™ 8981	3M™ All Purpose Duct Tape DT8	3M™ Multi-Purpose Duct Tape 3900	Heavy Duty Duct Tape 3939
Nature du support		Polypropylène ScotchPro™ bi-orienté renforcé Fils de verre	Polyéthylène tissé	Polyéthylène tissé	Polyéthylène tissé
Masse adhésive		Résine synthétique thermofusible sans solvant à haute adhésion initiale	Mélange de caoutchouc naturel et synthétique	Caoutchouc	Caoutchouc
Epaisseur totale (mm)	ASTM D-3652 [19]	0,168	0,2	0,19	0,125
Adhésion sur acier inoxydable (N/cm)	ASTM D-3330	7,60	8,1 (Pelage à 180°)	5,8 (Pelage à 180°)	2,10 (Pelage à 180°)
Résistance à la traction (N/cm)	ASTM D-3759	665,5	42	49	22,8
Elongation à la rupture		3%	19%	19%	180%
Température de stockage		4-26°C	16-27°C	16-27°C	16-27°C
Environnement de stockage (humidité relative)		40-60%	40-60%	40-60%	40-60%
Durée de vie		x	12 mois	12 mois	12 mois
Température d'utilisation		x	Jusqu'à 93°C	Jusqu'à 93°C	Jusqu'à 93°C

Tous les Duct Tape présentés ci-dessus n'ont pas les mêmes applications visées.

- Ruban adhésif Scotch™ 8981 [20] : il est utilisé pour les opérations de stockage et d'expédition car il supporte bien toute la gamme de températures couramment rencontrées.
- 3M™ All Purpose Duct Tape DT8 [21] : il se déchire facilement et se conforme aisément à toutes sortes de surfaces (verre, métal, plastique, béton scellé) et est résistant à l'eau. Il sert plutôt pour l'emballage ainsi que pour l'étiquetage et le marquage.
- 3M™ Multi-Purpose Duct Tape 3900 [22] : il est plutôt utilisé pour la réparation temporaire, l'étanchéité, la résistance à l'humidité, la protection, le paquetage, ou en tant que code couleur.
- Heavy Duty Duct Tape 3939 [23] : il sert pour le masquage industriel, et la protection lors du sablage. Il sert aussi pour le colmatage, le renforcement, le paquetage. De plus, il protège contre l'humidité, et est utilisé pour le scellement, la jointure. Il peut être utilisé en évènementiel pour fixer le câblage au sol.

Il est intéressant de noter que les propriétés mécaniques ne sont pas les mêmes selon les applications désirées. Le Heavy Duty Duct Tape 3939 a un allongement à rupture bien plus élevé que les autres pour qu'il fasse office de joint efficace. Le 3M™ All Purpose Duct Tape DT8 a un pouvoir d'adhérence plus élevé que les autres puisqu'il peut être appliqué sur différentes surfaces. Le ruban adhésif Scotch™ 8981 a une résistance à la traction beaucoup plus élevée que les autres car il sert en paquetage et doit pouvoir s'étirer sans casser.

Aujourd'hui, il existe d'autres adhésifs plus performants qui peuvent servir à la place du Duct Tape selon les applications. Ils s'inspirent globalement du Duct Tape et peuvent remplir des tâches bien précises. Quelques exemples sont listés ci-dessous:

- Le « **Gorilla Tape** » est un Duct Tape dont les propriétés ont été optimisées. Il est plus épais ce qui lui permet de mieux adhérer aux surfaces. Il peut être jusqu'à 145% plus fort en adhérence qu'un

Duct Tape classique. En revanche il est plus difficilement déchirable que le Duct Tape. Autrement, suivant sa composition (tout comme le Duct Tape) il peut être résistant au UV, à l'eau [...] et il peut adhérer sur tout type de surfaces <sup>[24]</sup> <sup>[25]</sup>.

- Le « **Gaffer Tape** » est similaire au Duct Tape mais aux propriétés distinctes. Surtout utilisé pour l'évènementiel (concerts, équipes de production de télévision...), son usage est temporaire, c'est-à-dire qu'il a des propriétés d'adhésion remarquables, mais lorsqu'on le retire, il n'abime pas la surface sur laquelle il était et ne laisse pas de résidus comme le ferait un Duct Tape. De plus, il peut supporter des températures plus élevées que le Duct Tape (jusqu'à 93°C au moins). Il sert notamment pour coller les câbles au sol (« câbles gaffés ») <sup>[26]</sup>.
- Le « **Geckskin** » est une surface adhésive inspirée des pattes du Gecko. Des chercheurs venant de l'université Amherst du Massachusetts (USA) ont étudié le Gecko, capable de grimper sur toutes les surfaces peu importe son inclinaison grâce à ses pattes aux incroyables propriétés d'adhésion. Par biomimétisme ils ont mis au point cet adhésif aux propriétés hors normes <sup>[27]</sup>.

## Bibliographie

### Origine du Duct Tape

[1] ADVANCE. *Qu'est-ce que le « Duct Tape » ?*. Mis à jour en 2020. Disponible sur : <https://www.advancetapes.com/fr/news/what-is-duct-tape/>. Consulté le 13 Novembre 2020

[2] Madehow.com. *How products are made – Duct Tape*. <http://www.madehow.com/Volume-6/Duct-Tape.html>. Consulté le 13 Novembre 2020.

[3] Charles, le journal qui s'appelle comme ça. *Le Duct Tape: un outil de rassemblement* par Vincent Audette-Chapdelaine. Disponible sur : <http://vincentac.com/varia/charles/pages/societe/ducttape.htm>. Consulté le 13 Novembre 2020.

### Présentation des PSA

[4] @tesa SE - A Beiersdorf Company. *Why is it Pressure-Sensitive Adhesives that work in tapes?*. Publié le 1<sup>er</sup> Septembre 2016. [https://www.tesa.com/en/wikitapia/why-is-it-pressure-sensitive-adhesives-that-work-in-tapes.html?fbclid=IwAR2XPNkSg\\_DNpZlOTZGmRvk7cQmEJRuhpPTRvQpg2cZxO4n90rWvSj6N\\_x7o](https://www.tesa.com/en/wikitapia/why-is-it-pressure-sensitive-adhesives-that-work-in-tapes.html?fbclid=IwAR2XPNkSg_DNpZlOTZGmRvk7cQmEJRuhpPTRvQpg2cZxO4n90rWvSj6N_x7o). Consulté le 16 Novembre 2020.

[5] STROUSE. *The Basics of pressure sensitive adhesive tape*, par Sue CHAMBERS. Publié le 29 avril 2020. <https://www.strouse.com/blog/the-basics-of-pressure-sensitive-adhesive-tape>. Consulté le 16 Novembre 2020.

### Rhéologie des PSA

[6] Adhesives and Sealants Industry. *Characterizing PSAs by Rheology*. Publié le 1er Juin 2005. Disponible sur : <https://www.adhesivesmag.com/articles/86325-characterizing-psas-by-rheology>. Consulté le 20 Novembre 2020.

[7] Benoit Blottiere, Thomas Mcleish. *Théorie moléculaire pour la modélisation du pelage d'adhésif. Rhéologie et procédés de transformation (GFR 2005)*, Oct 2005, Nice, France. 337p + 1CD-Rom. ffujm-00079893f. Disponible sur : <https://hal-ujm.archives-ouvertes.fr/ujm-00079893/document>  
Consulté le 20 Novembre 2020.

[8] Marie-Julie Dalbe. *Instabilité de Stick-Slip lors du pelage d'un adhésif . Physique [physics]*. Université Claude Bernard Lyon 1, 2014. Français. fftel-01354893f. Disponible sur : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01354893/document>. Consulté le 20 Novembre 2020.

### Théorie de l'adhésion

[9] Frédéric FORTIER, Stéphanie CLOUET. *Matériaux, Plastiques et composites – «Rubans adhésifs »*. Techniques de l'ingénieur. Publié le 10 octobre 2011. Consulté le 17 Novembre 2020.

[10] *The Complete Technical Guide to Duct Tape*. Echotape. Publié le 6 novembre 2018. Disponible sur : <https://www.echotape.com/blog/the-complete-technical-guide-to-duct-tape/>. Consulté le 12 Novembre 2020.

### Caractérisations des PSA

[11] *Catalogue Technique, Vérifiez la qualité, la performance et la conformité de vos adhésifs*. SGS Group. Disponible sur : <https://www.sgsgroup.fr/-/media/local/france/documents/brochures/sgsctestez-vos-adhsifs-catalogue-techniquea4fr13fr098ct.pdf>. Consulté le 22 Novembre 2020.

[12] ASTM D 3330 / D 3330 M. *Standard Test Method for Peel Adhesion of Pressure-Sensitive Tape*. Publié en Janvier 2004. Consulté le 22 Novembre 2020.

[13] NF EN 1917. *Adhésifs pour papier, cartons, emballages et produits sanitaires consommables - Mesurage de l'adhésivité des produits autoadhésifs - Détermination de l'adhésivité d'une boucle*. Publié en Décembre 1999. Consulté le 22 Novembre 2020.

[14] NF EN 1939. *Rubans auto-adhésifs - Détermination des caractéristiques du pouvoir adhésif linéaire*. Publié en Décembre 2003. Consulté le 22 Novembre 2020.

[15] ASTM D 3759 / D 3759 M. *Standard Test Method for Breaking Strength and Elongation of Pressure-Sensitive Tape*. Publié en Janvier 2005. Consulté le 22 Novembre 2020.

[16] Ker, Robin Elizabeth, *School-Books on Tape: The Tensile and Adhesive Strength of Duct Tape in a College Backpack* (2015). Honors Theses. 73. Consulté le 16 Novembre 2020.

[17] NF EN ISO 29863. *Rubans auto-adhésifs — Mesurage de la résistance au cisaillement statique*. Publié en Juin 2019. Consulté le 22 Novembre 2020.

[18] FINAT Test Methods. Disponible sur : <https://www.finat.com/knowledge/finat-test-methods>. Consulté le 20 Novembre 2020.

[19] ASTM D 3652 / D 3652 M. *Standard Test Method for Thickness of Pressure-Sensitive Tapes*. Mis à jour en Janvier 2020. Consulté le 22 Novembre 2020.

#### Fiches Techniques

[20] 3M Science Applied to Life. 3M™ Scotch® Filament Tape 8981. Dernière mise à jour en Mars 2019. <https://3m.citration.com/pif/000751?locale=en-US> . Consulté le 12 Novembre 2020.

[21] 3M Science Applied to Life. 3M™ All Purpose Duct Tape DT8. Dernière mise à jour en Mars 2019. <https://3m.citration.com/pif/000770?locale=en-US> . Consulté le 12 Novembre 2020.

[22] 3M Science Applied to Life. 3M™ Multi-Purpose Duct Tape 3900. Dernière mise à jour en Août 2014. <https://3m.citration.com/pif/000760?locale=en-US> . Consulté le 12 Novembre 2020.

[23] 3M Science Applied to Life. 3M™ Heavy Duty Duct Tape 3939. Dernière mise à jour en mars 2013. <https://3m.citration.com/pif/000762?locale=en-US> . Consulté le 12 Novembre 2020.

#### Autres adhésifs

[24] United States Plastic Corp. FAQ's bout the Gorilla Tape. Dernière mise à jour le 18 Spetembre 2013 ; <https://www.usplastic.com/knowledgebase/article.aspx?contentkey=456>. Consulté le 15 Novembre 2020.

[25] GorillaGlue. *Gorilla Tape® – Noir*. <https://fr.gorillaglu.com/ruban-noir-gorilla/> Consulté le 15 Novembre 2020.

[26] Gaff Tapes. *What is Gaffers Tape? Why use it?*. Publié le 14 Juin 2020. [https://www.gafftapes.com/gaffers-tape-online/6\\_whats-gaffers-tape-used-for.html](https://www.gafftapes.com/gaffers-tape-online/6_whats-gaffers-tape-used-for.html). Consulté le 15 Novembre 2020.

[27] Techniques de l'Ingénieur. « *Geckskin* », *surface adhésive inspirée par les pattes du gecko*. Publié le 22 Mars 2012. <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/geckskin-surface-adhesive-inspiree-par-les-pattes-du-gecko-24955/>. Consulté le 15 Novembre 2020.