



**HAL**  
open science

## Membranes élastomères en silicone à architecture de module pour applications biomédicales

Arthur Stricher, François Ganachaud, Laurent Chazeau, Grégory Chagnon,  
R.G. Rinaldi

### ► To cite this version:

Arthur Stricher, François Ganachaud, Laurent Chazeau, Grégory Chagnon, R.G. Rinaldi. Membranes élastomères en silicone à architecture de module pour applications biomédicales. Deformation des polymères (DEPOS25), Mar 2014, Giens, France. hal-01872516

**HAL Id: hal-01872516**

**<https://hal.science/hal-01872516>**

Submitted on 12 Sep 2018

**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.

## Membranes élastomères en silicone à architecturation de module pour applications biomédicales

Arthur Stricher<sup>a\*</sup>, François Ganachaud<sup>a</sup>, Laurent Chazeau<sup>b</sup>, Grégory Chagnon<sup>c</sup>, Renaud Rinaldi<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Université de Lyon, Insa-Lyon, IMP@INSA-Lyon, CNRS UMR5223, 17 avenue Jean Capelle F-69621 Villeurbanne, France

<sup>b</sup> Université de Lyon, Insa-Lyon, MATEIS CNRS UMR5510, 7 avenue Jean Capelle, F-69621 Villeurbanne, France

<sup>c</sup> Université de Grenoble, CNRS, TIMC-IMAG - UMR5525, Grenoble, France

\*arthur.stricher@insa-lyon.fr

**RESUME :** Notre objectif est de réaliser des membranes élastomères en polydiméthylsiloxane (PDMS) anisotropes, dont la distribution spatiale des propriétés mécaniques est contrôlée à l'échelle mésoscopique. La fabrication de tels matériaux devrait permettre de reproduire des propriétés uniques de certains tissus du vivant en vue de réaliser des prothèses. Ainsi, la densité de réticulation du réseau élastomère est contrôlée par l'ajout d'un photoinhibiteur, qui désactive les sites de réticulation du silicone via un rayonnement UV, avant vulcanisation thermique [1]. Ainsi, la distribution spatiale des propriétés mécaniques est contrôlée (Fig. 1) en utilisant un masque aux motifs variables[2]. L'applicabilité de cette technique a été démontrée sur un grade médical de silicone élastomère. Un ratio de 4 entre les modules des échantillons irradiés et non irradiés a été obtenu, tout en conservant les propriétés élastiques acceptables. Nos efforts se concentrent désormais sur la compréhension de la réaction de photo-inhibition, sur des molécules modèles.



Figure 1 : Membrane à architecturation "série" (a) au repos (b) étirée manuellement (A : Zone de module fort, B : Zone de module faible).

**MOTS CLES :** Matériaux architecturés, élastomères silicone, PDMS, propriétés mécaniques, UV, benzophénone

**MATERIAUX ET METHODES :** La formulation bi-composant LSR Silbione 4360 de Bluestar est mélangée à de la benzophénone et à du Xylène puis dégazée pendant 15 minutes pour enlever les bulles d'air. Le mélange est alors étalé sur un moule à l'aide d'un bar coater, et irradié sous une lampe UV à ampoule au mercure sous des masques aux motifs choisis. Le tout est enfin « développé » avec une réticulation en température classique. Les propriétés mécaniques ont été testées en traction uniaxiale. La densité des nœuds de réticulation est évaluée à partir d'essais de gonflement dans un solvant. Des membranes à architecture simple (série ou parallèle) ont été testées en traction et l'élongation en tout point de celles-ci déterminées par stéréo-corrélation.

### RESULTATS ET DISCUSSION :

#### a. Propriétés mécaniques

Les propriétés en traction uniaxiale de formulations à différents taux massiques de benzophénone, sur des membranes avec ou sans irradiation, sont représentées dans la figure 2. On observe que l'ajout de benzophénone sans irradiation n'a pas d'effet sur le comportement mécanique. Au contraire, un ajout croissant de benzophénone couplé à une irradiation de 90 min détériore à la fois le module et les niveaux de contrainte (selon un facteur de 4 pour 20% de benzophénone). En traction cyclique graduelle, on observe que la déformation résiduelle après chargement augmente avec la diminution des

propriétés mécaniques, il est probable que les chaînes pendantes ne participant pas à la réticulation en soient la cause.

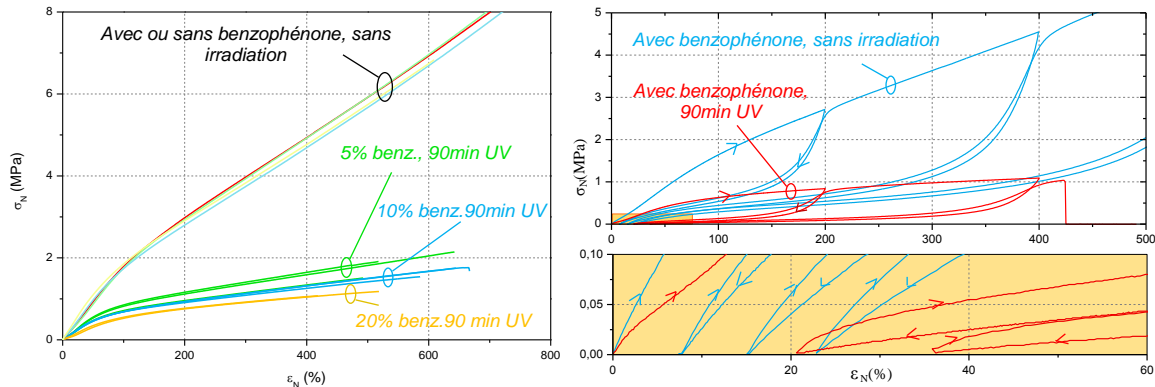


Figure 2 : Effet de l'ajout de benzophénone sur les propriétés mécaniques, avec ou sans irradiation (à gauche) Effet de la détérioration des propriétés mécaniques sur le retour élastique (à droite)

### b. Résultats en gonflement

Pour des membranes à différents temps d'irradiation, la densité de réticulation et le taux d'extractible sont évalués par gonflement grâce à l'équation de Flory – Rehner<sup>[3]</sup>.

On observe que la masse entre nœuds de réticulation augmente bien avec la dose d'irradiation.

### c. Stéréocorrélation

Le champ de déformation est mesuré sur une membrane de type « série », dont le ratio d'élongation entre zone molle et dure est de 2. A terme, cette technique permettra de mesurer la largeur des interfaces atteignables avec cette technique, et donc la résolution minimale des motifs d'architecture.

**CONCLUSION :** L'utilisation de la benzophénone irradiée sous UV dans une formulation commerciale d'élastomères silicones a permis d'obtenir des membranes avec un ratio de propriétés mécaniques de 4. L'effet de celle-ci a été démontré sur la masse entre nœuds de réticulation. Cependant, la compréhension du mécanisme d'inhibition reste à approfondir. Cela pourrait permettre d'obtenir des ratios plus élevés, et donc toucher des domaines d'applications plus larges.

**REMERCIEMENTS :** Ce travail a été financé par l'agence nationale de la recherche française via le programme SAMBA ANR-12-BS09-008-01 Merci également à Marie Rebouah pour les essais de stéréocorrélation.

[1] Jothimuthu et al., Photodefinable PDMS thin films for microfabrication applications *Journal of Micromechanical Microengineering*, 19, 2009

[2] Cotton et al., Photopatterning the mechanical properties of polydimethylsiloxane films *Journal of Applied Physics* 109, 2011

[3] Flory PJ. Et al. Statistical mechanics of Cross-linked polymer Networks II. Swelling, *Journal of chemistry and Physics*, 11, 1953

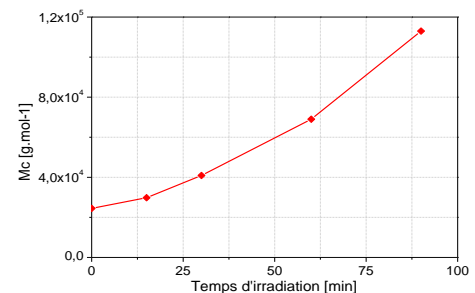


Figure 3 : Evolution de la masse entre noeuds de réticulation en fonction du temps d'irradiation

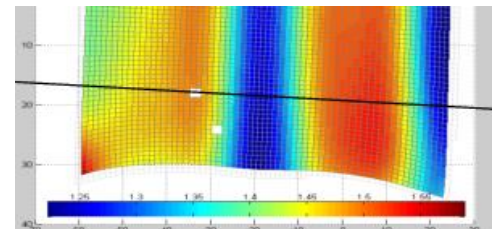


Figure 4 : Représentation de l'élongation sur une membrane architecturée. En rouge (clair) les zones où l'élongation est maximale (=1,5) et en sombre, zones où elle est minimale (=1,25)