



AVANCÉES SUR LA VISUALISATION DES RAYONNEMENTS ALPHA AVEC UN DISPOSITIF PASSIF DE TYPE POLYMÈRE

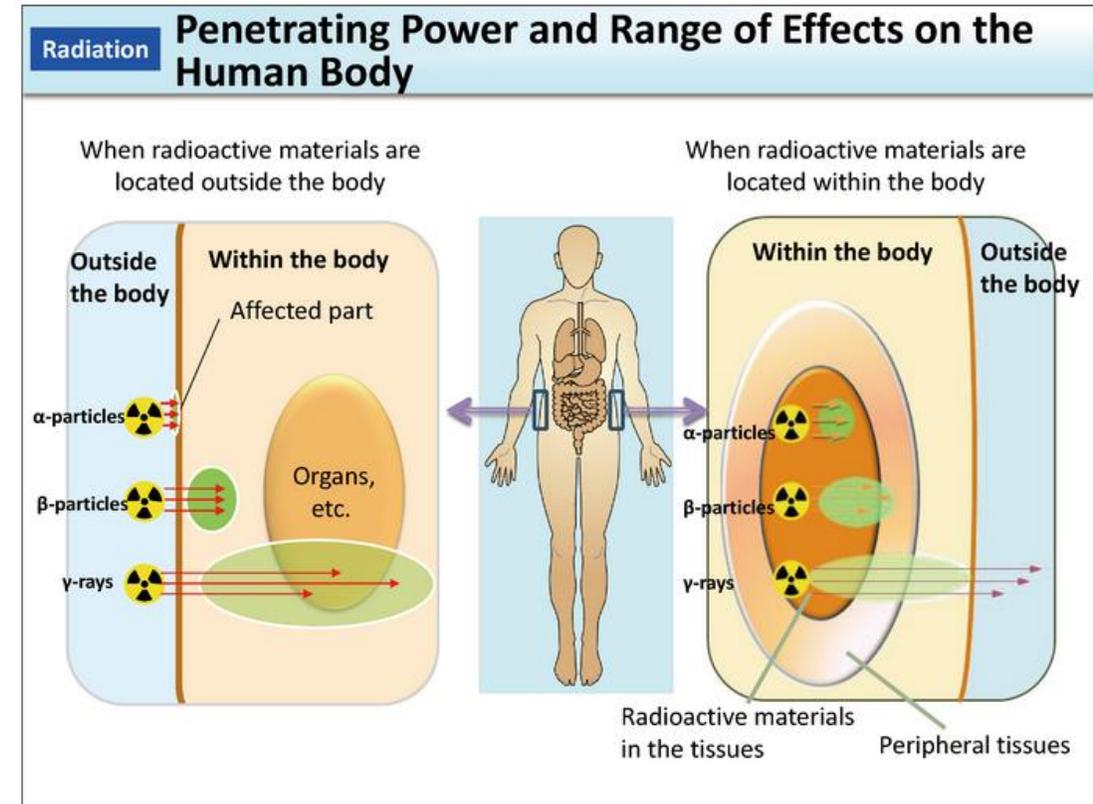
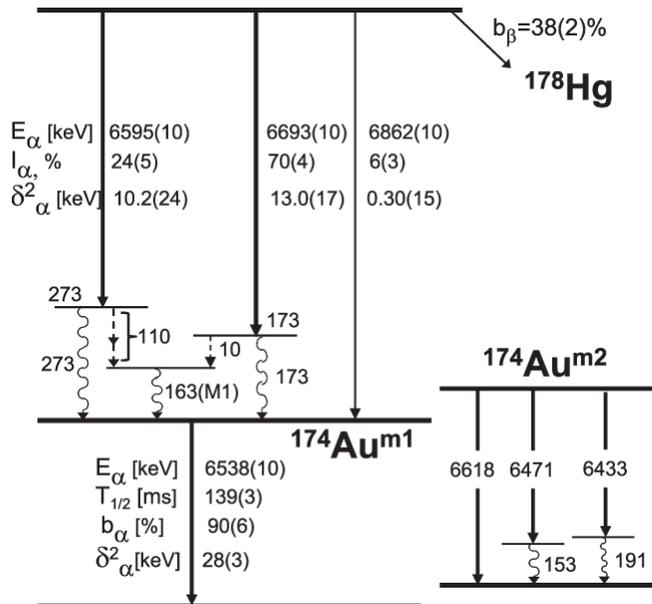
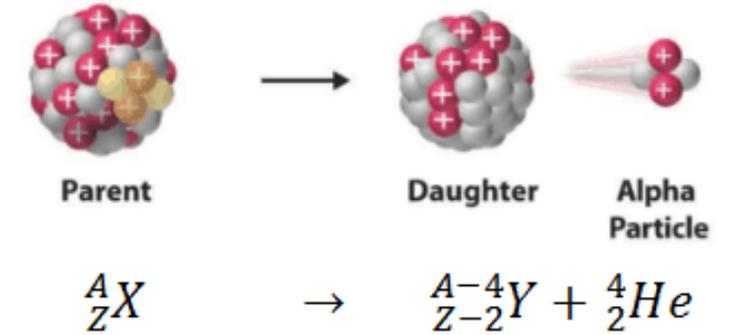
Valentina DESGRANGES,
Catherine MONIER,
Adrien GUIMET

Congrès national de la SFRP , Dijon, 13 juin 2023



Rayonnement α en radioprotection

- Noyau d' ^4He ;
- Charge 2^+ , Masse 3,7 GeV ;
- Energie de liaison de 28,8 MeV ;
- Monoénergétique, entre 3,5 et 9 MeV ;
- Émetteurs α dans la famille des actinides ;
- **Peu pénétrante ;**
- **Très ionisante ;**
- Perte de ~ 35 eV par paire d'ions produite dans l' air ;
- Parcours faible dans la matière ($< 60 \mu\text{m}$ in Si).



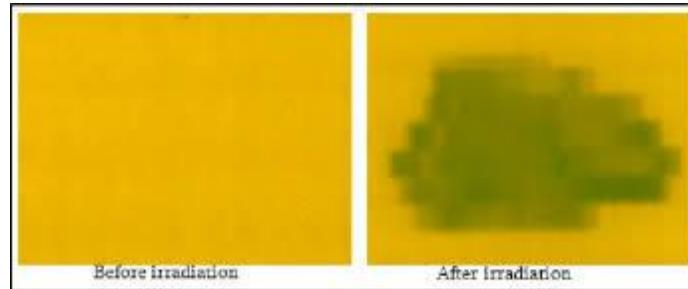
“BOOKLET to Provide Basic Information Regarding Health Effects of Radiation”. Ministry of Environment, Government of Japan

Rendre visibles les rayonnements ionisants qui sont par essence invisibles

Avec un dispositif passif

1

Recherche de procédés existants



Film radiochromique Gafchromic™

<http://www.gafchromic.com>

- Application radiothérapie, etc
- Dose range 0,1 Gy à 40 Gy
- L'analyse par densité optique

2

Etude EDF R&D – CNRS pour

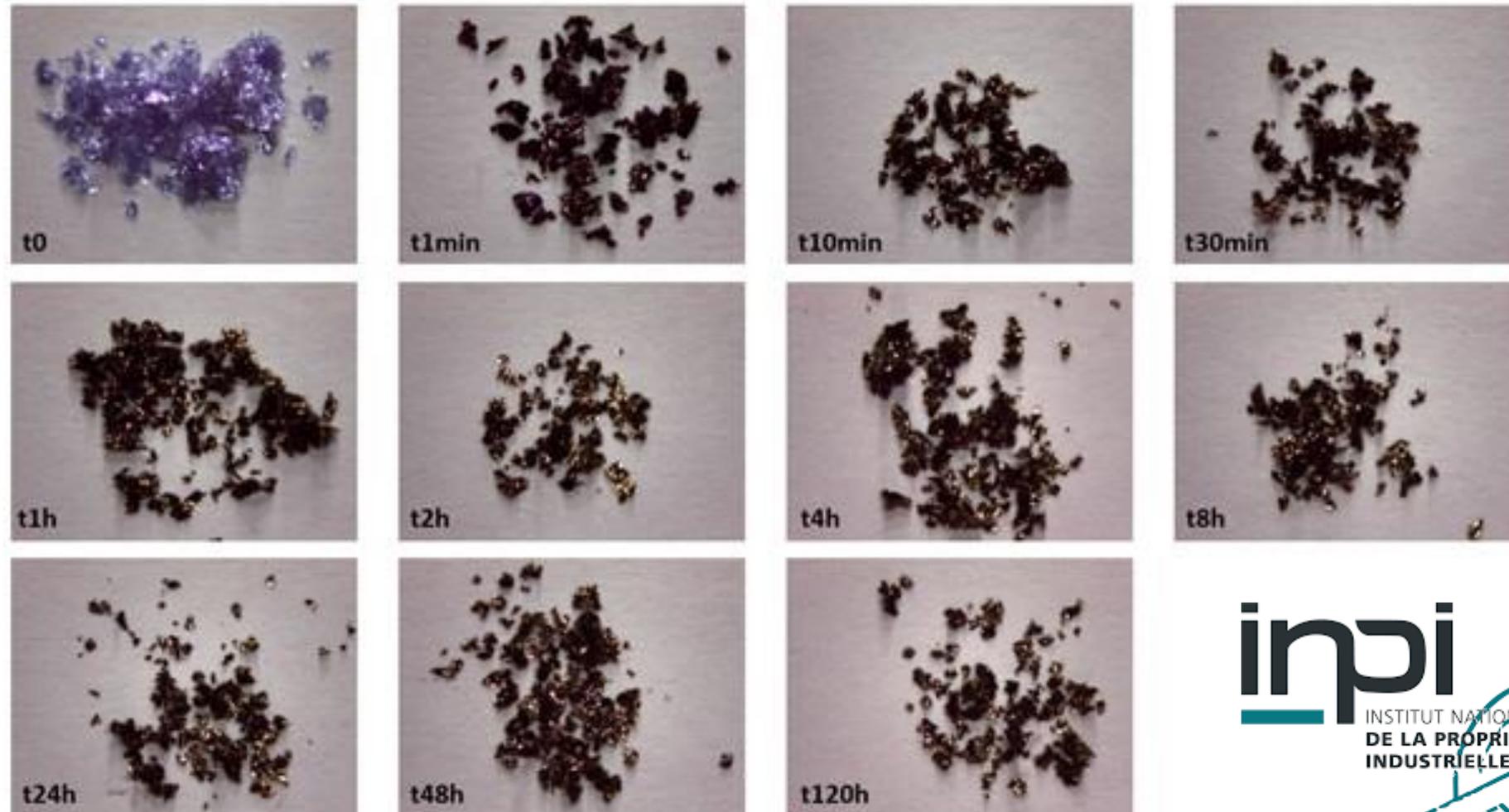
- Déformuler la composition
- Améliorer la sensibilité



3

- Couche active à base de composants diacétyléniques
 - Synthèse d'une nouvelle famille de monomères diacétyléniques, dont le plus réactif aux UV est le 6-BU

Réactivité du 6-BU aux UV



Suivi cinétique sous UV



Polymères diacétyleniques

- * Les PDAs (polydiacétylènes) sont des polymères π -conjugués obtenus par polymérisation topochimique (à l'état solide) des monomères diacétylènes DA.
- * Les polymères π -conjugués sont constitués d'une alternance de liaisons carbone-carbone simples et doubles.
- * La polymérisation s'effectue directement dans le monocristal de monomère pour former un monocristal de polydiacétylène

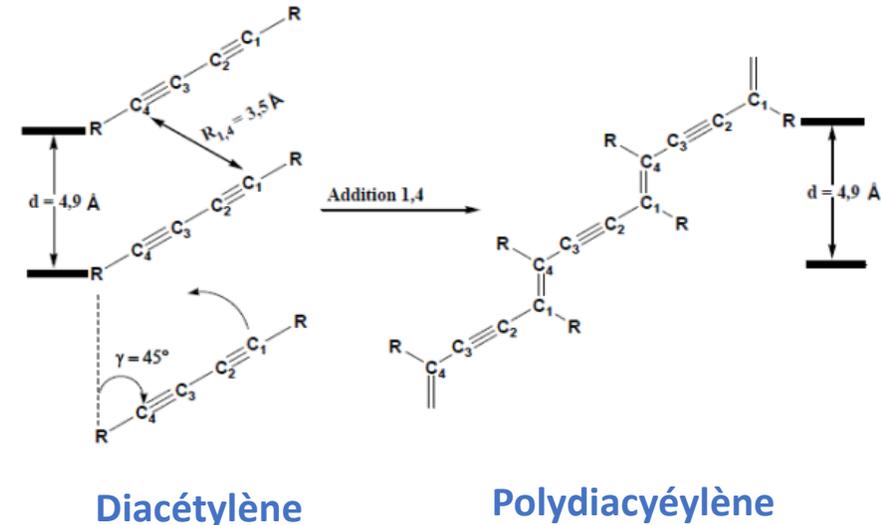
Pour que la polymérisation 1,4 des diacétylènes puisse avoir lieu :

Conditions géométriques

les atomes de carbone C1 et C4 de deux monomères adjacents doivent être placés et orientés selon un certain angle.

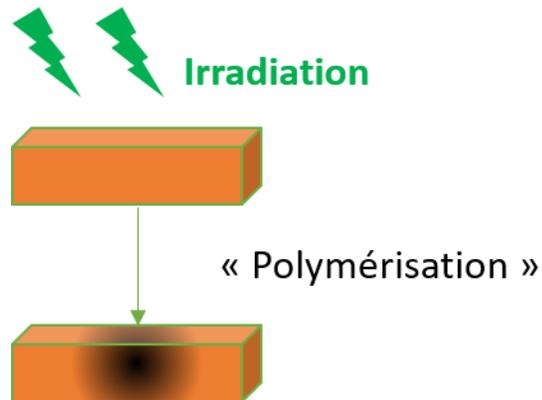
- les unités diynes (2 liaisons C-C triple) doivent être séparées d'une distance (d) ne dépassant pas 4,9 Å.
- l'angle d'autoassemblage doit être orienté à 45° (γ) par rapport à l'axe vertical
- la distance ($R_{1,4}$) entre C1 d'un diyne et C4 du diyne adjacent doit être égale à 3,5 Å,
- les centres C1 et C4, où la réaction va avoir lieu, doivent impliquer une rotation moléculaire qui doit agir contre les forces répulsives exercées par les atomes C1 et C4 adjacents avant la formation de la liaison.

Ces paramètres doivent être simultanément présents, afin de faciliter la réaction.



Activation

- Température
- Pression
- Chimique
- **Irradiation**



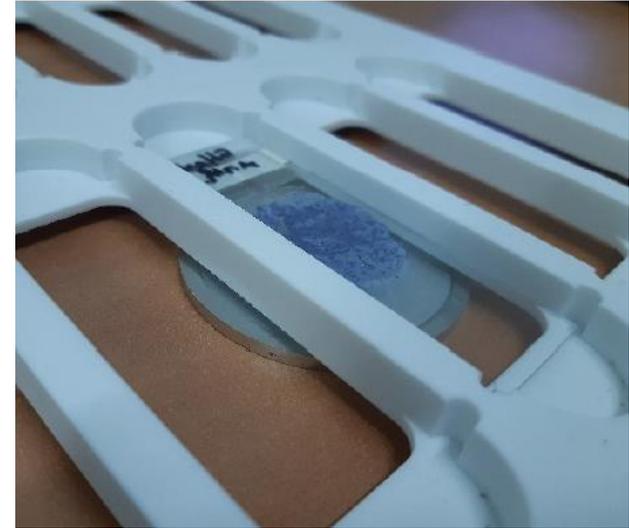
- * Ce sont les liaisons $C\equiv C$, présentes dans la structure chimique des DA, qui vont générer les espèces actives sous la forme de radicaux libres
- * Les principales sources d'irradiation reportées dans la littérature émettent des photons et sont les UV, les rayons X ou encore le rayonnement gamma (source 60Co)
- * Étude Gafchromic avec alpha (2 MeV)

Réactivité du 6-BU

- Campagne d'essais réalisées à EDF lab Paris-Saclay (en cours)
- 2 sources alpha d' ^{241}Am
- Flux entre 100 et 300 $\alpha/\text{s}\cdot\text{sr}$

Exposition des échantillons de 6-BU en fonction :

1. Du temps,
2. De l'activité de la source,
3. De la distance entre la source et l'échantillon.

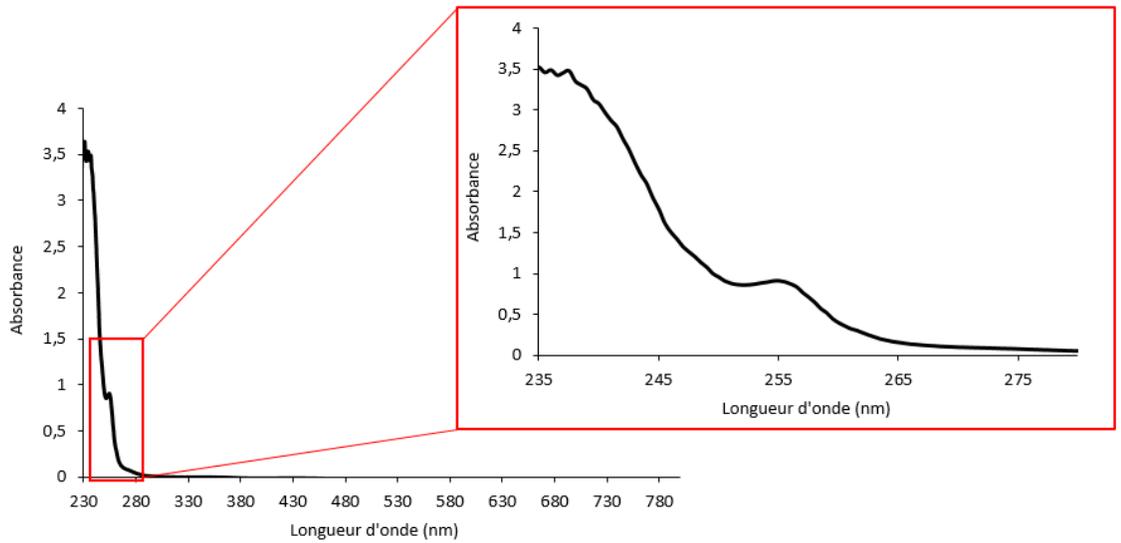


Caractérisation de l'échantillon avant et après irradiation → détermination du taux de polymérisation

- 1 Spectroscopie UV-Vis
- 2 DSC (Differential Scanning Calorimetry)
- 3 GC-MS (chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse)

Caractérisation du τ de polymérisation (1/3)

Avant irradiation

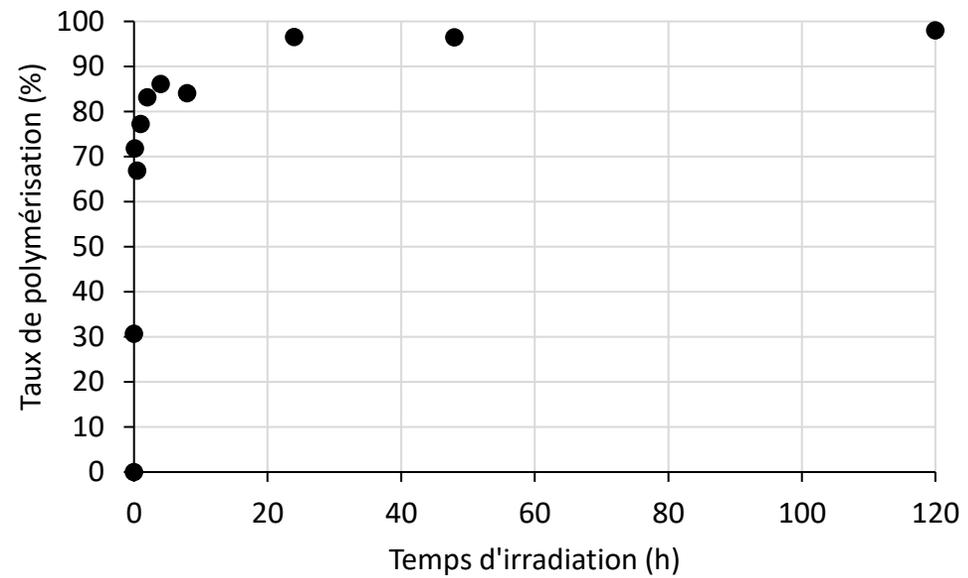
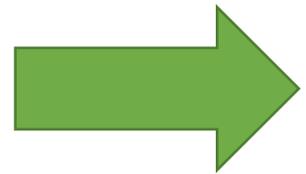
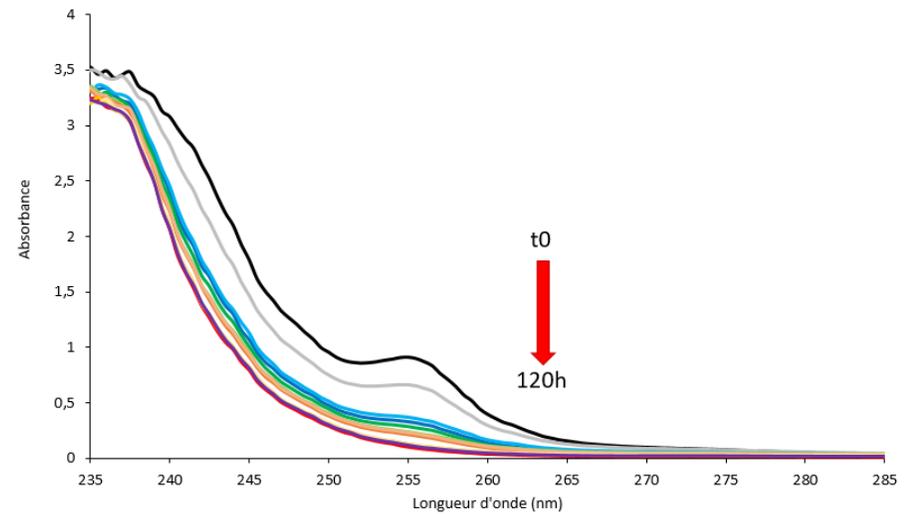


1

UV/Vis: Le suivi en fonction du temps d'irradiation de l'absorbance du pic à 254 nm permet de remonter aux taux de polymérisation

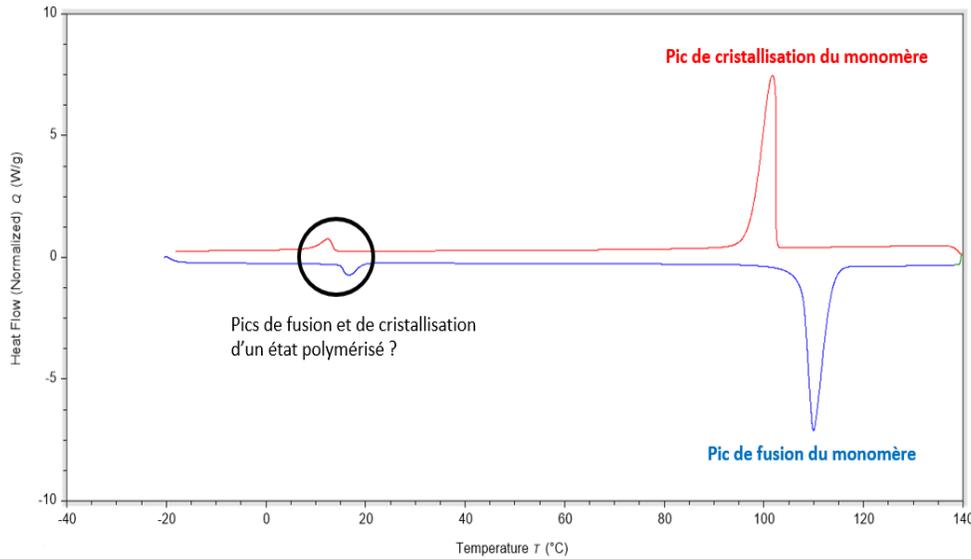
Données relatives à l'irradiation sous UV

Après irradiation

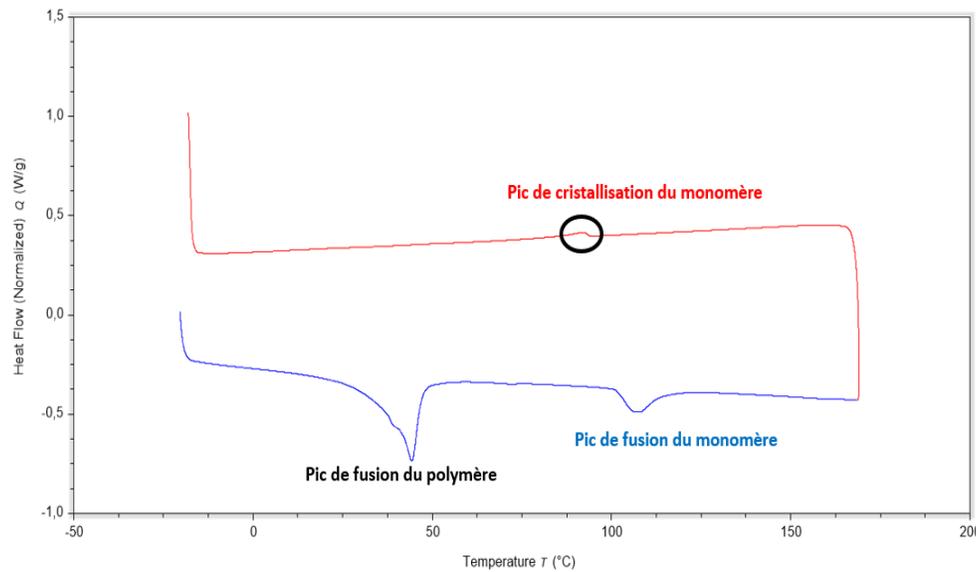


Caractérisation du τ de polymérisation (2/3)

Avant irradiation



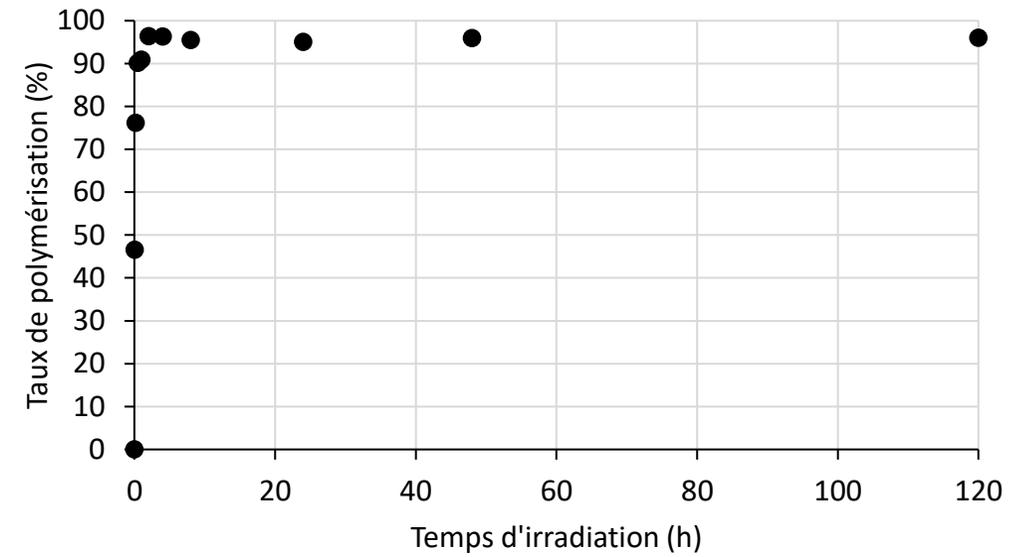
Après irradiation



2

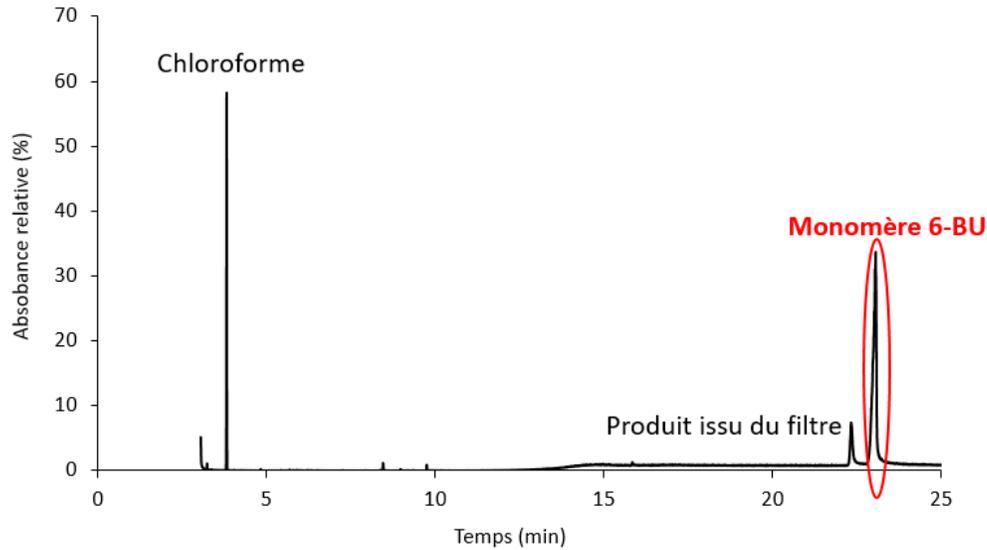
DSC: Le suivi en fonction du temps d'irradiation de l'enthalpie de fusion du monomère permet de remonter aux taux de polymérisation

Données relatives à l'irradiation sous UV

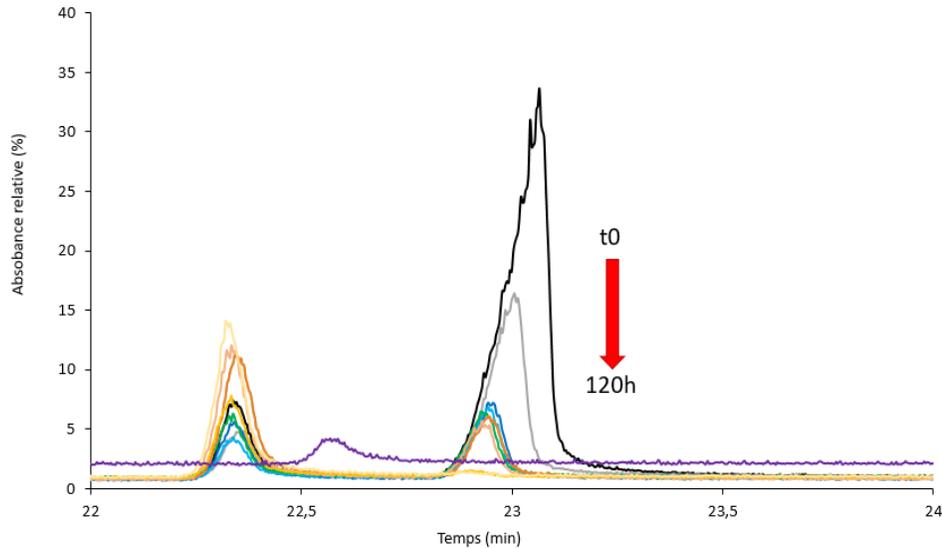


Caractérisation du τ de polymerisation (3/3)

Avant irradiation



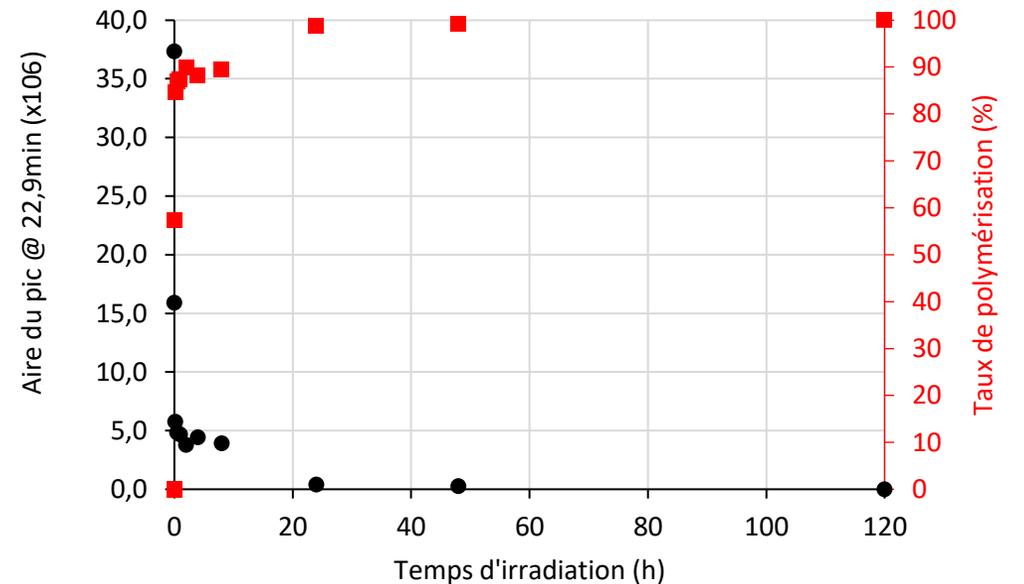
Après irradiation



3

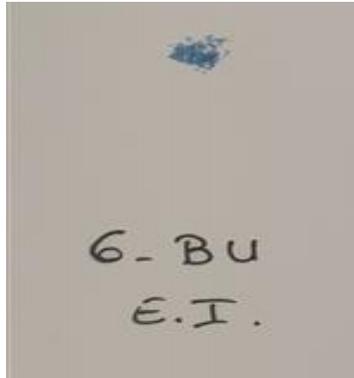
GS-MS: Le suivi en fonction du temps d'irradiation de l'aire, du pic situé à 22,9 min (quantité de monomère) permet de remonter aux taux de polymérisation

Données relatives à l'irradiation sous UV



Caractérisation du τ de polymérisation - alpha

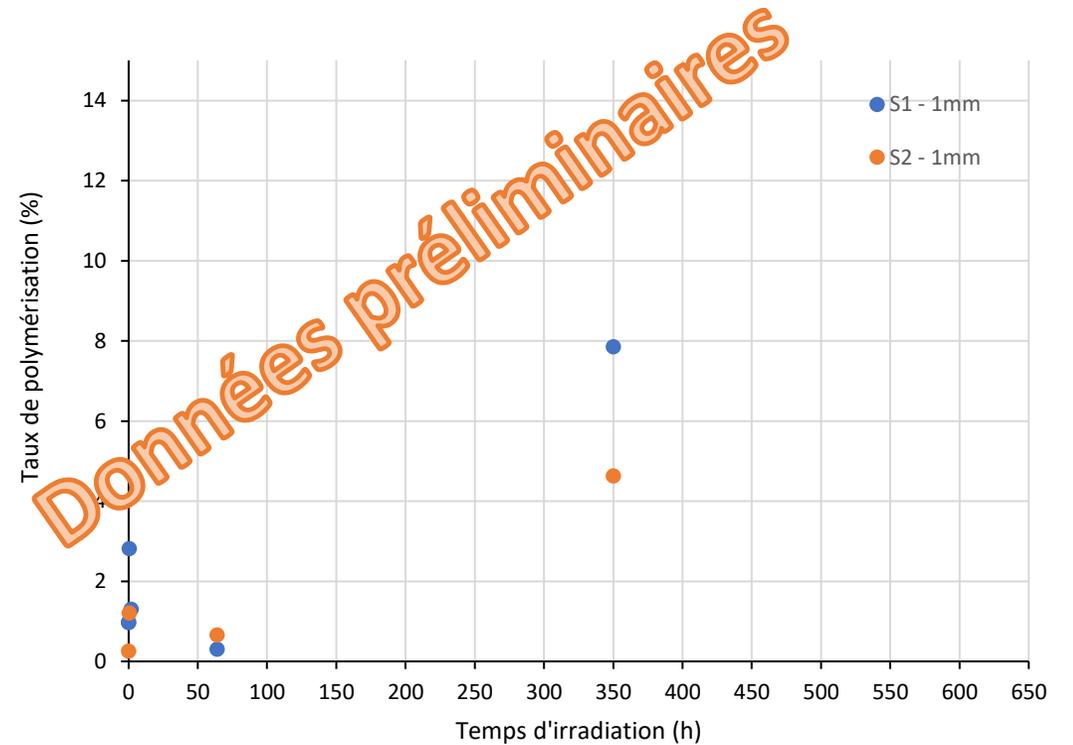
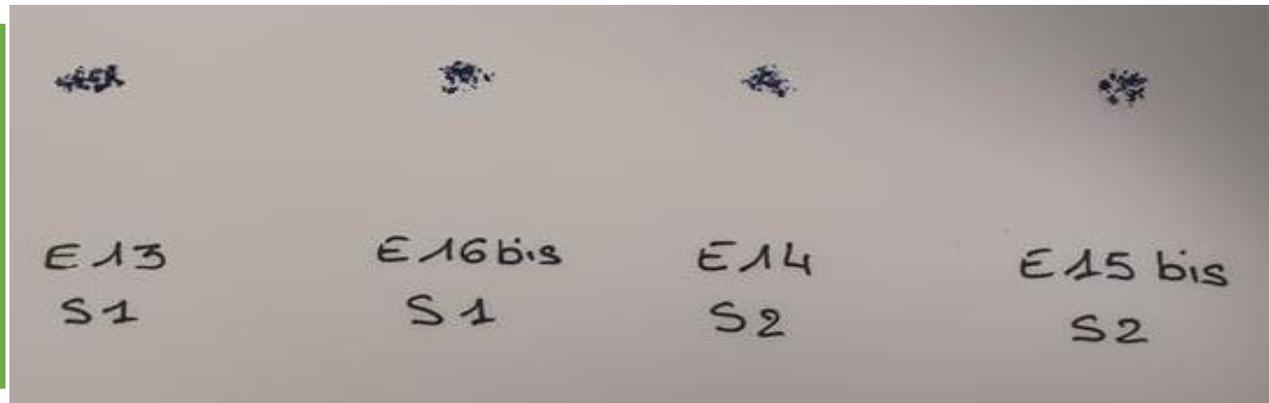
Avant irradiation



2

DSC: Le suivi en fonction du temps d'irradiation de l'enthalpie de fusion du monomère permet de remonter aux taux de polymérisation

Après irradiation



Conclusions

- Il a été démontré que le monomère DA 6-BU change de couleur (de bleu clair à noir) en présence d'un flux de particules alpha

Ce qu'il permet de faire

- Utilisation in-situ dans les chantiers à risque alpha ;
- Dépistage de la présence de la contamination alpha sur les surfaces, les outils, etc. ;
- Suivi de l'évolution temporelle de la contamination, surveillance, ... ;
- ...

Ce qu'il reste à faire - perspectives

- Compléter les essais pour obtenir la réponse en fonction du flux pour une énergie donnée;
- Evaluer la réponse en termes de dose absorbé [Gy] ;
- Validation en conditions opérationnelles sur CNPE;
- Étude fine des cas d'usages ;
- Étude de la mise en forme en fonction du cas d'usage ;
- ..





Merci de votre attention
Questions ?