

L'ANALYSE DE LA DÉGRADATION DES POLYMÈRES UTILISÉS POUR L'IMPRESSION 3D D'ARMES À FEU



a,b **Mylène Falardeau**, a,b **Benoit Daoust**, a,b,c **Cyril Muehlethaler**

^a Université du Québec à Trois-Rivières, ^b Laboratoire de recherche en criminalistique, ^c Centre international de criminologie comparée



INTRODUCTION

Le marché de l'impression 3D est en pleine expansion : amélioration des procédés d'impression, diversification des matériaux disponibles et diminution du prix des imprimantes, ce qui rend l'impression 3D accessible au grand public. Or, c'est la technique par dépôt de matière fondue « FDM » qui est la plus utilisée par les particuliers en raison de sa facilité d'exploitation par rapport aux autres techniques d'impression 3D¹.

Cependant, cette industrie a fait face à un grand problème de l'ordre de la sécurité publique lorsqu'en mai 2013, les premiers plans pour l'impression 3D d'armes à feu ont été rendus accessibles sur Internet. Bien que les autorités aient fait retirer l'accès aux plans, il est toujours possible de s'en procurer sur Internet et sur le darknet².

Évidemment, le Code criminel³ et la Loi sur les armes à feu⁴ interdisent l'impression d'armes à feu 3D sans avoir les autorisations requises, mais des cas récents ont déjà été rapportés au Québec⁵.

PROBLÉMATIQUE ENQUÊTES/CRIMINALISTIQUE

Les armes à feu imprimées en 3D sont **difficilement retraçables** :

- Il est très facile de les **faire disparaître** en les faisant fondre.
- Elles ne laissent **pas de traces balistiques** « conventionnelles » (p. ex. rayures, marque de l'éjecteur et marques de chambre).

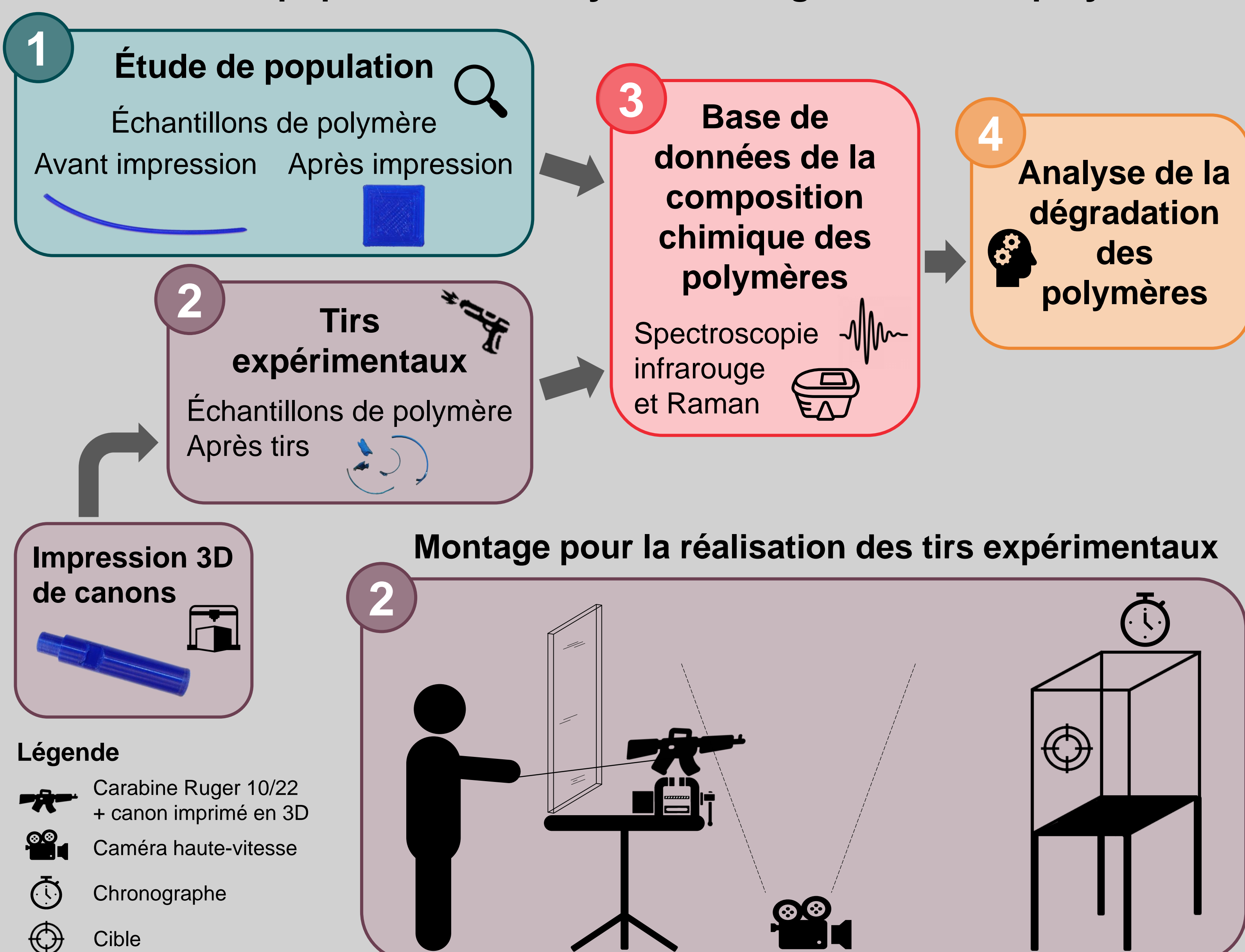
Considérant cela, il est devenu primordial de s'intéresser aux autres types de traces qu'elles laissent, telles que les **traces chimiques**.

OBJECTIFS

- Mener une **étude de population** auprès des compagnies d'impression 3D
- Réaliser des **tirs expérimentaux** avec des armes à feu imprimées en 3D
- Concevoir une **base de données de la composition chimique** des polymères
- Analyser la **dégradation** des polymères à la suite de tirs expérimentaux

MÉTHODOLOGIE

De l'étude de population à l'analyse de la dégradation des polymères



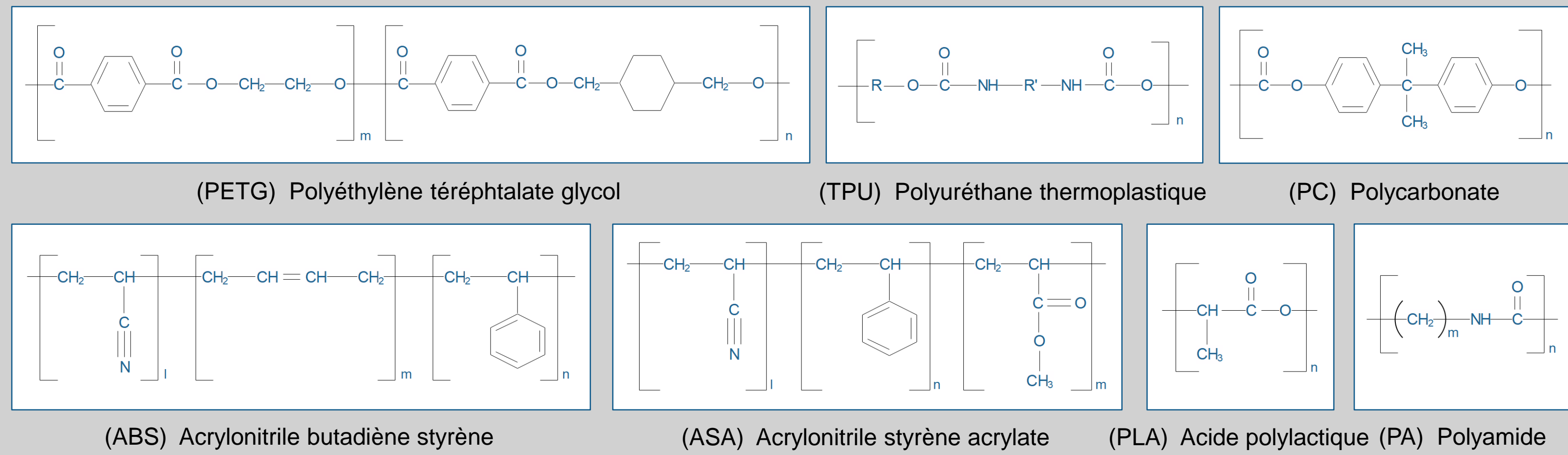
RÉFÉRENCES

- Berchon, M., & Luyt, B. (2014). *L'impression 3D*. Editions Eyrolles.
- Honsberger, H., et al. (2018). *How to recognize the traces left on a crime scene by a 3D-printed Liberator?: Part 1. Discharge, exterior ballistic and wounding potential*. Forensic Science International, 286: p. 245-251.
- Code criminel, L.R.C. 1985, ch. C-46, article 2
- Loi sur les armes à feu, L.C. 1995, ch. 39, article 14
- Tousignant, M., Spécialiste en balistique judiciaire, Laboratoire de sciences judiciaires et de médecine légale, communication personnelle, 10 avril 2019.
- Stuart, B. H. (2008). *Polymer analysis*. John Wiley & Sons.

RÉSULTATS

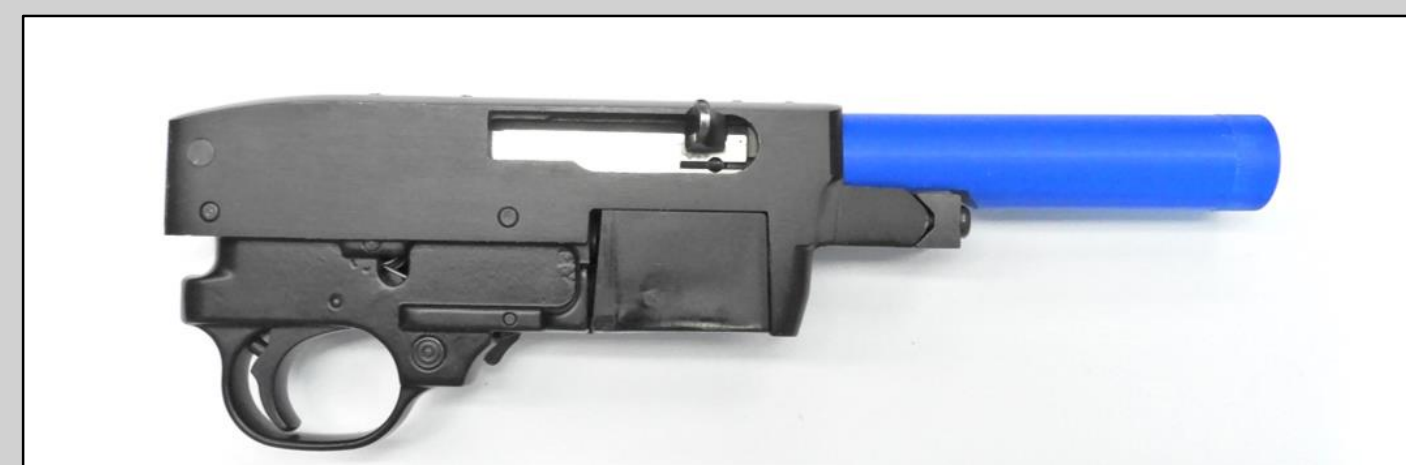
1 Étude de population

Polymères les plus utilisés avec la technique d'impression 3D « FDM »

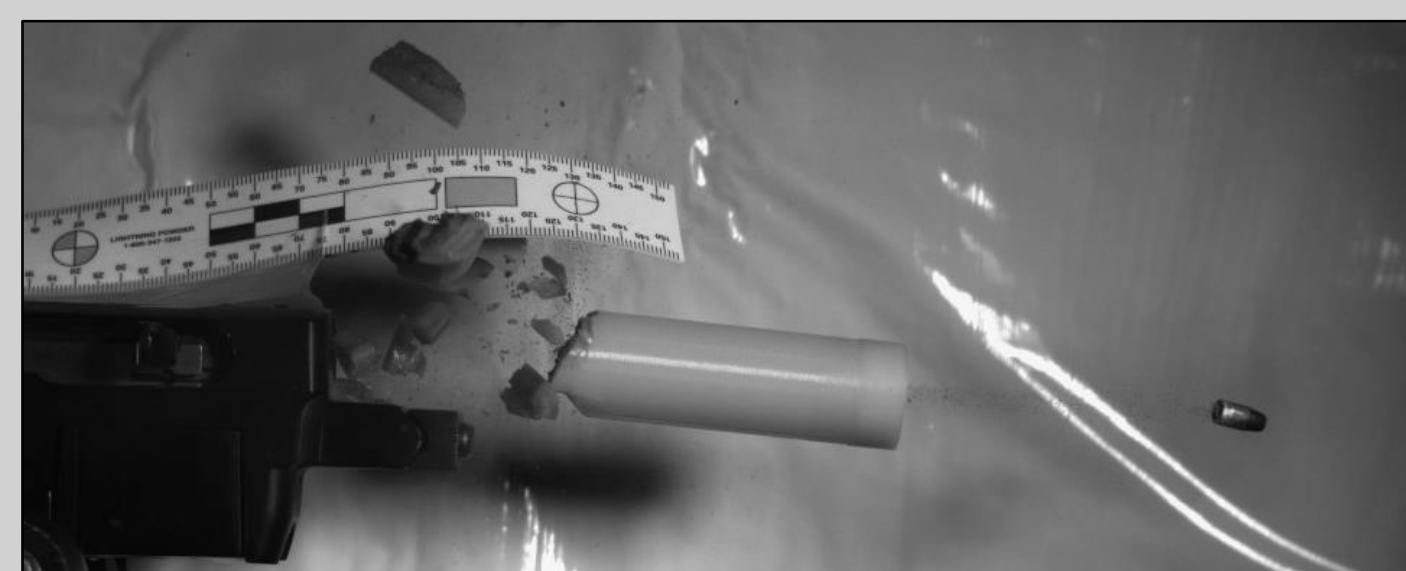


2 Tirs expérimentaux

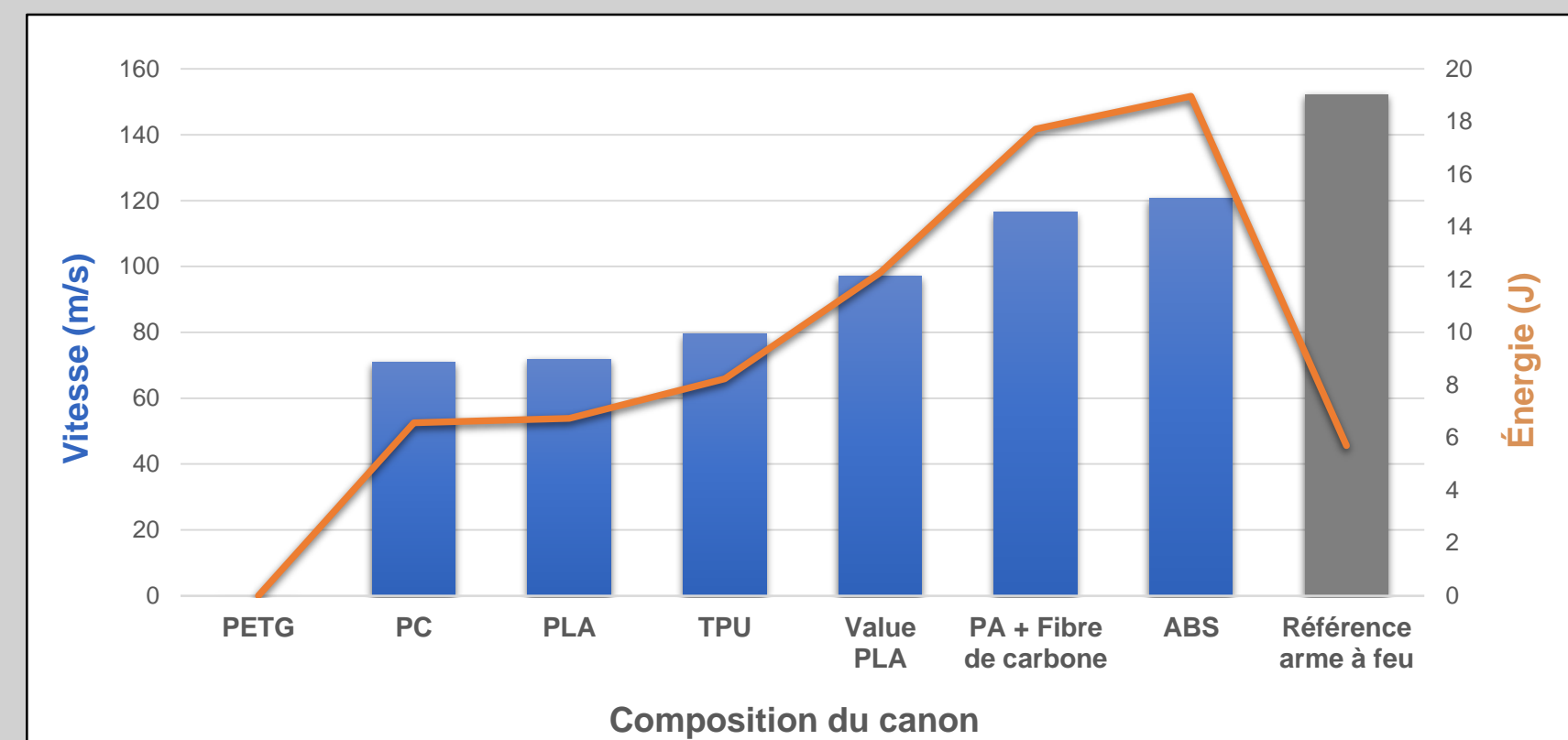
Canon imprimé en 3D assemblé à la carcasse d'une carabine Ruger 10/22



Tirs expérimentaux avec les canons imprimés en 3D



Vitesse et énergie cinétique du projectile à la sortie du canon en fonction de sa composition (type de polymère)



- Tous les canons ont **explosé** et **généralisé des résidus de polymère**.
- Le canon en **ABS** est celui qui a le **mieux supporté la pression**.
- Aucun résultat pour le canon en **PETG** : le **projectile est resté coincé**.
- Le **mécanisme d'éjection des douilles n'a pas fonctionné**.

3 Base de données de la composition chimique des polymères

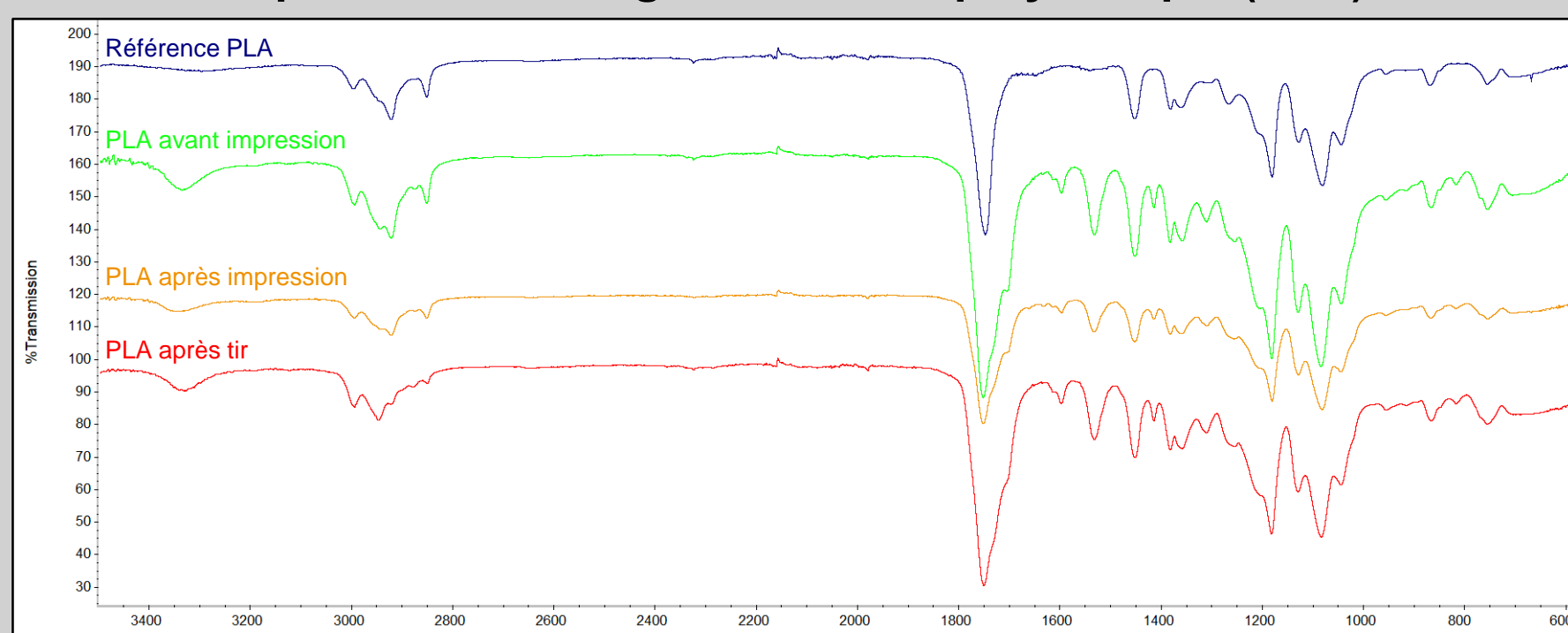
La **base de données** contient au total **760 spectres infrarouges** et **Raman** de **70 échantillons** de polymère différents, avant et après impression ainsi qu'après tirs.

La spectroscopie **infrarouge** et la spectroscopie **Raman** sont des **méthodes complémentaires** qui permettent de bien **distinguer** les différents **types de polymère**.

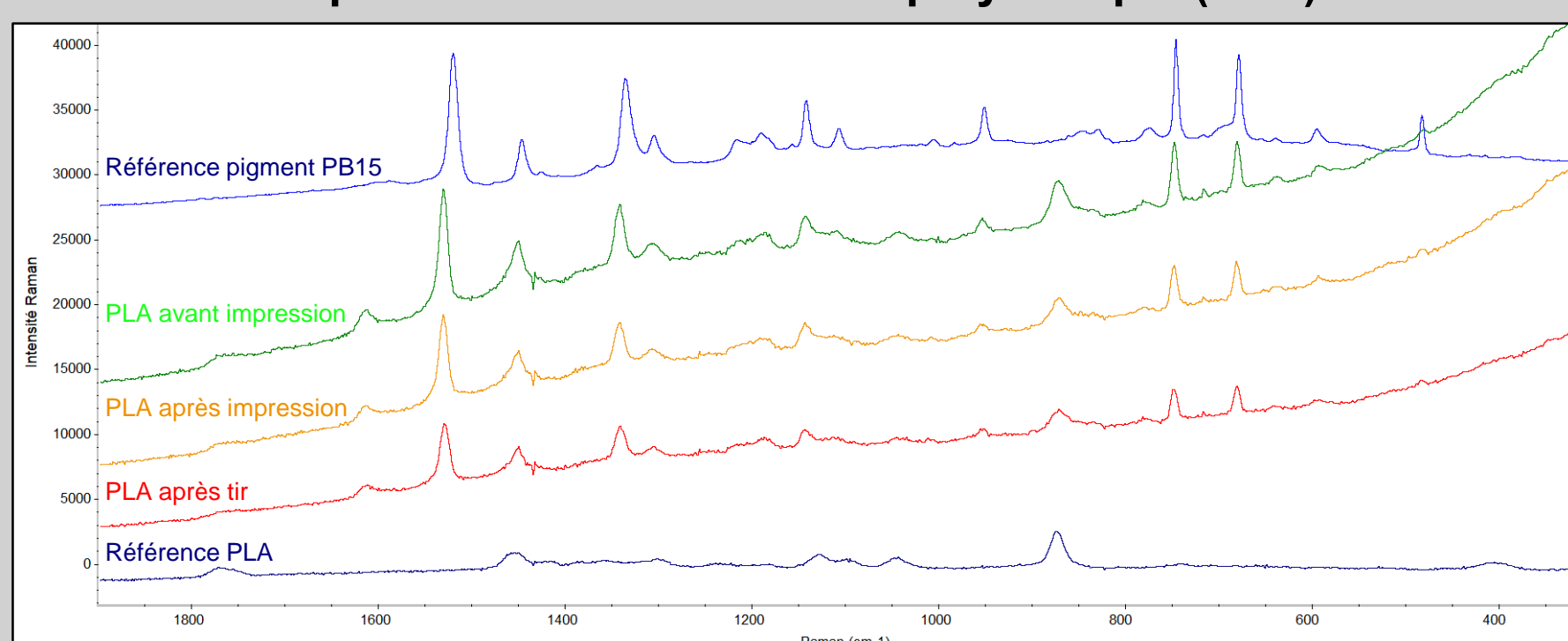
Spectroscopie infrarouge	Spectroscopie Raman
Identification type de polymère +++	Identification type de polymère +
Identification pigments +	Identification pigments +++

4 Analyse de la dégradation des polymères

Spectres infrarouges de l'acide polylactique (PLA)



Spectres Raman de l'acide polylactique (PLA)



Types de dégradation⁶ possibles lors des tirs :

- Dégradation thermique
- Combustion
- Oxydation

La dégradation engendre la **scission des chaînes** et des **réactions** avec les groupements fonctionnels du polymère.

Analyse préliminaire des spectres :

À première vue, la **dégradation** des polymères n'est pas évidente à observer par spectroscopie infrarouge et Raman. Cependant, en raison des **fortes températures et pressions** auxquelles est soumis le polymère lors des tirs, on devrait observer de la dégradation.

Les prochaines étapes pour l'analyse de la dégradation sont :

- Étude approfondie de la **variation d'intensité** et de **position** des pics sur les spectres.
- Analyse de **plus de résidus différents** de polymère (p. ex. petits vs gros résidus, fragments du canon, intérieur du canon).

CONCLUSION

Les **résultats obtenus** à ce jour sont très **importants**, car ils permettent de :

- Compiler des données** sur la **dégradation des polymères** avant et après impression, ainsi qu'après tirs avec une arme à feu imprimée en 3D.
- Générer des **connaissances** sur ce **nouveau type de traces**.

Les prochaines étapes du projet sont :

- Analyse des échantillons au **SEM-EDX** (morphologie et cristallinité).
- Impression 3D** d'armes à feu complètes (étude du **transfert de traces**).
- Conception de **protocoles d'investigation** pour les **scènes de crime** impliquant des **armes à feu 3D**.

REMERCIEMENTS

