

TERATEX

Détection des perturbateurs au recyclage textile par la technologie Terahertz

Un projet labellisé



Cofinancé par



Re_fashion

Avec la participation de OPTIKAN

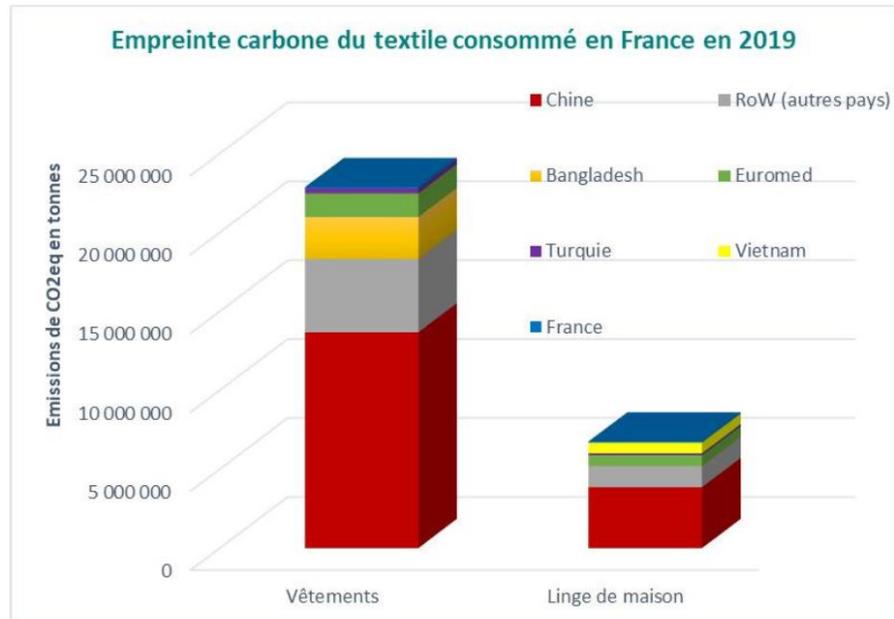


SYNERGIES TLC

INGÉNIERIE TECHNIQUE, SOCIALE ET TERRITORIALE

Contexte

- L'étude *Cycleco Empreinte carbone du textile en France*¹ démontre que la relocalisation en France de la production de 5500 tonnes de matière textile permettrait d'économiser 140000 tonnes d'équivalent CO₂.



Total des émissions de GES pour satisfaire les besoins du marché des consommateurs français pendant l'année 2019

- Synergies TLC a pour ambition de **réduire l'impact environnemental** lié à l'export, l'incinération ou l'enfouissement de déchets textiles en favorisant le recyclage textile en France.
- La ligne Nouvelles Fibres Textiles, développée par Synergies TLC et Les Tissages de Charlieu, trie et délisse les produits textiles en fin de vie non-réutilisables afin de produire localement, à l'échelle industrielle, de la matière première secondaire destinée au recyclage.



- Entièrement automatisée, cette ligne augmente le gisement accessible pour les recycleurs et ainsi la relocalisation du recyclage en France.

¹ Payet, J. (2021). *Assessment of the Carbon Footprint for the textile sector in France using Life Cycle Assessment. Sustainability. Date of submission: 13 January 2021.*
https://www.textile.fr/documents/1611844612_CPCycleco28-01-2021.pdf

La problématique



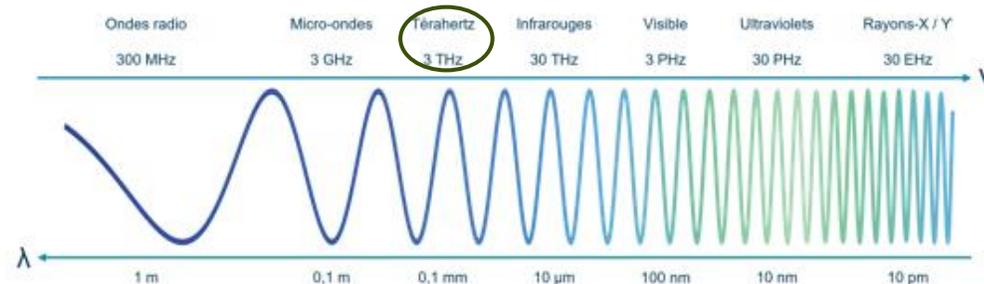
- ▶ 69%¹ des textiles monocouches destinés au recyclage comportent au moins un type de point dur (zips, boutons, étiquettes etc.). Les **points durs résiduels** présents dans la matière secondaire textile perturbent les procédés de recyclage.
- ▶ Le système de tri optique déployé par NFT, capable de détecter les compositions visibles en surface de chquettes textiles ainsi que les métaux, n'évacue que 85%² des chquettes avec points durs.
- ▶ Afin d'améliorer le **délissage** de la matière première secondaire fournie sous forme de chquettes et **accroître le gisement recyclable**, SYNERGIES TLC s'intéresse à des solutions complémentaires de **détection des points durs présents au cœur de la matière**.
- ▶ En détectant mieux les perturbateurs externes au recyclage, TERATEX a pour ambition de créer de nouveaux débouchés et revaloriser dans la filière **4000 tonnes de textile par an** auparavant destinées à l'incinération ou l'enfouissement.

¹ *Re_fashion, Etude de caractérisation des flux entrants et sortants de centres de tri, Synthèse publique, Avril 2023*

² *Estimation*

Etat de l'art

- ▶ Les **détecteurs de métaux** ou de **corps lourds** ne détectent qu'une partie des points durs.
- ▶ Les **trieurs optiques/infrarouge** ne contrôlent pas la matière dans son volume.
- ▶ Les systèmes à **rayons X** passent au travers des points durs peu denses (polymères notamment)
- ▶ Plusieurs Groupes de Travail (« GT TéraHertz et Tri Textile ») organisés par Techtera en 2023 ont permis d'identifier que la **technologie TéraHertz** (60 GHz à 6 THz) pourrait répondre à ce besoin.
- ▶ Des recherches académiques ont été menées sur l'utilisation des rayons T pour l'identification des matières, mais pas sur la détection des perturbateurs externes.
- ▶ Une étude préliminaire **Optikan** a montré les performances du scanner TéraHertz pour la détection de plusieurs points durs.

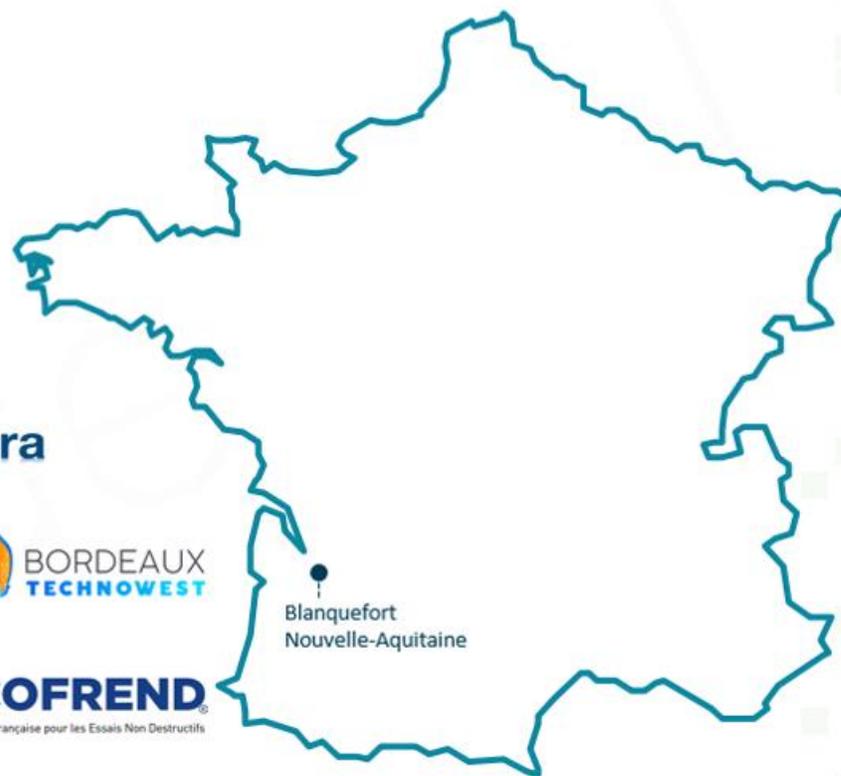


OPTIKAN

- ▶ OPTIKAN transfère le THZ des laboratoires vers l'industrie

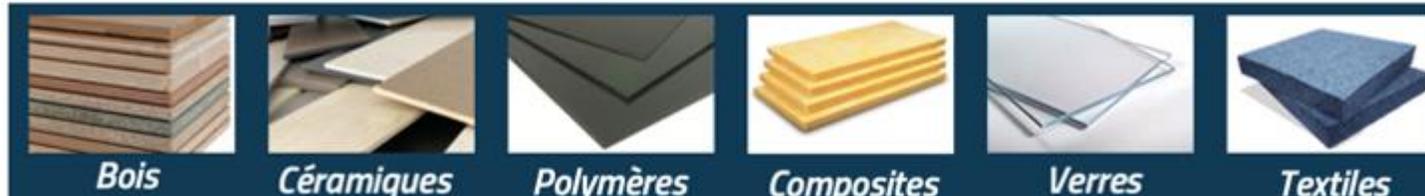
Création : 2021

8 salariés



Interaction textile / Téraherzt

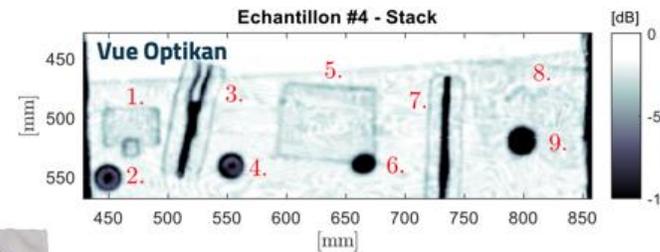
Le Téraherzt peut inspecter tous les matériaux non-conducteurs



- ▶ Les **matrices textiles** présentent une transparence toute particulière au rayonnement téraherzt. Ceci permet au rayonnement de se propager dans la structure en accumulant l'information structurelle tout en conservant suffisamment d'intensité significative pour être détecté par un capteur sensible.
- ▶ En contrepartie, les éléments perturbateurs tels que les fermetures éclair sont des points diffusants. En ce sens ils modifient la trajectoire de la lumière. En toute fin, voyant son chemin modifié, la lumière ne parvient plus jusqu'au détecteur. La perte de signal témoigne alors directement de la présence d'un perturbateur.

Objectifs du projet

- ▶ Dans TERATEX, SYNERGIES TLC approfondit le potentiel d'une technologie OPTIKAN couplant :
 - le rayonnement **Teratertz**, pour la détection de points durs au sein des textiles,
 - un modèle d'**intelligence artificielle**, pour la reconnaissance du type de perturbateur de manière évolutive grâce à l'apprentissage automatique.



- ▶ Le projet a pour objectif d'évaluer la faisabilité et l'intérêt de cette technologie dans le cadre d'une application sur la ligne de tri et de déliassage automatisé de Nouvelles Fibres Textiles. Le niveau de performance du dispositif atteint en fin d'étude permettra à Synergies TLC de considérer l'acquisition d'un scanner en ligne.



Le programme de travail



- ▶ La prestation confiée à OPTIKAN a pour but d'étudier la faisabilité de mise en œuvre d'un système d'imagerie TéraHertz intelligent pour détecter les points durs au sein de chiquettes après l'étape de délissage mécanique.
- ▶ Etapes :
 - **définir les paramètres d'acquisition** des données térahertz (hardware)
 - **étudier et évaluer différents modèles d'IA** (software) afin de définir le plus approprié à la problématique
 - **effectuer un apprentissage** sur les chiquettes fournies par Synergies TLC afin de définir la performance de détection des zips.
- ▶ OPTIKAN s'est concentré sur les perturbateurs de type « zip » plastiques en PET, les plus difficiles à détecter sur des vêtements polaires 100% PET, afin de démontrer les performances optimales atteignables dans le délai de l'étude (6 mois).

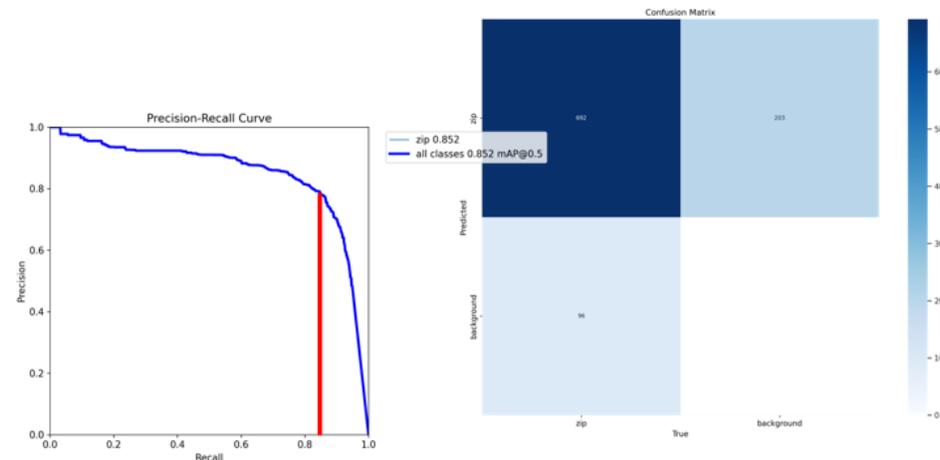


Protocole expérimental

- ▶ Annotation d'images de chiquettes avec et sans points durs, puis scan Terahertz → banque de données
- ▶ Détermination de la présence de points durs par l'algorithme IA,
- ▶ Comparaison des performances en recall et précision,
 - *Recall* : « Parmi tous les exemples positifs, combien sont prédits comme positifs ? »
 - *Precision* : « Parmi tous les exemples prédits comme positifs, combien sont réellement positifs ? »
- ▶ Comparaison et sélection de l'architecture IA, des sous-architectures et paramètres optimaux.

Banque de données

- 1 000 images ;
- 3 à 5 chiquettes/image ;
- approx. 4 000 instances ;



Bilan de l'étude

► Les résultats

- 1 000 images acquises via le dispositif (1 image = 26 minutes) et annotées ;
- 4 000 instances perturbateurs « fermeture éclair » ;
- 9 sous-architectures comparées ;
- 1 modèle final affichant un recall de **85,2%** et une précision de **73,8%**.

► Les développements envisagés

- Optimiser la méthode d'annotation pour accroître les performances générales,
- Etendre l'apprentissage IA aux **autres perturbateurs** rencontrés sur les gisements textiles en fin de vie, **augmenter la base de données** sur un volume plus important de chiquettes,
- Développer un **scanner haute-cadence** adapté à la vitesse de convoyage d'une ligne industrielle de tri et de déliassage textile ($3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) et couplé au système de **séparation** des matières et points durs détectés,
- Valider les performances en conditions opérationnelles vis-à-vis de la pureté cible de la matière première secondaire destinée aux recycleurs.

Enseignements principaux

- ▶ Le modèle d'IA et le paramétrage sélectionnés par OPTIKAN permettent d'exploiter la technologie Terahertz pour assurer la détection de points durs de type « zips » au sein des matières textiles.
- ▶ Au moyen de développements supplémentaires, il sera possible de détecter les points durs avec davantage de rendement et de précision et d'identifier de multiples types de perturbateurs.
- ▶ La mise en place d'un système de détection de points durs couplant Terahertz et IA sur une ligne de tri et de délissage à cadence industrielle nécessite des étapes de développement, d'intégration et de validation supplémentaires pour atteindre les performances requises.
- ▶ A la suite de ces développements, Synergies TLC et Nouvelles Fibres Textiles pourront envisager l'acquisition d'un tel système pour leur ligne automatisée.

Contact

Etienne Wiroth

Président

Email : e.wiroth@synergies-tlc.com

Téléphone : +33 (0)6 20 87 54 52

- ▶ Adresse : ZI Terre Neuve - BP 202
73200 Gilly-sur-Isère



SYNERGIES TLC

INGÉNIERIE TECHNIQUE, SOCIALE ET TERRITORIALE