



PROJET RASOL

Recyclage d'acier solaire



Interreg France Suisse

François LANZETTA – Philippe BAUCOUR
Université de Franche-Comté
Institut FEMTO-ST



Sommaire

- 1 - Résumé du projet
- 2 - Partenaires du projet
- 3 - Localisation de l'étude
- 4 - Descriptif du projet
 - 4.1 - Présentation du contexte
 - 4.2 - Présentation du projet
 - 4.3 - Description des lots (Workpackage)
- 5 - Qualification du caractère innovant du projet
- 6 - Retombées attendues
 - 6.1 - Pour le projet scientifique
 - 6.2 - Pour chaque partenaire



Elaboration d'acier de qualité à l'aide du solaire concentré

RASOL : Recyclage d'Acier SOLaire

Le but du projet : élaboration d'acier 1.4441 de haute qualité en utilisant 100% matière recyclée et l'énergie solaire concentré (zéro émission CO2)

Le projet repose sur quatre piliers essentiels inter connectés

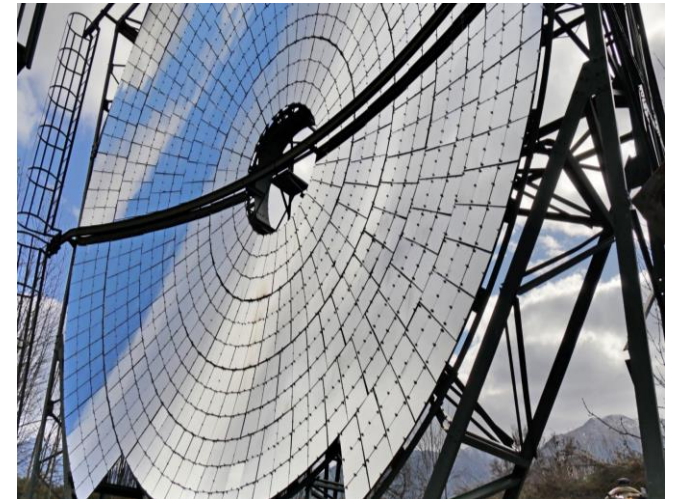


Simulation et
design

Fabrication du
réacteur

Installation et
élaboration

Mise au point
des paramètres
et contrôle
qualité



Contexte

Production d'acier = consommation d'énergie = production de CO2

- **50%** Fabrication
- **40%** Matière première
- **5%** Transport et distribution
- **3%** SAV
- **2%** Fin de vie



**Objectif = recycler
en circuit court**

**Diviser production
de CO2 par 165**

Matière issue du recyclage

Actuellement 40% en Europe – Potentiel : recyclage à 100%

Fonte primaire et secondaire

- Production traditionnelle 6,800 kg CO2 / kg acier
- **Four solaire à concentration 0,041 kg CO2 / kg acier**

Fonte primaire

- **Four solaire à concentration 0,002 kg CO2 / kg ACIER**
- Four électrique 100% photovoltaïque 0,195 kg CO2 / kg ACIER
- Four électrique 100% hydraulique 0,123 kg CO2 / kg ACIER

2 – Partenaires du projet



Interreg
France – Suisse



Cofinancé par
l'Union Européenne



 PANATERE

Lead industriel - Sous-traitant horloger spécialisé dans les éco matériaux et le recyclage solaire.

Test du réacteur, optimisation des processus et apport des compétences métallurgiques dans le design du réacteur



Laboratoire de métallurgie spécialisé dans la microtechnique.

Soutien technique et analyses métallurgiques pour la mise au point des procédés d'élaboration de l'acier.



 SOCRATE
industrie

Lead industriel - Fabricant de machine de dépôts et four sous vide à haute température.

Design et construction du réacteur solaire.



Institut FEMTO-ST, CNRS, Univ. Franche-Comté

*Simulations thermomécaniques du réacteur
Analyses des essais expérimentaux*

3 – Localisation de l'étude



PANATERE

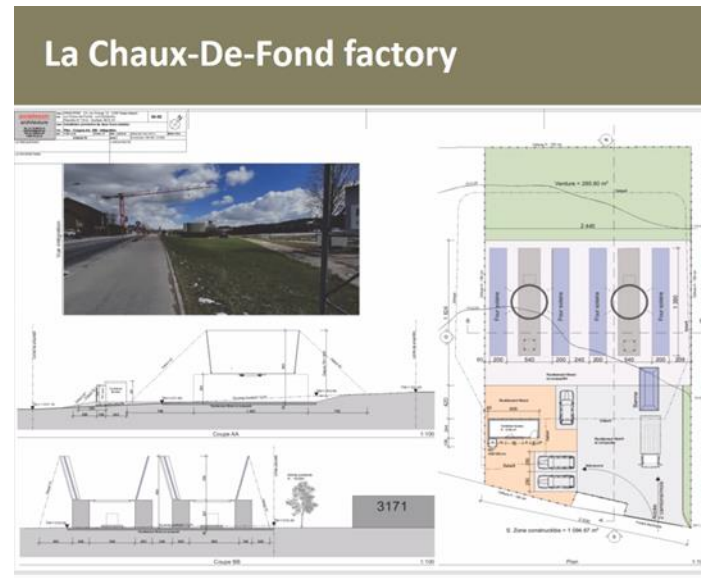
Chem. du Finage 12,
2350 Saignelégier
Suisse

haute école
neuchâtel berne jura



HE Arc
Eplatures-Grises 17
2300 La Chaux-de-Fonds
Suisse

Installation



**SOCRATE
industrie**

Centre d'activité des Dolines
25500 Le Bélieu
France

femto-st
SCIENCES &
TECHNOLOGIES

**UNIVERSITÉ DE
FRANCHE-COMTÉ**

FEMTO-ST
25000 Besançon (direction)
90000 Belfort (département Energie)
France

4 – Descriptif du projet

4.1 – Présentation du contexte

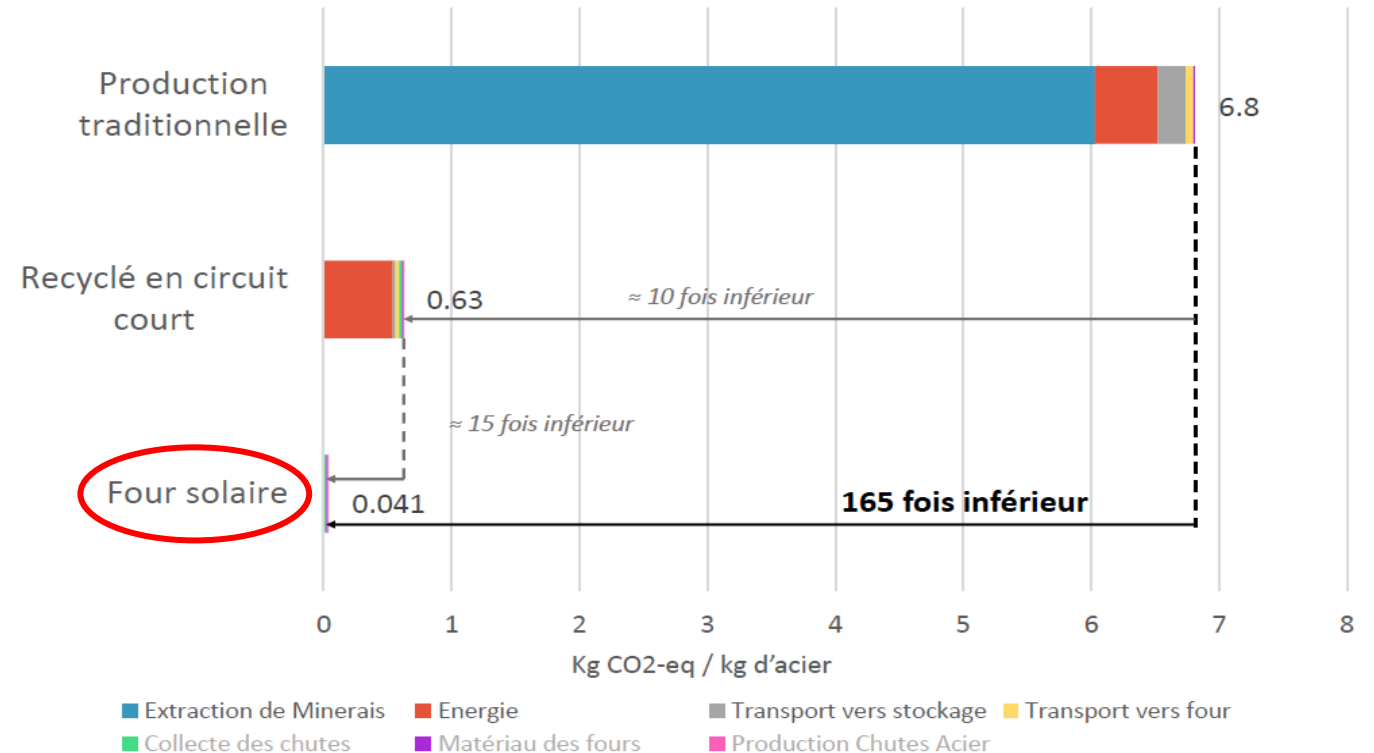
But du projet

Mettre au point l'ensemble du processus d'élaboration d'acier 1.4441 à partir de 100% de déchet recyclé en utilisant le rayonnement solaire concentré comme source de chaleur pour la fusion.

Le projet couvre

- la mise au point
- la fabrication du réacteur nécessaire pour l'élaboration de l'acier
- la mise au point des paramètres d'élaboration.

Comparaison des méthodes de fabrication de l'acier inox

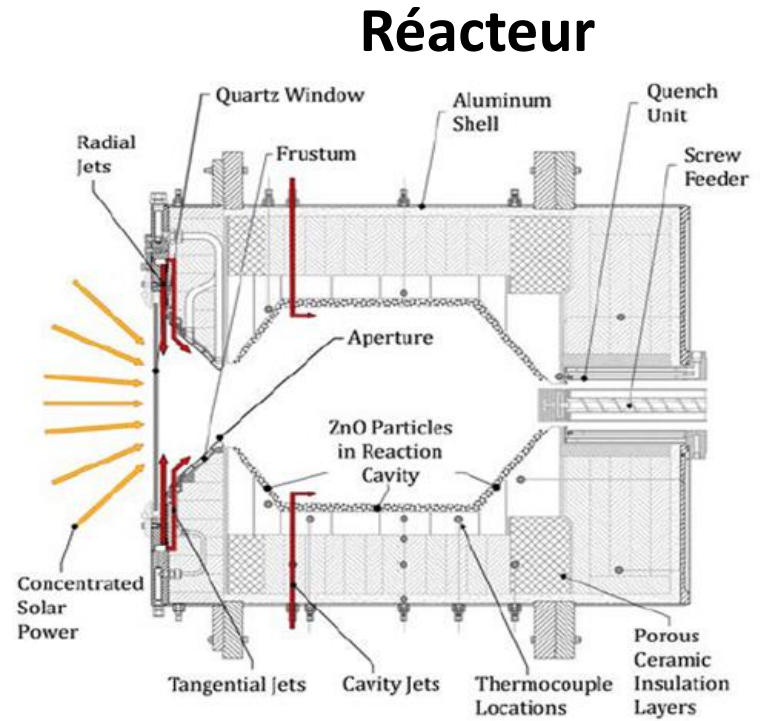


4 – Descriptif du projet

4.2 – Présentation du projet



Panneau solaire orientable (héliostat)

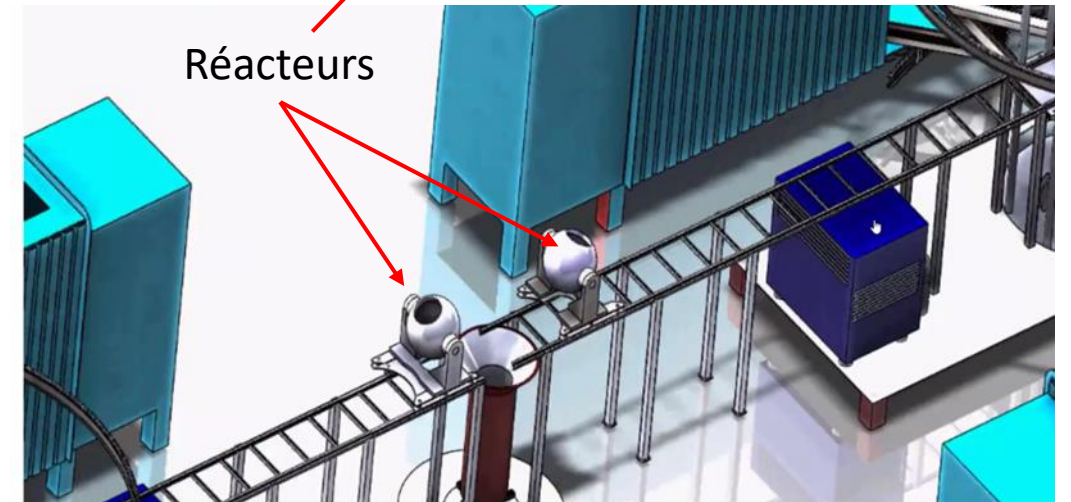
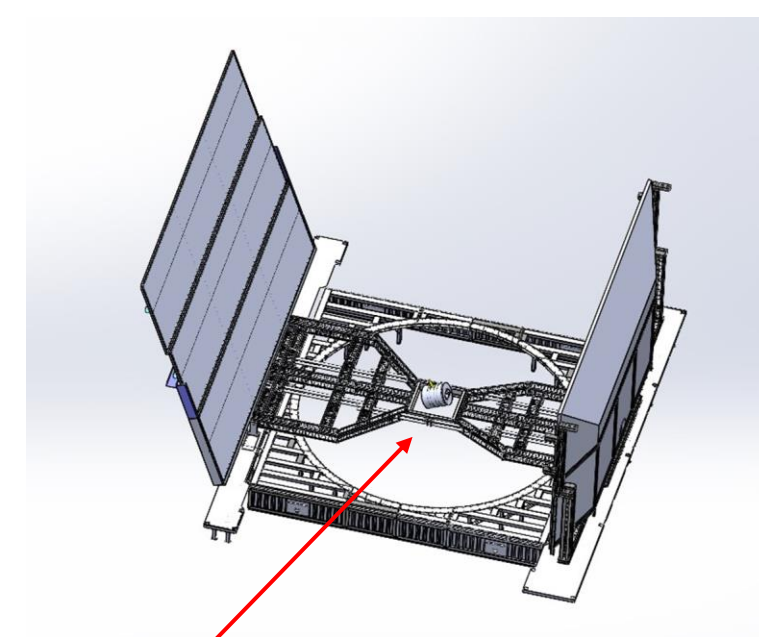
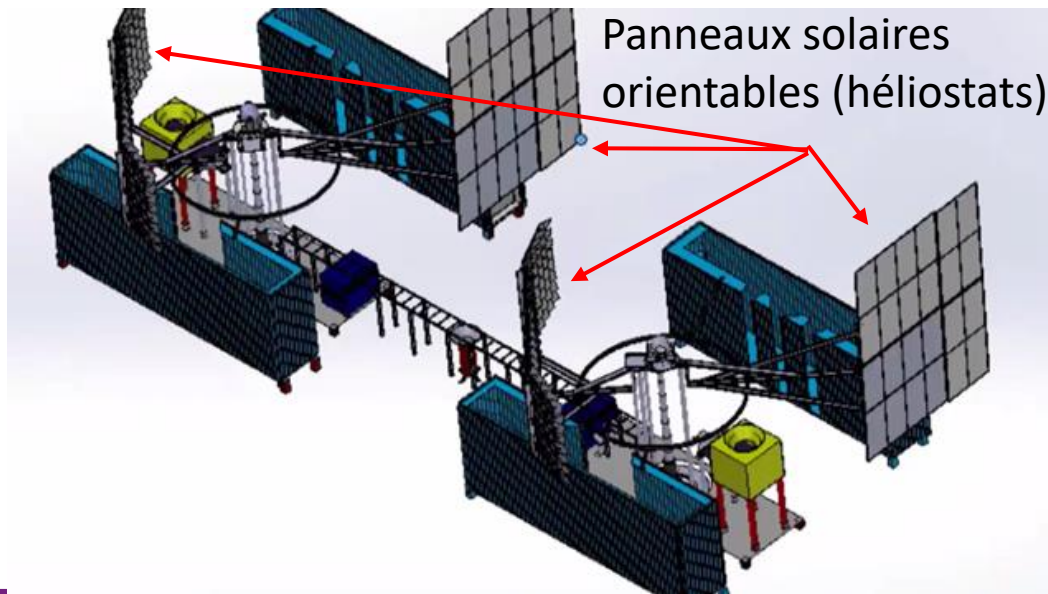


4 – Descriptif du projet

4.2 – Présentation du projet

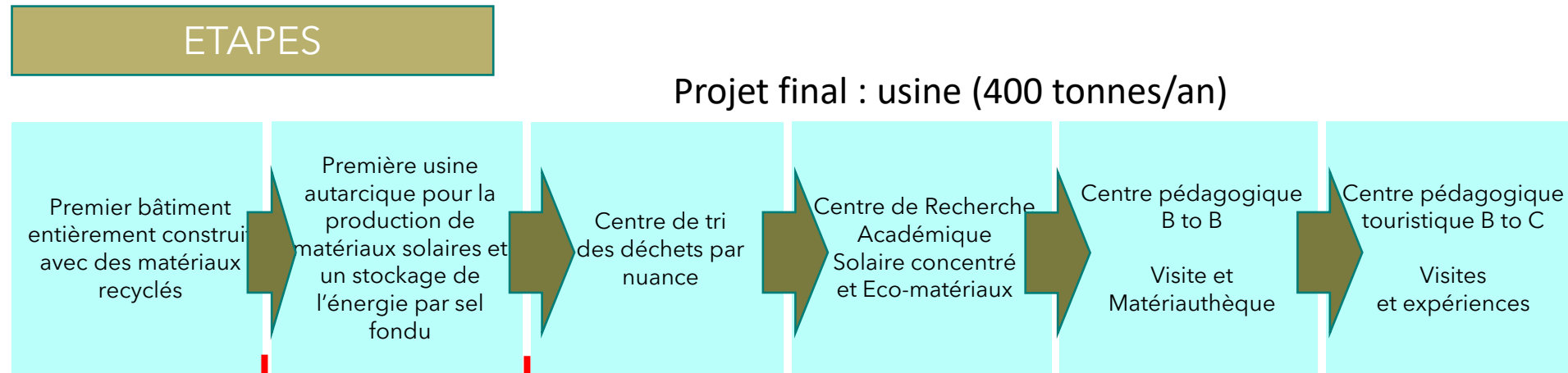
Les livrables finaux du projet RASOL :

- Un prototype de réacteur solaire à atmosphère contrôlée pour recycler de l'acier 1.4441.
- Les paramètres d'élaboration optimum du prétraitement des copeaux jusqu'au produit fini (barres rondes).



4 – Descriptif du projet

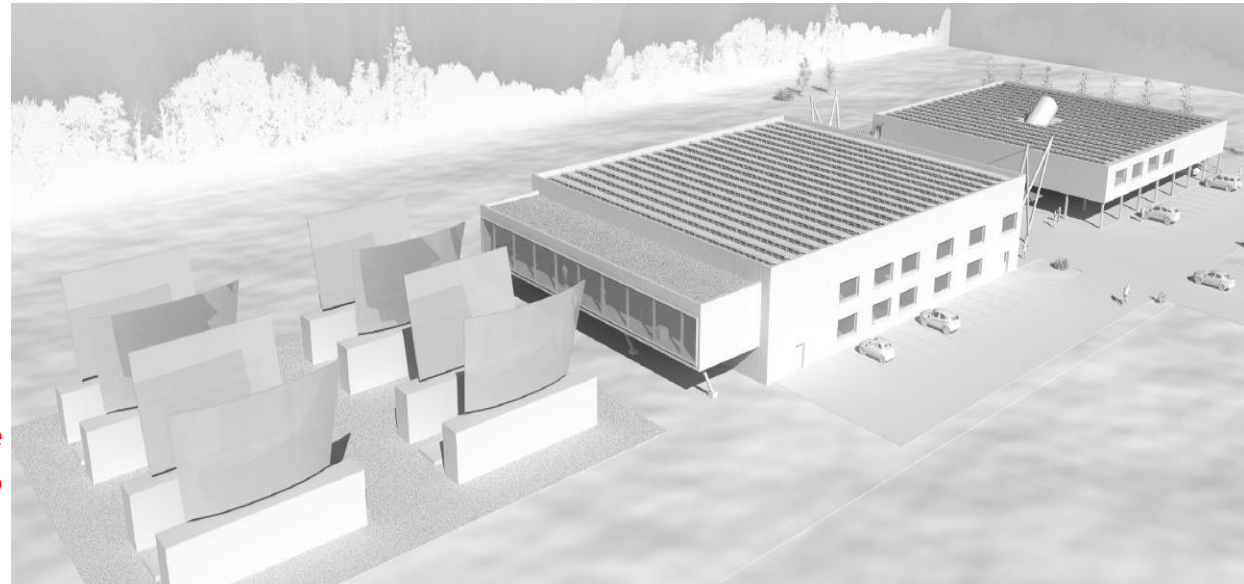
4.2 – Présentation du projet



OBJECTIFS

Inauguration Usine modèle
31.07.2025

Vente première licence 2^{ème} usine
01.01.2026



4 – Descriptif du projet

4.3 – Description des lots (Workpackages)

5 Workpackages

WP1 : Gestion de projet et coordination (Panatere)

WP2 : Simulation et design du réacteur (FEMTO-ST)

WP3 : Fabrication du réacteur (Socrate)

WP4 : Installation du réacteur et élaboration d'acier (Panatere)

WP5 : Optimisation du processus et contrôle qualité (He-Arc)

WP	Tâche #	Description
WP1 (Lead Panatere)	0	Gestion de projet et coordination
WP2 (Lead FEMTO): Simulation et design du réacteur	1	Etablir les spécifications du réacteur
	2	Premier concept
	3	Simulation et choix des matériaux
	4	Design final
WP3 (Lead Socrat Ind): Fabrication du réacteur	1	Commande des matériaux
	2	Fabrication du réacteur
	3	Test primaire de réacteur
WP4 (Lead Panatere): Installation, Elaboration	1	Transport et installation du réacteur
	2	R&D copeaux
	3	Test en fusion primaire
	4	Foundrie de capacité nominale
	5	Optimisation de la purification VAR et de la mise en forme
	6	Evaluation de condition d'élaboration et ajustement du réacteur
	7	Optimisation du four solaire
WP5 (Lead He Arc): Optimisation du processus et contrôle qualité	1	Analyse de la composition chimique de l'acier
	2	Evaluation de la microstructure
	3	Qualification de l'acier



Distance parcourue par 1 copeau = 42 000 km
(97 g CO₂/km) = 4,1 t CO₂/copeau

Projet RASOL

- Récupération de copeaux métalliques « inox » en circuits courts (100 km)
- Fabriquer et mettre sur le marché des aciers de haute valeur ajoutée, à très faible émission carbone (chauffage solaire)
- Faire baisser les coûts de production (Prix avant COVID et guerre en Ukraine)



➤ Production traditionnelle	CHF 23,80 / kg ACIER
➤ Four solaire à concentration	CHF 25,40 / kg ACIER
➤ Four électrique 100% photovoltaïque	CHF 29,10 / kg ACIER
➤ Four électrique 100% hydraulique	CHF 31,60 / kg ACIER
➤ Four électrique 100% hydrogène	CHF 40,80 / kg ACIER

En Suisse : depuis
sept 2022, prix de
l'électricité = + 27%
(27,3 c€/kWh)

- Panatere vise une production de 400 T d'acier par an d'ici fin 2028 grâce à 4 à 6 réacteurs à atmosphère contrôlée et four solaire

6 – Retombées attendues

6.1 – Pour le projet scientifique

- Nouvelle conception de réacteur sous vide : amélioration de la qualité métallurgique des produits
- Fusion à 1600 °C : maximiser le rendement énergétique du réacteur
- Baisser l'inertie thermique du réacteur
- Brassage mécanique du métal fondu
- Brassage magnétique du métal fondu
- Atmosphère contrôlée pour limiter l'oxydation
- Faire chuter d'un facteur 165 la production de CO2
- Faire chuter le coût de production



- Température d'opération : **1600°C**
- Temps de fonte : **1h30/200kg**
- Production annuel/four : **100T**
- Réduction CO2 par rapport à une production primaire : **165 fois** (soit 676 T CO2 / an / four)
- Réduction CO2 par rapport à du recyclé 100% dans un four électrique : **10 fois**
- Durée de vie d'un four solaire : **50 ans**
- Durée de vie cible du réacteur : **5-10 ans**
- Prix de vente de la matière produite: **27 c€/kg** (28 c€/kg en traditionnel)
- Chiffre d'affaire annuel par four pour l'acier vendu: **2,7 M€**
- Nombre de réacteurs pour 2025 : **4-6**
- Nombre de réacteurs pour 2030 : **20-30**

6 – Retombées attendues

6.2 – Pour chaque partenaire



L'industrie horlogère = produits à forte valeur ajoutée avec une marge élevée
Marché de niche
Côté de production en baisse
Réduire l'impact de la volatilité des prix
Sécurisation de l'approvisionnement en matériaux
Leader sur la technologie de fonte solaire



Procédé métallurgique innovant
Composition des métaux
Cyclages thermiques



Nouvelles conceptions de réacteurs
Leader de la technologie de four solaire sous vide
Brevets, licences



Simulations couplées : solaire-fonte
Dimensionnement d'un système d'isolation thermique à haute température
Retour d'expériences
Développement de briques technologiques optimisées
Procédé de conversion d'énergie à l'échelle 1



MERCI DE VOTRE ATTENTION

PROJET RASOL

Interreg France Suisse



François LANZETTA

Professeur à l'université de Franche-Comté

Institut FEMTO-ST

