

# Dossier de candidature

## CONCOURS DE L'INNOVATION SOLSCOPE



## SmartSheetPile

Des solutions acier intelligentes pour des infrastructures modernes.

ArcelorMittal Commercial RPS S. à r. l. | Palplanches

66, rue de Luxembourg  
L-4221 Esch-sur-Alzette | Luxembourg

[palplanches.arcelormittal.com](http://palplanches.arcelormittal.com)





## Table des matières

|   |    |
|---|----|
| 1. Introduction   | 3  |
| 2. Coordonnées du candidat                                  | 4  |
| 3. Présentation de l'entreprise                             | 5  |
| 4. Description du nouveau produit                           | 6  |
| 5. Description de l'aspect innovant et de sa valeur ajoutée | 10 |



## 1. Introduction

ArcelorMittal, leader mondial de l'industrie sidérurgique, est ravi de présenter son projet innovant **SmartSheetPile**, au concours d'innovation du Salon Solscope 2023, catégorie «Produit de l'année».

Les structures construites avec des palplanches en acier, telles que les murs de quais, les digues ou les culées de ponts, sont des ouvrages techniques qui requièrent une surveillance périodique et des campagnes de mesures afin d'évaluer leur niveau d'usure et de planifier les travaux de maintenance ou de remplacement, qu'il s'agisse d'une partie ou de l'ensemble de la structure.

La solution **SmartSheetPile** propose d'équiper les palplanches en acier d'une gamme de capteurs permettant de réaliser des mesures en temps réel sur la structure. Cela permet de surveiller en permanence l'état et la condition réels de la palplanche. Cette solution vise également à : détecter les dommages et les incidents, envoyer ainsi des alertes, localiser les dégâts en revue dans le modèle de jumeau numérique, et en plus, d'analyser les données afin de juger les dégâts et de prendre les décisions.

La sélection des capteurs dépend de l'application et des paramètres à surveiller. Ce système est entièrement autonome, pouvant être configuré et maintenu à distance. Il offre une grande flexibilité, car il peut être centralisé (pour une surveillance locale) ou réparti sur l'ensemble des palplanches constituant la structure.

**SmartSheetPile** représente une avancée technologique majeure dans le domaine des structures en acier pour les fondations des infrastructures modernes.

## 2. Coordonnées du candidat

Dr.-Ing. Abir Gallala est responsable marketing et développement au sein de ArcelorMittal Palplanches à Esch sur Alzette, Luxembourg.

Les personnes suivantes sont également contributrices à la réalisation du projet SmartSheetPile :

- Thomas Hilbert, ingénieur R&D, ArcelorMittal.
- Amine El Kasimi, responsable technico-commercial, ArcelorMittal.
- Boris Even, expert senior palplanches, ArcelorMittal.
- Yves Van Ingelgem, CEO, Zensor.

Contact:

Abir Gallala  
ArcelorMittal Long Products | Palplanches

66, rue de Luxembourg  
L-4221 Esch-sur-Alzette  
Luxembourg

[Abir.gallala@arcelormittal.com](mailto:Abir.gallala@arcelormittal.com)  
[palplanches.arcelormittal.com](http://palplanches.arcelormittal.com)

### 3. Présentation de l'entreprise

Le groupe ArcelorMittal compte parmi les leaders mondiaux de la sidérurgie et de l'exploitation minière. ArcelorMittal Palplanches est responsable de la vente et de la promotion des solutions de fondations telles que les palplanches laminées à chaud, les palplanches profilées à froid, les tubes acier et les pieux de fondations.

Depuis plus de 100 ans, ArcelorMittal Palplanches est à la pointe de l'innovation dans les solutions de fondations : au fil du temps, la performance des palplanches a été améliorée grâce à l'introduction de sections plus larges et plus légères, ainsi qu'à l'utilisation de nuances d'acier supérieures, tandis que les innovations de demain sont développées par notre service R&D.

La décarbonisation est l'un des aspects les plus importants de la stratégie à long terme d'ArcelorMittal. Depuis plusieurs années déjà, la gamme EcoSheetPile™ est produite au Luxembourg via la filière Four à Arc Electrique, à partir d'acier 100% recyclé, recyclable et réutilisable. Les palplanches en acier ArcelorMittal peuvent être réutilisées jusqu'à 10 fois. ArcelorMittal est un contributeur majeur à l'économie circulaire. Lancée en 2021, la nouvelle marque EcoSheetPile™ Plus est fabriquée à partir de matériaux recyclés avec en plus de l'électricité de sources 100% renouvelables. C'est un élément essentiel de l'initiative XCarb® d'ArcelorMittal qui regroupe tous nos efforts pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050.

ArcelorMittal Palplanches propose une solution complète comprenant des accessoires (tels que des tirants d'ancrage, des liernes...), un support technique complet allant de la conception au processus final d'installation, ainsi que des fonctionnalités supplémentaires (telles que des palplanches spéciales, des revêtements de surface, des matériaux d'étanchéité dans les serrures...).

Les palplanches en acier sont utilisées dans le monde entier pour la construction de murs de quai et de brise-lames dans les ports, les écluses et pour le renforcement des berges des rivières et des canaux. D'autres applications sont les batardeaux temporaires, les culées de ponts permanents, les murs de soutènement pour les passages souterrains, les parkings souterrains, les murs de confinement étanches, etc.

## 4. Description du nouveau produit

Les palplanches en acier laminées à chaud sont des éléments en acier reliés entre eux par des serrures afin de former un mur continu quasi-imperméable.



Palplanches en acier

### 4.1. Présentation de SmartSheetPile

SmartSheetPile est une solution innovante conçue pour rendre les infrastructures plus sûres et plus rentables.

Le rideau de palplanches est surveillé en temps réel par de multiples capteurs, mesurant une variété de paramètres. Les données sont collectées et transmises via 4G/Wi-Fi à une base de données décentralisée, qui peut alimenter des tableaux de bord en ligne ainsi que le jumeau numérique de l'ouvrage.

La solution SmartSheetPile est connectée et communique via le cloud, une base de données décentralisée, avec d'autres objets et structures intelligents. Des informations sont fournies sur l'état de la structure en palplanches acier (corrosion, déformation, inclinaison etc.) et il est possible de donner l'alerte en cas d'événements accidentels (rupture d'ancrage, impact sur la paroi, tremblement de terre, etc.). Le système collecte et transmet en permanence des données précises et de haute qualité qui peuvent être analysées et utilisées pour prendre des décisions éclairées, en vue de réduire les coûts de maintenance, optimiser l'utilisation des structures et prévenir des potentielles ruptures catastrophiques et accidentelles.

En outre, le développement de l'intelligence artificielle (IA) permettra de faire passer la gestion des ouvrages à un niveau supérieur, en adoptant une maintenance prédictive.

La quantité considérable de données recueillies par la solution SmartSheetPile sera traitée et analysée par des algorithmes avancés, qui pourront identifier les corrélations entre les différentes caractéristiques et paramètres surveillés, prédisant les problèmes critiques à venir et optimisant le plan de maintenance.



#### 4.2. Paramètres gérés

La solution SmartSheetPile se distingue par l'intégration de capteurs variés qui ont pour objectif de mesurer divers paramètres critiques tels que :

- **Corrosion**

La corrosion est l'un des aspects les plus importants à surveiller pour une palplanche en acier, car elle est directement liée à la durée de vie restante de la structure. Les capteurs de corrosion fournissent des informations en temps réel sur la perte d'épaisseur.

Plusieurs types de capteurs sont disponibles : sondes à résistance électrique, capteurs à ultrasons, coupons de corrosion.

- **Chocs / Impacts**

La détection des chocs et des collisions permet d'identifier les charges ponctuelles qui ont un impact négatif sur la durée de vie de l'ouvrage. Le suivi des impacts en temps réel permet d'identifier le responsable des dommages en vue de demander une indemnisation.

- **Intégrité des murs**

Contrôlez l'intégrité des murs de rétention en vous assurant que les palplanches sont correctement enclenchées pendant le processus d'installation.

- **Déformation / Inclinaison**

Le suivi de l'inclinaison du rideau de palplanches permet de garder un œil sur la stabilité de l'ouvrage. Il est possible de programmer des alertes en cas d'une soudaine déformation significative qui peut indiquer une rupture d'ancrage, un endommagement de la paroi, un mouvement du sol, etc.

- **Contraintes**

La surveillance continue des contraintes sur une section spécifique de la paroi de palplanches peut être utilisée pour suivre les forces affectant la structure : pression du sol ou de l'eau, surcharges, activité des marées, etc.

Associée à des mesures de corrosion, la surveillance des déformations permet de réévaluer en permanence la durée de vie restante de l'ouvrage.

### 4.3. Démonstrateur SmartSheetPile

Un prototype de la solution SmartSheetPile a été conçu afin de pouvoir tester et présenter ses caractéristiques et les différents types de capteurs possibles.

Ce démonstrateur permet de présenter la façon dont les capteurs sont installés et connectés, ce qui leur permet de mieux visualiser l'intégration de la technologie. Cette expérience interactive permet aux participants d'interagir directement avec les capteurs et d'observer en temps réel les effets sur les tableaux de bord spécifiques.

L'objectif est de mettre en évidence la forte valeur ajoutée de notre concept, en soulignant sa praticité et son efficacité dans la surveillance et la gestion des palplanches avec des fonctionnalités de connectivité avancées.



### 4.4. SmartSheetPile : aperçu du fonctionnement

La solution SmartSheetPile comprend des palplanches avec des capteurs intégrés ou associés. Ces capteurs sont attachés stratégiquement aux palplanches afin de capturer les données pertinentes. Les données acquises par ces capteurs sont ensuite transmises à une unité d'acquisition (avec ou sans fil), qui agit comme un centre de collecte et de traitement des informations.

L'unité d'acquisition reçoit les données de tous les capteurs et effectue les tâches de traitement nécessaires. Une fois traitées, les données sont transmises au cloud, où elles peuvent être consultées et visualisées au moyen d'une plateforme conviviale.



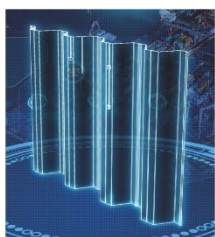
Cette plateforme offre des capacités de surveillance en temps réel, permettant aux utilisateurs de visualiser les données et de suivre les performances des palplanches.

En outre, les données transmises au cloud, base de données décentralisée, peuvent être utilisées pour générer des alarmes en cas d'anomalies ou d'événements critiques détectés par le système. Cela permet de notifier et d'alerter en temps voulu les parties prenantes concernées pour qu'elles agissent rapidement.

A terme, les données collectées pourront être analysées par un agent d'apprentissage automatique (ou Machine Learning – ML). L'agent ML utilisera des algorithmes avancés et des modèles prédictifs pour analyser les données, identifier les tendances et fournir des informations sur les performances et le comportement des palplanches. Cette analyse permettra une prise de décision proactive, une maintenance préventive et une optimisation de l'infrastructure de palplanches.

En résumé, le système SmartSheetPile intègre des capteurs dans les palplanches, recueille des données par le biais d'une unité d'acquisition, les transmet à la base de données décentralisée pour la visualisation et la génération d'alarmes. L'analyse ML permettra d'améliorer la surveillance préventive et la gestion de l'infrastructure.

Palplanches avec capteurs intégrés



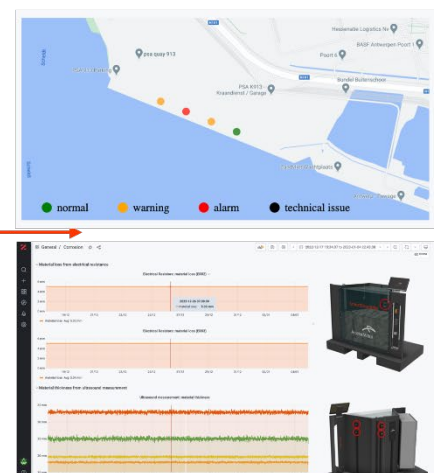
Unité d'acquisition



Plate-forme Cloud



Tableaux de bord et alertes



Câblés

Sans fil

Sans fil

Sans fil

- Surveillance des seuils
- Détection des tendances
- Algorithmes de prédiction et d'extrapolation



## 5. Description de l'aspect innovant et de sa valeur ajoutée

La solution SmartSheetPile offre une surveillance en temps réel, ce qui permet de détecter et de réagir aux événements imprévus.

Elle a pour objectif de détecter les incidents imprévus et de réagir rapidement aux problèmes potentiels survenant sur l'infrastructure où la solution SmartSheetPile est implantée. Elle permet d'envoyer des alertes en cas de problèmes constatés, de localiser les anomalies et de les passer en revue dans le modèle de jumeau numérique. De plus, elle analyse les données afin d'évaluer les anomalies et de prendre des décisions appropriées. Elle offre également des possibilités de mettre en place une maintenance préventive, avec l'objectif de réduire temps d'arrêt et de maîtriser les coûts de maintenance. Les données collectées et les modèles numériques permettent de révéler des capacités cachées ou sous-estimées de la structure, optimisant ainsi son utilisation pour en tirer pleinement parti.

De plus, l'ensemble des données collectées, combinées aux modèles numériques (Digital twin model), permet une amélioration continue des infrastructures, des produits et des solutions techniques.

Une variété des capteurs sont intégrés à la solution SmartSheetPile, ce qui en fait une source importante de données précises pouvant être analysées et utilisées pour une prise de décision éclairée.

La solution SmartSheetPile présente cinq objectifs essentiels :

- **Sécuriser les infrastructures**

Les données transmises par la solution SmartSheetPile permettent d'éviter des dommages irréparables aux infrastructures. Elle détecte les dommages accidentels et ceux causés par les intempéries.

La surveillance en temps réel des ouvrages permet d'alerter rapidement sur une éventuelle future rupture de la structure, afin de prendre des mesures préventives.

- **Minimiser les temps d'arrêt**

Qu'il s'agisse d'un mur de quai, d'une culée de pont ou d'une digue, un arrêt non programmé peut être très perturbant et coûteux.

Il entraîne une baisse des recettes, des travaux de réparation onéreux et des désagréments pour les usagers. La solution SmartSheetPile fournit à l'avance toutes les données utiles pour planifier les travaux d'entretien nécessaires, et ainsi minimiser les temps d'arrêt.



- **Adopter une maintenance préventive**

La disponibilité de données précises sur l'état structurel d'une infrastructure permet d'optimiser sa maintenance. Les exploitants savent exactement où et quand la maintenance est nécessaire, ce qui réduit le besoin d'inspections coûteuses et de travaux de réparation non programmés.

- **Révéler des capacités cachées**

Les données recueillies fournissent des informations précises sur l'état de la structure, les forces en jeu et leur impact sur les rideaux des palplanches, ce qui permet de découvrir toute capacité cachée et inutilisée. L'utilisation de la structure peut être optimisée pour bénéficier de son plein potentiel.

- **Transformer vers un monde numérique**

La numérisation est un moteur essentiel de l'innovation en matière de conception et d'exploitation. Les données collectées en direct par la solution SmartSheetPile peuvent être intégrées dans le « jumeau numérique » de l'infrastructure, fournissant une vue d'ensemble et multidimensionnelle sur la conception la performance et l'interaction de la structure avec le monde. Un modèle numérique unique rassemble toutes les informations nécessaires à une gestion efficace des infrastructures.

Ainsi, les objectifs poursuivis peuvent varier en fonction du type de solution choisie, des besoins et des exigences du domaine d'application. Cette flexibilité permet d'adapter la solution aux besoins spécifiques de chaque utilisateur ou secteur, garantissant ainsi une approche personnalisée et efficace pour atteindre les résultats attendus :

- **Solution pour le transport maritime et fluvial**

- ✓ Découvrir des capacités inutilisées des murs de quai.
- ✓ Surveillez la corrosion en temps réel grâce à une mesure précise de l'épaisseur restante.

- **Solution pour la prévention contre les risques naturels**

- ✓ Déclencher l'alarme sur les niveaux d'eau.
- ✓ Détecter les signes précurseurs d'une rupture potentielle de digue.

- **Solutions pour les infrastructures et mobilité**

- ✓ Surveiller l'état, les charges et les déformations des culées de pont en temps réel.
- ✓ Réduire les temps d'arrêt et les perturbations du trafic grâce à une maintenance préventive plus efficace.

- **Solutions pour la protection de l'environnement**

- ✓ Garantir l'intégrité du mur de palplanches contre le dégrafage.
- ✓ Assurer l'imperméabilité du rideau de palplanches.



ArcelorMittal participe aussi au programme de recherche iRON (intelligent pRediction of cOrrosioN of sheet piles), à partir de janvier 2023.

Ce programme vise à développer un modèle de données basé sur l'IA pour prédire la corrosion des palplanches en acier. Le programme de recherche est dirigé par l'université de Bielefeld en Allemagne, avec la participation des principales autorités portuaires allemandes.

*# fin du document #*