

Projet d'Optimisation de capacité – TRIMET
Pièce Jointe n°46



AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE UNIQUE
PROJET d'OPTIMISATION DE CAPACITE
Site de Saint-Jean de Maurienne (73)

Pièce Jointe n°46

Description des procédés de fabrication, des matières utilisées, des produits fabriqués

Version diffusable

B	06/11/2020	Version non modifiée	C. NAUMOWICZ	F. ROSSET	D. ROYER
A	03/07/2020	Version définitive	C. NAUMOWICZ	F. ROSSET	D. ROYER
REV.	DATE JJ/MM/AA	OBJET	REDIGE (nom & visa)	VERIFIE (nom & visa)	APPROUVE (nom & visa)
REVISIONS DU DOCUMENT					

Projet d'Optimisation de capacité – TRIMET
Pièce Jointe n°46

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	3
2. PRODUITS FABRIQUÉS.....	3
3. PROCÉDÉS DE FABRICATION.....	5
3.1. Principe de fabrication.....	5
3.2. Secteurs d'activité du site.....	6
3.2.1. Secteur Carbone.....	7
3.2.2. Secteur Electrolyse.....	8
3.2.3. Secteur Fonderie.....	8
4. PRODUITS UTILISÉS	10
5. PROJET D'OPTIMISATION DE CAPACITÉ.....	12
5.1. Enjeux du projet	12
5.2. Projet sous-station	13
5.3. Mise en place d'une seconde boucle de procédé	13

Projet d'Optimisation de capacité – TRIMET
Pièce Jointe n°46

1. INTRODUCTION

Dans cette Pièce Jointe n°46, les éléments suivants sont détaillés :

- 1/ Produits fabriqués par l'usine TRIMET de Saint-Jean de Maurienne,
- 2/ Procédés de fabrication mis en œuvre par l'usine,
- 3/ Produits mis en œuvre pour la fabrication d'aluminium,
- 4/ Présentation du projet d'optimisation de capacité.

Le projet d'Optimisation de capacité est présenté en détail après la présentation de l'usine, pour bien en cerner l'objet et la nécessité.

2. PRODUITS FABRIQUES

L'usine TRIMET de Saint-Jean de Maurienne produit de **l'aluminium primaire liquide**.

Elle possède également les installations de fonderie lui permettant de fabriquer les produits suivants, à partir de l'aluminium liquide :



Figure 1 : Produits fabriqués par l'usine TRIMET de Saint-Jean de Maurienne

Le portefeuille de produit du site est réparti comme suit :

- 65% de fils,
- 15% de lingots d'alliage,
- 15% de plaques de laminage,
- 5% de Tés.

Projet d'Optimisation de capacité – TRIMET
Pièce Jointe n°46

Le fil d'aluminium produit sur le site est destiné aux applications suivantes :

- Fil électrique :
 - o Câbles,
 - o Lignes de transport et de distribution d'énergie,
 - o Connexions,
 - o Câbles flexibles pour batteries, transformateur.



- Fil mécanique :
 - o Système de fixation,
 - o Visserie,
 - o Chaines, grilles, grillages,
 - o Objets forgés, estampés,
 - o Fil soudure,
 - o Métallisation.



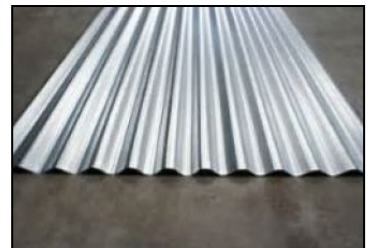
Les lingots d'alliages sont utilisés pour :

- Jantes automobiles,
- Pièces de freinage,
- Pièces de suspension.



Les plaques sont employées pour :

- Le transport ferroviaire,
- Le transport maritime,
- L'automobile,
- L'emballage.



Projet d'Optimisation de capacité – TRIMET
Pièce Jointe n°46

3. PROCÉDES DE FABRICATION

3.1. PRINCIPE DE FABRICATION

L'usine de TRIMET **produit de l'aluminium par électrolyse**, procédé qui permet de fabriquer le métal aluminium à partir de l'alumine extraite de la bauxite.

Ce procédé de fabrication produit de l'aluminium « primaire », l'aluminium « secondaire » étant issu du recyclage.

Pour fabriquer **une tonne** d'aluminium, TRIMET doit disposer :

- de 1,92 tonnes d'alumine,
- de 425 kg de carbone,
- de 13,5 MWh d'électricité.

De manière simplifiée, pour que cette réaction puisse avoir lieu, un **courant électrique** doit circuler entre **une anode** (un pôle +) et **une cathode** (un pôle -), afin que l'alumine puisse former de l'aluminium au niveau de la cathode.

Les grandes étapes de la fabrication d'aluminium sont schématisées ci-dessous, et sont détaillées dans la suite de ce chapitre.

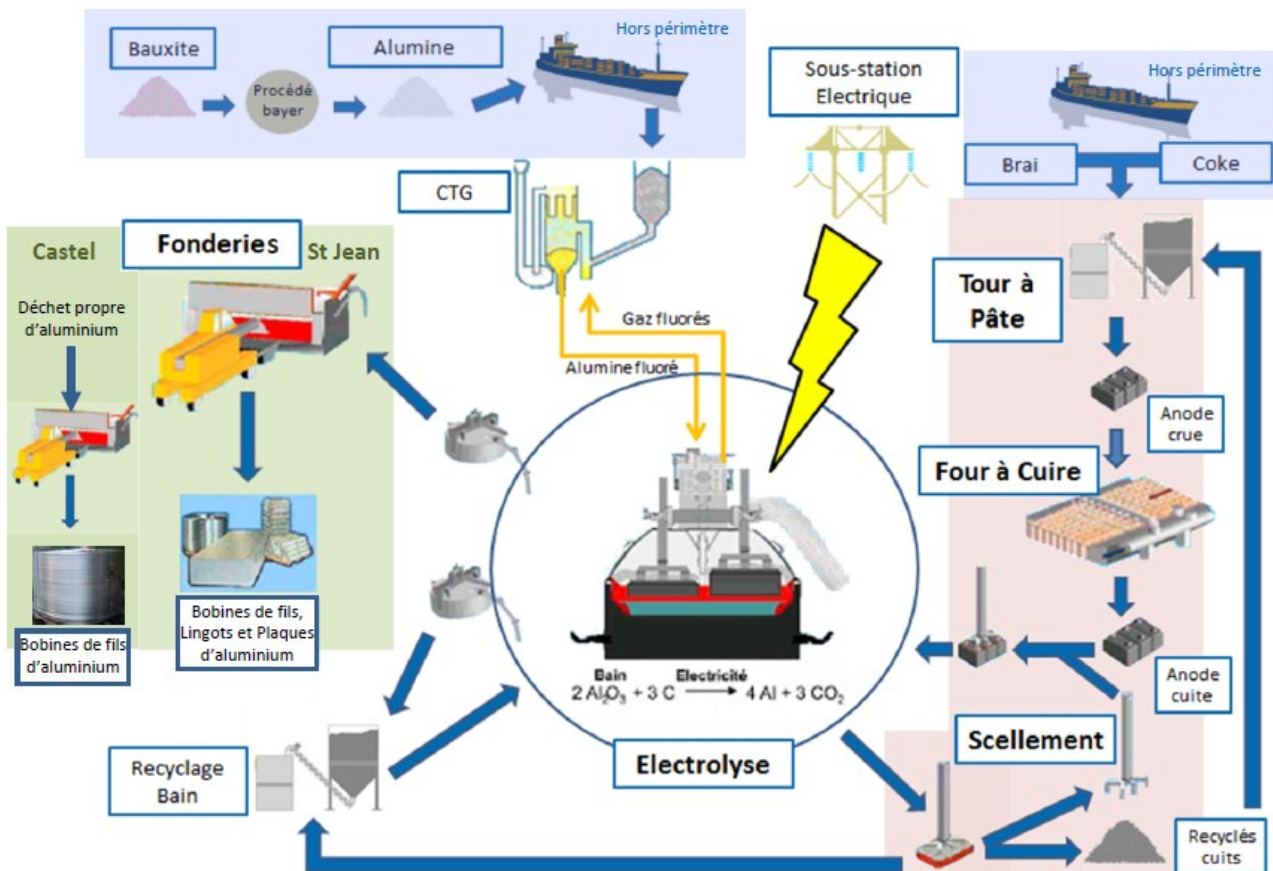


Figure 2 : Schématisation des grandes étapes de fabrication d'aluminium liquide sur le site de Saint-Jean de Maurienne

Projet d'Optimisation de capacité – TRIMET
Pièce Jointe n°46

3.2. SECTEURS D'ACTIVITE DU SITE

Les activités exercées à ce jour par TRIMET sur son site sont les suivantes :

● Achat, réception et stockage des matières premières :

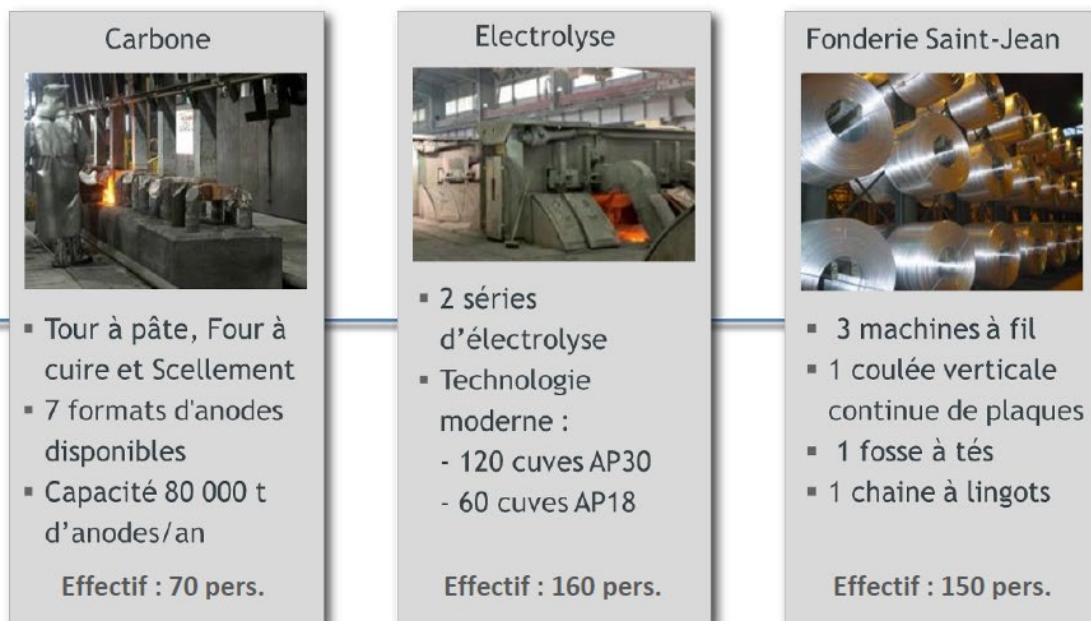
- Métaux et minéraux : principalement alumine, brai, coke ; puis des métaux d'apport (silicium, magnésium, manganèse, titane,...) ;
- Huiles (entières, solubles, diélectriques) ;
- *Substance dangereuse* nécessaire au traitement de l'aluminium.

● Secteur Carbone : fabrication des anodes dans la tour à pâte, cuisson dans le four à cuire (FAC), puis scellement des anodes ;

● Secteur Electrolyse : électrolyse de l'alumine par passage de courant au travers des anodes, avec captation et épuration des gaz (CTG) ;

● Secteur Fonderie : maintien et élaboration de l'aluminium pour fabrication de bobines de fils, de plaques, de tés et de lingots ;

● Stockage des produits finis et expédition.



Les procédés de fabrication de ces trois secteurs sont schématisés dans le graphique ci-dessous, puis détaillés par la suite.

Projet d'Optimisation de capacité – TRIMET
Pièce Jointe n°46

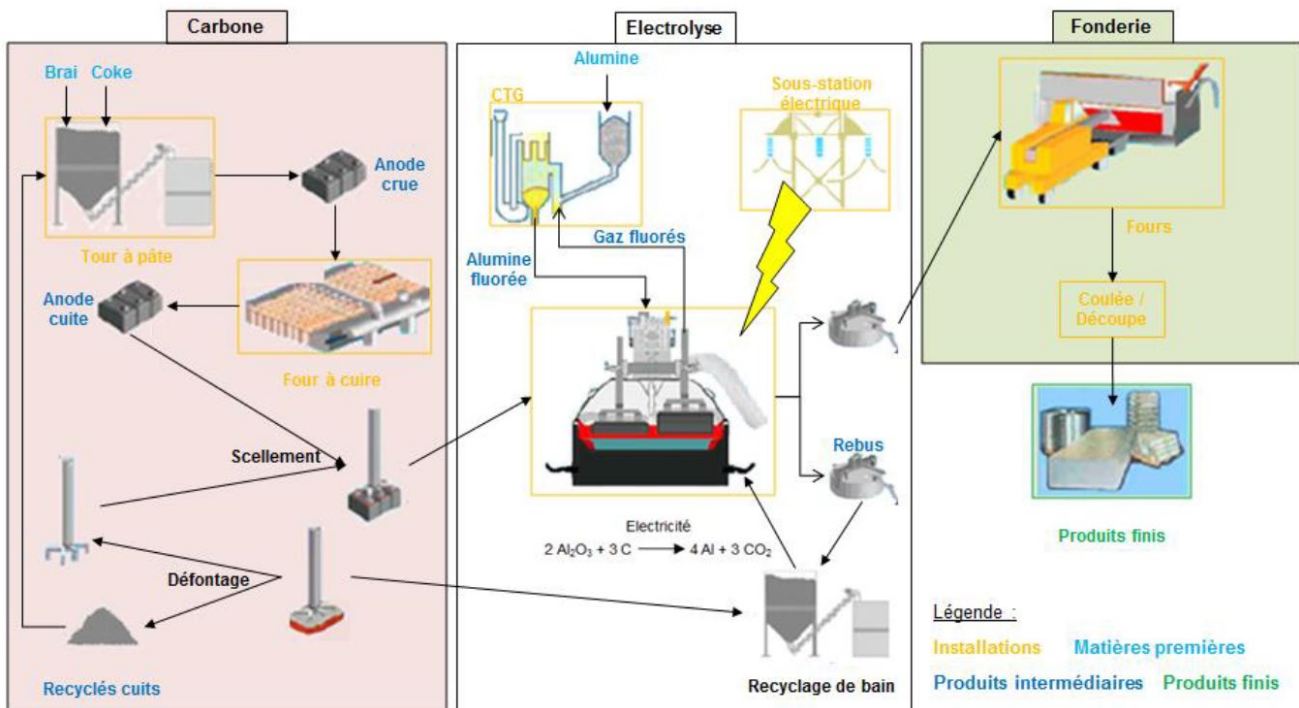


Figure 3 : Principe de fonctionnement des 3 secteurs de l'usine

3.2.1. SECTEUR CARBONE

Ce secteur a pour objectif de fabriquer des anodes, qui seront notamment destinées à la production d'aluminium au sein du secteur Electrolyse, ou vendues.

A ce jour, il peut produire 80 kt d'anodes par an, et compte 70 employés.

Les matières premières qui y sont utilisées sont le coke (60 %), le brai (15 %) et les recyclés carbonés (25 %).

3.2.1.1. Description du procédé

Fabrication des anodes

La tour à pâte produit des blocs de carbone, appelés anodes crues (110 000 t/an de capacité), composés de coke et d'anodes recyclées agglomérées au moyen de brai de houille.

Les anodes crues sont ensuite cuites, au niveau du Four à Cuire.

La dernière étape consiste à sceller une tige en acier et aluminium sur les anodes cuites à l'aide de fonte. Les cathodes utilisées à l'électrolyse sont aussi scellées dans cet atelier. Les cathodes ne sont pas fabriquées sur site.

Recyclage des anodes usées

Les ensembles anodiques usés revenant de l'électrolyse (dit « mégots d'anode ») sont placés sur un convoyeur pour être traités de manière à récupérer le carbone restant, qui sera réincorporé aux matières premières des anodes.

Projet d'Optimisation de capacité – TRIMET
Pièce Jointe n°46

3.2.1.2. Traitement des gaz et poussières

Le système de traitement présent au niveau de la tour à pâte capte les vapeurs de brai par un filtre à manche. Ces vapeurs sont épurées par un procédé sec.

Le four à cuire du secteur Carbone dispose d'une installation de traitement des fumées avant rejet à l'atmosphère. Ce centre de traitement des fumées est composé de 3 filtres reliés à une seule cheminée. L'alumine y est utilisée pour capter les particules traitées.

3.2.2. SECTEUR ELECTROLYSE

Ce secteur est celui dans lequel la production d'aluminium liquide a lieu. Il peut permettre la production de 150 kt d'aluminium primaire par an, et compte 160 employés.

C'est le secteur directement impacté par le projet d'Optimisation de capacité. Par conséquent, il sera d'avantage détaillé.

Il est composé de deux séries d'électrolyse, la F et la G.

Chaque série d'électrolyse est constituée de deux bâtiments appelés "halls".

En série F, les halls comportent 30 cuves chacun. Les halls de la série G sont dans le prolongement de ceux de la série F ; et comportent 60 cuves chacun.

Les cuves sont montées en série. Le courant électrique est délivré par la sous-station électrique de l'usine.

3.2.2.1. Description du procédé

De manière simplifiée, pour que la réaction d'électrolyse puisse avoir lieu, un **courant électrique** doit circuler entre **une anode** (un pôle +) et **une cathode** (un pôle -), afin que l'alumine puisse former de l'aluminium au niveau de la cathode.

La réaction qui se produit dans le bain est la suivante : $2 \text{Al}_2\text{O}_3 + 3 \text{C} = 4 \text{Al} + 3 \text{CO}_2$

Compte tenu des réactions parasites, environ 1,92 tonne d'alumine et 425 kg de carbone sont nécessaires pour fabriquer une tonne d'aluminium. Le dégagement de dioxyde de carbone (CO₂) produit est alors de l'ordre de 1,99 tonne.

Les données plus détaillées de ce procédé de fabrication étant sensibles, elles ne sont pas communicables au public sous cette version diffusable de l'étude.

3.2.2.2. Traitement des gaz de cuves d'électrolyse

Deux centres de traitement des gaz (CTG) sont implantés entre les halls d'électrolyse, l'un pour la série F, l'autre pour la série G.

3.2.3. SECTEUR FONDERIE

Ce secteur assure la fabrication de 155 kt de produits fini d'aluminium par an, et compte 150 employés.

La fonderie a pour rôle de solidifier l'aluminium métal provenant de l'électrolyse en y incorporant au préalable certains éléments nécessaires à l'élaboration d'alliages (magnésium...) :

- soit sous forme de fil, de lingots, en utilisant la coulée et laminage en continu ;

Projet d'Optimisation de capacité – TRIMET

Pièce Jointe n°46

- soit sous forme de lingots et de plaques de laminage, en particulier le procédé de coulée semi-continue verticale (CCV).

La principale activité de la fonderie de St Jean de Maurienne est la fabrication du fil machine (90 kt/an). En complément de cette fabrication la fonderie solidifie aussi le métal électrolyse pour obtenir des plaques (25 kt/an), des lingots tés (10 kt/an) et des lingots d'alliage (25 kt/an).

3.2.3.1. Elaboration des alliages

Il y a 11 fours d'élaboration des alliages : les fours 0 à 6 (fil et tés), les fours 10 et 11 (alimentation de la CCV) de plus grande capacité, et les fours 8 et 9 (lingots), de plus grande capacité encore, et mis en place en 2017. Ces fours fonctionnent au gaz naturel et permettent la fabrication de 155 000 tonnes par an d'aluminium métal.

Ces fours qui fonctionnent généralement par paire, comportent trois activités principales :

- l'activité "fil" fonctionnant en continu, composée de sept fours et de trois machines à fil, dédiée à la fabrication de fil d'aluminium métal de différents diamètres (85 000 tonnes par an),
- l'activité "plaques" composée de deux fours de capacité 50 tonnes et d'une unité de coulée continue verticale, permettant la fabrication en discontinu de 55 000 tonnes par an de plaques d'aluminium métal,
- l'activité « lingots », composée de deux fours de capacité 60 tonnes et d'une machine à lingots, dédiée à la fabrication de lingots d'aluminium de manière continue.

3.2.3.2. Traitement de dégazage - Poches de traitement Alpur ou ACD

Un traitement de purification du métal liquide est également possible dans des poches de traitement, après son élaboration dans les fours.

3.2.3.3. Principe du métier de coulée à tés ou de la CCV (Coulée Continue Verticale)

En complément de la production de fil, le métal peut être solidifié sous la forme de lingots tés ou de plaques. Ces produits sont obtenus sur le métier de coulée à "tés" ou sur la CCV (coulée continue verticale).

Le métier de coulée à tés permet l'obtention de "lingot tés", avec une capacité de 18 t d'aluminium par coulée.

La CCV permet l'obtention de "lingot tés" ou de "plaques", avec une capacité de 50 t d'aluminium par coulée.

3.2.3.4. Principe de fonctionnement de la machine à lingots

La chaîne à lingots permet de solidifier le métal liquide en lingots d'alliage destinés à l'industrie automobile avec une capacité de 50 tonnes par coulée.

Projet d'Optimisation de capacité – TRIMET
Pièce Jointe n°46

4. PRODUITS UTILISES

Les principaux produits mis en œuvre sur le site de TRIMET sont listés dans le tableau ci-dessous. Le volume associé est un ordre de grandeur.

Les dangers associés à chaque produit sont précisés, et seront détaillés dans l'étude de dangers.

Tableau 1 : Produits utilisés sur le site

Substances et préparations		Danger	Quantité présente sur le site
SECTEUR CARBONE			
Matières Premières	Brai de houille	Matière combustible liquide (140-160°C) Composés toxiques	<i>Données sensibles</i>
	Coke	Matière combustible pulvérulente	<i>Données sensibles</i>
	Recyclés d'anodes	Matière combustible	<i>Données sensibles</i>
	Fonte, fonte recyclée	x	<i>Données sensibles</i>
	Ferrosilicium	x	<i>Données sensibles</i>
Produits finis	Anodes	Matière combustible (70°C en sortie de four)	<i>Données sensibles</i>
Energie	Gaz naturel	Gaz inflammable	<i>Données sensibles</i>
Fluides	Fluide caloporteur	Liquide combustible (270°C)	<i>Données sensibles</i>
Agent de traitement des fumées du four à cuire	Alumine	Produit pulvérulent minéral	<i>Données sensibles</i>
SECTEUR ELECTROLYSE			
Matières premières	Alumine fraîche Alumine fluorée	Produit pulvérulent minéral	<i>Données sensibles</i>
	<i>Produit dangereux</i>	Matière minérale pulvérulente ou liquide (à 950°C à l'état fondu)	<i>Données sensibles</i>
	Fluorure d'aluminium	Substance nocive	<i>Données sensibles</i>
	Anodes	Matière combustible	<i>Données sensibles</i>
Produits finis	Aluminium liquide	Explosion métal liquide au contact de l'eau	<i>Données sensibles</i>
Sous-produits	<i>Produit dangereux</i>	Dégagement d'hydrogène, de méthane, d'ammoniac au contact de l'eau	<i>Données sensibles</i>
	Mégots d'anodes	X	

Projet d'Optimisation de capacité – TRIMET
Pièce Jointe n°46

Substances et préparations		Danger	Quantité présente sur le site
SECTEUR FONDERIE			
Matières premières	Aluminium liquide	Explosion métal liquide au contact de l'eau	<i>Données sensibles</i>
	Alliages mères et métaux d'addition	x	<i>Données sensibles</i>
Fluides	<i>Substance dangereuse « nommément désignée »</i>	Gaz toxique	<i>Données sensibles</i>
	Argon	x	<i>Données sensibles</i>
	Azote	x	<i>Données sensibles</i>
	Huile soluble	Liquide aqueux	<i>Données sensibles</i>
Produits finis	Alliages aluminium en bobine de fil, plaques, lingots tés ou lingots	x	<i>Données sensibles</i>
Sous-produits	Crasses	Réaction exothermique au contact de l'humidité	<i>Données sensibles</i>
	Sciure, copeaux d'aluminium		<i>Données sensibles</i>
	Coquillettes d'aluminium	Réaction exothermique au contact de l'humidité	<i>Données sensibles</i>
	Tout-venant aluminium		<i>Données sensibles</i>
PARTIES COMMUNES			
Energie	Gaz naturel	Gaz inflammable	<i>Données sensibles</i>
	Fioul domestique	Liquide inflammable	<i>Données sensibles</i>
	Gasoil	Liquide inflammable	<i>Données sensibles</i>
Diélectrique	Huile transformateur	Liquide combustible	<i>Données sensibles</i>

Projet d'Optimisation de capacité – TRIMET
Pièce Jointe n°46

5. PROJET D'OPTIMISATION DE CAPACITE

5.1. ENJEUX DU PROJET

Le projet consiste à optimiser la production d'électrolyse du site TRIMET de Saint-Jean de Maurienne en la portant d'ici 2023 au maximum technique possible sans investissement majeur.

L'objectif est de passer d'une production de métal liquide de 150 kt/an à 160 kt/an (+ 6,6 %), en augmentant progressivement l'intensité électrique dans les cuves d'électrolyse de la série G.

Aujourd'hui, via deux séries de cuves d'électrolyse (F et G), l'usine produit entre 145 kt/an et 150 kt/an d'aluminium liquide.

L'objectif de ce projet est de baisser les frais fixes par tonne d'aluminium fabriquée par un effet de volume, pour compenser d'autres facteurs négatifs, et permettre à la société TRIMET de rester compétitive sur le marché mondial.

En effet, à ce jour, 65% de la production d'aluminium se fait en Chine, et le prix de vente de l'aluminium étant fixé quotidiennement à la bourse des métaux de Londres (LME) en fonction de l'équilibre offre-demande mondial, les fabricants d'aluminium n'ont pas de leviers sur leurs prix de vente.

Ainsi, et compte tenu des impacts existants de la géopolitique sur le coût des matières premières (sanctions US, droits de douanes), il est vital pour une société comme TRIMET de continuer d'améliorer son coût de production pour maintenir une rentabilité et une capacité d'auto-financement suffisante.

Ce projet-clé était par ailleurs un point majeur du plan stratégique à 10 ans établi par TRIMET et EDF lors de la reprise du site en 2013.

L'étude de faisabilité de cette optimisation de capacité a été réalisée en 2018 : l'usine est capable d'atteindre cet optimum sans extension ou sans augmentation du nombre de cuves d'électrolyse, mais uniquement en agissant sur l'ampérage de l'électrolyse.

Cette étude a également permis de démontrer que l'usine ne serait pas en mesure de produire plus que 160 kt/an, compte tenu des lignes électriques actuelles (220 kV) qui alimentent l'usine.

Elle a également permis de déterminer l'ensemble des investissements nécessaires pour atteindre cette augmentation de production, qui font ainsi partie intégrante de ce projet :

- **L'augmentation de la capacité de la sous-station du site**, qui est le poste électrique qui alimente les cuves en courant continu basse tension depuis les lignes haute tension de 220 kV. Pour cela, une nouvelle « travée » (ligne d'alimentation) pour convertir l'alimentation 220 kV en 42 kV doit être rajoutée. En effet, pour augmenter l'intensité, il faut plus de puissance, et donc rajouter un nouveau transformateur.

- **La mise en place d'une seconde boucle de procédé** : Pour permettre de stabiliser les cuves d'électrolyse qui seront soumises à une augmentation de courant, une seconde boucle de procédé (ou boucle de compensation) sera mise en place au niveau des cuves de la série G. Cette boucle de procédé consiste en un conducteur au niveau des cuves et à l'extérieur de la série.

Les autres zones d'activité du site ne subiront aucune modification à proprement parlé dans le cadre de ce projet, mais une optimisation de leurs capacités :

- Le secteur fonderie verra sa quantité de métal solidifié de + 15 kt/an sans ajout de nouvelles installations.

Projet d'Optimisation de capacité – TRIMET

Pièce Jointe n°46

- La quantité d'anodes fabriquées et recyclées ne sera pas augmentée, mais absorbera la production supplémentaire via une optimisation de leur taille.
- Les volumes de stockage de matières premières et de produits finis ne seront pas impactés : les réceptions et expéditions de produits seront accélérées pour permettre un roulement ne nécessitant pas d'augmentation de stock sur site.

Ce projet ne modifie pas la nature des produits utilisés, fabriqués, ni les méthodes de production, qui restent identiques. Il n'est à l'origine d'aucune construction ou démolition de bâtiment, ni d'aucune imperméabilisation de surface supplémentaire.

En parallèle, pour permettre une augmentation de production d'aluminium primaire de 10 kt/an d'ici 2023, le projet d'Optimisation de capacité impliquera la renégociation des contrats de fourniture d'énergie et de puissance souscrits avec EDF et RTE.

5.2. PROJET SOUS-STATION

Ce projet consiste à ajouter un 4^{ème} transformateur dans la sous-station électrique du site.

Les modifications qui seront apportées à la sous-station de l'usine pour permettre la distribution d'une puissance électrique plus importante au niveau des séries d'électrolyse seront les suivantes :

- Modifications du poste existant 220 kV,
- Nouvelle liaison entre le poste 220 kV et le poste 42 kV,
- Modification du poste 42 kV.

5.3. MISE EN PLACE D'UNE SECONDE BOUCLE DE PROCÉDE

Source : Résumé de Brevet - Aluminerie et procédé de compensation d'un champ magnétique crée par la circulation du courant d'électrolyse de cette aluminerie

Une boucle de procédé, également nommée « boucle de compensation », a pour objectif de permettre la stabilisation des cuves d'électrolyse.

En effet, les cuves sont parcourues par un courant d'électrolyse de plusieurs centaines de milliers d'ampères, ce qui crée un champ magnétique important, dont les composantes peuvent être à l'origine d'instabilités magnétohydrodynamiques (MHD) et de déformations stationnaires de la nappe de métal.

Les instabilités MHD dégradent le rendement du procédé de production d'aluminium primaire. En effet, plus une cuve est instable, plus la distance interpolaire entre l'anode et la nappe de métal doit être élevée. Or, plus la distance interpolaire est importante, plus la consommation énergétique du procédé est élevée car dissipée par effet Joule dans l'espace interpolaire.

D'autre part, la dénivellation de la nappe de métal (comparable à un effet de vague) occasionnée doit rester suffisamment faible pour permettre aux anodes d'être consommées de manière uniforme afin de limiter leur quantité de déchet.

A ce jour, les cuves de la série G (objet du projet d'Optimisation de capacité), sont équipées d'une première boucle de compensation sur leur partie intérieure.

Projet d'Optimisation de capacité – TRIMET

Pièce Jointe n°46

La mise en place d'une seconde boucle identique, mais sur leur partie extérieure, permettra de compenser le champ magnétique induit par l'augmentation de la puissance électrique.

De manière plus concrète, l'usine sera équipée d'un premier circuit électrique de compensation (boucle existante) présente sous les cuves, et parcouru par un courant de compensation en sens inverse du courant d'électrolyse, et d'un second circuit électrique de compensation (future boucle) s'étendant sur le côté extérieur de la file de cuves et parcouru par un second courant de compensation dans le même sens que le courant d'électrolyse.

Ce circuit électrique secondaire sera parcouru par un courant électrique dont l'intensité atteindra un pourcentage prédéterminé de l'intensité du courant d'électrolyse. La boucle externe génèrera alors un champ magnétique compensant les effets du champ magnétique créé par le courant d'électrolyse de la file voisine de cuves d'électrolyse.

Ce sous-projet ne modifie pas la nature des produits utilisés, fabriqués, ni les méthodes de production, qui restent identiques au sein de l'atelier d'électrolyse. Il n'est à l'origine d'aucune modification profonde de la structure des ateliers d'électrolyse, et n'induit aucun déplacement, ni suppression ni rajout de cuve par rapport à la situation actuelle.