

## TITANE 2010

### MATIÈRES PREMIÈRES :

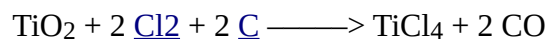
Voir le chapitre consacré au [dioxyde de titane](#). Seulement 6 % de la production minière de titane sert à la fabrication de titane métallique. L'essentiel de la production est destiné à l'élaboration du dioxyde de titane, pigment blanc le plus utilisé.

### MÉTALLURGIE :

Elle est réalisée en 2 étapes. L'obtention d'éponge de titane est suivie de la production de demi-produits sous forme de lingots. La matière de départ est soit le [rutile](#), soit du slag.

**Élaboration de l'éponge de titane :** en 2 stades.

- Carbochloration : effectuée sous vide ou sous atmosphère inerte vers 800°C, voir le chapitre consacré au [dioxyde de titane](#).



TiCl<sub>4</sub> obtenu gazeux (t<sub>ébul</sub> = 136°C) est condensé sous forme liquide et purifié par distillation fractionnée.

- Réduction et purification : par [Mg](#) (procédé Kroll). Ce procédé présente l'inconvénient de fonctionner de façon discontinue. La difficulté de cette métallurgie réside dans la nécessité d'opérer sous vide (ou sous [argon](#)), à haute température.



La réduction et la purification sont effectuées dans deux réacteurs (de type U inversé) qui fonctionnent alternativement en mode réduction et en mode distillation. Lors de la réduction réalisée vers 800°C, le titane solide, plus léger, surnage sur le chlorure liquide. Après élimination du chlorure de magnésium, par siphonnage, la distillation destinée à éliminer Mg et MgCl<sub>2</sub> restants est réalisée dans le même réacteur. Elle est effectuée vers 900-950°C, sous 0,2 Pa. Parallèlement l'autre réacteur fonctionne en mode réduction.

La purification peut également être réalisée par lavage acide. Après purification le titane se présente sous forme d'un solide poreux (à 99,6 % de Ti) d'où son nom d'éponge de titane.

La consommation d'énergie est de **40 kWh/kg d'éponge**.

Aux Etats Unis, les sociétés Titanium Metals Corp. (Timet) avec une capacité de 12 600 t/an dans son usine de Henderson dans le Nevada et Allegheny Technologies Inc. (ATI) avec une capacité de production de 10 900 t/an dans son usine de Rowley dans l'Utah utilisent le procédé Kroll.

La réduction par le [sodium](#) (procédé Hunter) est employée aux États-Unis par la société Honeywell Electronic Materials Inc., dans son usine de Salt Lake City dans l'Utah, avec une capacité de production de 500 t/an.

Productions et ( ) capacités annuelles de production d'éponge de titane : en 2010, en t. Production mondiale, hors Etats Unis : 132 000 t avec des capacités, y compris Etats Unis de 238 000 t.

Chine	53 000 (80 000)	Kazakhstan	6 500 (10 000)
Japon	30 000 (60 000)	Etats Unis	- (24 000)
Russie	27 000 (38 000)	Ukraine	6 500 (10 000)

Source : USGS

Producteurs d'éponge :

- Au Japon, par les entreprises [Osaka Titanium Technologies Co.](#), à Amagasaki, province de Hyogo, avec une capacité de 41 000 t/an et [Toho Titanium Co.](#), à Wakamatsu, province de Fukuoka, avec une capacité de 28 000 t/an.

- En Russie, la production est assurée par [VSMPO-AVISMA](#) dans son usine de Berezniki, dans la région de Perm.

- Aux Etats Unis, par les entreprises [Titanium Metals Corp.](#) (Timet), [Allegheny Technologies Inc.](#) (ATI) et [Honeywell Electronic Materials Inc.](#)

- Au Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk Titanium-Magnesium Complex est le seul producteur d'éponge de titane. Le Kazakhstan (60 %) et le Japon (35 %) sont les principaux pays exportateurs d'éponge de titane.

- En Ukraine, par la société Zaporozhye Titanium and Magnesium Combine (ZTMK) à Zaporojie.

Situation française : plus de production d'éponge de titane depuis 1962.

Utilisations : l'éponge de titane est utilisé à 85 % pour l'élaboration du titane métal. L'éponge de titane est également utilisé en sidérurgie.

**Ferrotitanes** : ils contiennent de 25 à 70 % de Ti, de 4 à 10 % de Al. Ils sont utilisés comme élément d'alliage des aciers à construction et dans les aciers inoxydables, où ils stabilisent des carbures. Les ferrotitanes sont fabriqués à partir d'éponge de titane ou à partir des déchets non recyclés, produits par la mise en forme du titane métal. Ils sont également fabriqués, par aluminothermie, à partir de minerai de titane.

Situation française : pas de production.

**Élaboration des lingots de titane** : l'éponge de titane est chimiquement pure, à 99,6 %, mais ne possède pas une compacité et des propriétés mécaniques intéressantes. L'élaboration des lingots est effectuée sous vide à haute température. Au cours de cette opération, divers ajouts permettent de fixer la composition des alliages. Deux techniques sont utilisées :

- Four à électrode consommable : l'éponge, le titane recyclé et les éléments d'alliage sont compactés sous forme de comprimés assemblés ensuite sous forme d'électrode par soudure. Cette électrode est introduite dans un four électrique à arc sous vide. L'arc a lieu entre l'électrode et un creuset en cuivre refroidi à l'eau. L'électrode fond et le lingot se solidifie dans le creuset.

- Four à électrode non consommable : le bain de fusion est alimenté directement par le mélange : éponge, chutes recyclées, éléments d'alliage. L'arc a lieu entre une électrode fixe en cuivre et le creuset contenant le bain liquide de titane.

Quelle que soit la technique utilisée, une 2<sup>ème</sup> fusion est indispensable. Celle-ci a lieu dans un four à l'électrode consommable, cette dernière étant constituée par le lingot provenant de la 1<sup>ère</sup> fusion.

La consommation totale d'énergie pour produire Ti est de 30 kWh/kg. Les lingots obtenus ont, en général, une masse de 2 à 5 t (diamètre : 830 mm) mais ils peuvent atteindre 18 t (diamètre : 1,2 m).

Productions : en 2010, la capacité de production mondiale s'élève à 340 000 t.

En 2009, la production chinoise a été de 41 164 t, celle des Etats Unis de 35 600 t.

Situation française :

En 2007, la production française de lingots a été de 1 600 t, par Cezus, filiale d'Areva, pour Timet Savoie.

Cezus, filiale d'Areva, n°1 mondial de la production de zirconium, produit des lingots de titane à partir de chutes de fabrication dans son usine d'Ugine (73). La production est sous traitée pour la société Timet Savoie, filiale du groupe américain Titanium Metals Corp. (Timet). Timet Savoie est détenue à 70 % par Timet et 30 % par Areva.

- Importations, en 2010, hors déchets : 7 354 t provenant de : Etats Unis : 30 %, Royaume Uni : 23 %, Japon : 13 %, Russie : 10 %.

- Exportations, en 2010, hors déchets : 1 026 t.

**FABRICATION DU TITANE ULTRAPUR** : selon la méthode de Van Arkel.

C'est selon cette méthode qu'a été élaboré, en 1925, le premier titane suffisamment pur et ductile pour la mise en évidence de ses propriétés. Après la mise au point du procédé Kroll, en 1937, le procédé Van Arkel n'est utilisé que pour l'obtention de titane ultra pur réservé à des applications très pointues, en général militaires.

Principe du procédé Van Arkel : le titane à purifier, provenant de la métallurgie classique, est placé dans une enceinte sous vide, en présence de diiode et d'un filament de titane pur, chauffé par effet Joule, entre 1 100 et 1 500°C. Le titane à purifier, chauffé vers 150 à 200 °C, par le rayonnement produit par le filament, réagit avec le diiode pour former du tétraiodure de titane (TiI<sub>4</sub>) gazeux qui au contact du filament de titane pur se décompose avec dépôt de titane sur le filament qui ainsi grossit. Le diiode est recyclé.



**RECYCLAGE** :

Il est extrêmement important du fait des difficultés de la mise en forme finale des pièces en titane qui ne peut être réalisée que par usinage. Les copeaux d'usinage, qui peuvent représenter jusqu'à 80 % de la consommation de titane, donnent des déchets qui sont soit recyclés pour produire des

lingots, soit utilisés pour élaborer des ferro-alliages. Un procédé de "coulée 4C" (Cold Crucible Continuous Casting) permet le recyclage direct des copeaux. Dans un creuset sans fond, en [cuivre](#) refroidi à l'eau, le titane est fondu par induction, ce qui permet d'obtenir des lingots de 120 à 210 kg. En 2009, la France exporte une grande partie de ses déchets, elle est en tête des pays exportateurs (25 %), suivie du Royaume uni (24 %), de l'Allemagne (19 %) et du Japon (11 %) . En 2009, les Etats Unis ont consommés 25 700 t de titane recyclé.

Commerce extérieur de la France :

- Importations de déchets, en 2010 : 394 t
- Exportations de déchets, en 2010 : 3 610 t vers le Royaume Uni à 52 %, les Etats Unis à 39 %.

## **UTILISATIONS :**

**Secteurs d'utilisation :** dans le monde, en 2008.

Energie, chimie	47 %	Bâtiment	1 %
Aéronautique	43 %	Médical	1 %
Sports et loisirs	6 %	Autres dont lunetterie	2 %

Source : [http://aero2008.blogspot.com/2008/03/lavenir-de-lavion-par-les-avions-du\\_02.html](http://aero2008.blogspot.com/2008/03/lavenir-de-lavion-par-les-avions-du_02.html)

## **Utilisations diverses :**

- Le titane est un métal léger ( $4,5 \text{ g/cm}^3$ ). Il est utilisé allié, principal alliage TA6V (6 % Al, 4 % V), en aéronautique, dans les cellules et les réacteurs.

Les ailes d'un Boeing 747 exigent 1 725 kg d'alliage pour une masse finale de 450 kg après mise en forme. L'A380 d'Airbus contient 9 % de son poids en titane, dans le bombardier furtif, F-22, la part du titane est de 39 %.

Dans les réacteurs CFM-56 de la Snecma, est présent 1,2 t de titane soit 30 % de sa masse.

Il est également utilisé dans les voitures de formule 1 : par exemple une bielle en titane voit sa masse réduite de 60 %.

Il est employé dans la fabrication de divers objets tel que : montres, montures de lunettes ([250 t/an en 2010 au Japon](#)), corps d'appareils photo, clubs de golf, [cadres de bicyclettes](#) (sous forme d'alliage TA3V (3 % Al, 2,5 % V)), structure de fauteuils roulants.

- Il est utilisé pur ou faiblement allié (0,2 % de Pd) pour son excellente résistance à la corrosion, en particulier marine. Il est également insensible à la corrosion sous tension. Il est utilisé en milieu marin : condenseurs des [centrales nucléaires](#) côtières (150 t par condenseur), coques de sous-marins (Nautile), canalisations des usines de [dessalement de l'eau de mer](#) (jusqu'à 1300 t de Ti/usine). Les sous-marins russes de la classe Alpha utilisaient chacun 453 t de titane.

- Dans le bâtiment, il est employé, par exemple au Japon, comme matériau de toiture, le bâtiment représentant 9 % des utilisations dans ce pays. La façade du musée Guggenheim, à Bilbao en Espagne, est recouverte par 31 900 m<sup>2</sup> de plaques de titane.

- Il conserve ses propriétés mécaniques à 4 K.

- Utilisations en chimie dans les réacteurs et cuves, crépines dans l'industrie de la pâte à papier, anodes pour l'électrolyse de [NaCl](#). C'est, avec l'aéronautique, le principal secteur d'utilisation du titane.

- Prothèses médicales : l'alliage TA6V est le plus utilisé pour cette application, mais certains travaux ayant indiqué une possible toxicité du vanadium, des alliages expérimentaux sont envisagés pour y remédier : TiAl5Fe2,5; Ti-Nb ou Ti-Ta. Le titane des prothèses peut être recouvert d'[apatite phosphocalcique](#) de composition proche de celle des os. En France, l'ancienne entreprise Bioland à Toulouse (31), filiale de Landanger-Camus, qui produisait journalièrement 7 kg d'hydroxyapatite calcinée et réalisait des dépôts d'environ 150  $\mu\text{m}$  d'épaisseur a été rachetée par [Teknimed](#) en 2001. Les entreprises productrices de prothèse en titane sont, en France : [Ets Marle](#), [Neuro France Implants](#) et [Groupe Lépine](#) qui est le plus gros fabricant de prothèse de hanche en Titane en France. Chaque année, dans le monde, 1 000 t de titane sont implantées dans des corps humains.

- Alliages à mémoire de forme (AMF) : l'alliage TiNi (50/50 atomique) a été le premier alliage à mémoire de forme fabriqué industriellement, en 1969, par la société américaine Raychem (n°1 mondial dans ce domaine) pour des manchons de raccordement de tuyauterie dans les avions de combat F-14. En France, production par [Mémoméтал](#), [Nimesis Technology](#), [AMF](#) et [Cétim](#).

Utilisation de composés du titane en dehors du dioxyde :

-  $\text{TiCl}_4$  : fumigène (formation à l'air atmosphérique d'oxychlorure de  $\text{Ti}^{4+}$ , solide), utilisé pendant la 2<sup>ème</sup> guerre mondiale dans les combats navals du Pacifique.

- Nitrure de titane : matériau dur et ayant une couleur identique à celle de l'[or](#). Il est utilisé comme revêtement, de montres de valeur, d'outils coupants, d'ailettes de turbines... Les dépôts sont réalisés, sous vide, par dépôt physique en phase vapeur (PVD).