

DES METAUX, PAS QUE DANS LES SMARTPHONES... · PHASE 3 : Objets du quotidien, choix de société · Synthèse sur les propriétés

| Métal | Situation dans un smartphone | Principales propriétés du métal | Principaux secteurs d'utilisation dans le monde | Principaux pays producteurs | Consommation annuelle dans le monde | Réserves connues | Estimation durée restante | Substituabilité | Recyclage |
|------------------|---|---|---|--|-------------------------------------|------------------|--|---|--|
| Aluminium | Dans la couche de verre de l'écran, l'oxyde d'aluminium (alumine) est principalement utilisé pour sa résistance à l'oxydation et sa résistance à la corrosion | Légèreté +++ Conductivité électrique ++ Résistant à l'oxydation et à la corrosion ++ Recyclabilité + | Transport (automobile, avion) (27%) Construction (25%) Équipement électrique et mécanique (22%) Emballage (8%) | Australie:34,6%; Chine: 20,08%; Brésil : 13,89%; Guinée: 8,25%; Inde: 8,12%; Jamaïque: 4,2%; Kazakhstan: 2,35%; Russie 1,41%; Surinam: 1,15%; Venezuela: 0,94% | 74,9 Mt en 2014 | 28 Gt | 370 ans | Concurrencé par plastique et composites | 70% |
| Cuivre | Dans la carte électronique, le cuivre est principalement utilisé pour sa conductivité électrique et sa conductivité thermique | Conductivité thermique et électrique ++++ Résistance à la corrosion ++ Malléabilité/Ductilité +++ Recyclabilité + | Équipements principalement électriques (31%) Construction (électricité, plomberie) (29%) Infrastructures (transport de l'électricité) (18%) Industrie (alliage, poudre) (13%) Transport (équipement automobile) (13%) | Chine : 34,80%; Chili : 11,86%; Japon : 6,75%; Etats-Unis : 4,72%; Russie : 3,80%; Inde : 3,32%; R.D. Du Congo : 3,22%; Zambie : 3,21%; Allemagne : 2,97%; Corée du Sud : 2,62%; Pologne : 2,51%; Australie : 2,27% | 28,97 Mt | 700 Mt | 35 ans avec recyclage | Alliage cuivre-zinc (prix moindre pour le zinc) | 85% |
| Lithium | Dans la batterie, le lithium est principalement utilisé pour son potentiel électrochimique | Légèreté +++ Potentiel électrochimique +++ Capacité à diminuer la température de fusion + | Verres et céramiques (plaques vitrocéramiques notamment) (35%) Piles rechargeables et batteries (31%) Traitement de l'air (5%) Traitement médicamenteux (<1%) | Australie: 36,1%; Chili:35,8%; Chine: 13,8%; Argentine: 8,05%; Zimbabwe: 2,8%; USA: 1,9%; Portugal: 1,6%; Brésil: 1,1% | 36000 t en 2014 | 13,5 Mt | 450 ans | Dans les plaques vitrocéramique peut être remplacé par des composés de magnésium ou de baryum | Trop dispersé dans verre et céramique mais se développe pour les batteries |
| Néodyme | Dans les aimants permanents du microphone, en association avec le fer et le bore, le néodyme est principalement utilisé pour son magnétisme . | Magnétisme +++ Malléabilité/Ductilité ++ Pouvoir colorant + | Aimants permanents néodyme-fer-bore (89%) (éolienne, voiture électrique, disque dur) Colorant céramique (5%) Colorant verres (4%) Pierre à briquet, dans le mischmétal (2%) | Chine : 87,1%, Australie 5,0%; Etats-Unis 3,3%; Russie : 1,5% | 19 900 t en 2012 | 9,3 à 13,5 Mt | > 400 ans si consommation inchangée > 50 ans avec croissance 6% | Pas de substitution possible dans perte de performance | <1% |
| Nickel | Dans le boîtier, le nickel est principalement utilisé pour sa résistance à l'oxydation et sa résistance à la corrosion . | Résistance à l'oxydation ++ Résistance à la corrosion ++ Malléabilité/Ductilité ++ Recyclabilité + | Aciers inoxydables (67%) Alliages (8%) Galvanoplastie (notamment pour les tôles automobiles) (7%) Pièces de monnaie Montures de lunettes | Philippines : 20,9%; Russie 9,5%; Canada: 9,5%; Australie: 9,2%; Nouvelle-Calédonie: 7,4%; Indonésie: 6,7%; Brésil: 4,3%; Chine 4,0%; Colombie: 2,9%; Cuba: 2,3% | 1,9 Mt | 79 Mt | 40 ans | - | 45% |
| Or | Dans la carte électronique, l'or est principalement utilisé pour sa résistance à l'oxydation et sa résistance à la corrosion . | Conductivité électrique et thermique ++++ Résistance à l'oxydation ++++ Résistance à la corrosion ++++ Malléabilité/Ductilité +++ Résistivité ++ Inaltérabilité ++ | Bijouterie (58%) Économie (lingots, monnaie) (19%) Banques centrales (14%) Électronique (7%) Dentaire (0,5%) | Chine : 17,11%; Australie : 10,09%; Russie : 9,86%; Etats-Unis : 7,81%; Pérou : 6,33%; Afrique du Sud : 6,22%; Canada : 5,60%; Mexique : 4,09%; Ghana : 3,86%; Brésil : 3,35% | 4 527 t | 55 000t | 13 ans | - | 80% |
| Phosphore | Dans les transistors, le phosphore est principalement utilisé pour sa résistance à l'oxydation . | Conductivité électrique ++ Résistance à l'oxydation + Flexibilité + | Fertilisants (87%) Compléments alimentaires pour animaux (7%) Agent de conservation, Fongicide et Condensateur (6%) Usage militaire (bombes) | Maroc, Chine, Afrique du Sud, USA | 20 à 30 Mt | - | 340 ans | - | - |
| Tantale | Dans les condensateurs, l'oxyde de tantale est principalement utilisé pour sa permittivité diélectrique . | Haut point de fusion +++ Résistance à la corrosion et à la chaleur +++ Malléabilité/Ductilité ++ Stabilité chimique ++ | Condensateurs miniaturisés (39%) Superalliages (19%) Instruments chirurgicaux et implants | Rwanda : 44,5%, RD Congo : 19,2%, Brésil : 7,7%, Chine: 4,7%, Nigéria : 4,7% | 1680 t en 2012 | 30 à 140 kt | > 100 ans | Les condensateurs en céramique, aluminium et niobium peuvent se substituer aux condensateurs au tantale (moindre coût) mais avec perte de performances. | < 1% |

DES METAUX, PAS QUE DANS LES SMARTPHONES... · PHASE 3 : Objets du quotidien, choix de société · Synthèse sur les usages et les objets étudiés

| Substance | Objet | N° photo | Auteurs et crédits des photo | Compléments d'informations |
|-----------|---|----------|--|--|
| Aluminium | Ligne haute tension (électronique) | 1 | Auteur = Music4life Crédits = Domaine public, 2016 | L'aluminium tend à remplacer le cuivre dans l'électrotechnique, il est très utilisé dans les câbles électriques. 1 kg d'aluminium assure les mêmes fonctions électriques que 2 kg de cuivre : l'aluminium a une moins bonne conductivité que le cuivre (une section 60 % plus élevée est nécessaire pour une même conductance), mais il est trois fois moins dense et sensiblement moins cher au kilogramme. |
| | Automobile | 2 | Auteur = Joe Clark Crédits = Domaine public, 1973 | L'aluminium est concurrencé par les plastiques et les matériaux composites, mais il tend toujours à remplacer l'acier et la fonte dans l'automobile. Dans une voiture, en Europe, il y avait, en 2012, en moyenne, 140 kg d'aluminium (28 kg en 1973, 50 kg en 1990) sur un poids total moyen de 1 389 kg. Dans les véhicules courants, l'aluminium est présent à 50 % dans les boîtes de vitesse, 30 %, dans le châssis et le moteur, 15 % dans la carrosserie, les radiateurs. Environ 50 % des blocs moteurs sont en aluminium et en France, la totalité des culasses. Les alliages utilisés sont surtout des alliages de fonderie (l'automobile représente 75 % des utilisations de ces alliages). Ces alliages sont, en grande partie, élaborés à partir d'aluminium recyclé : en France, l'aluminium utilisé dans les automobiles est recyclé à 90 %. |
| | Chantier de construction | 3 | Auteur = Wdreblow Crédits = Domaine public | En Europe de l'Ouest, en 2006, pour la construction, 2,9 millions de tonnes d'aluminium ont été utilisées, dont 1,7 million de tonnes sous forme de profilés extrudés, 1 million de tonnes de tôles laminées et 200 000 tonnes dans des alliages de fonderie. L'aluminium pour le bâtiment subit un traitement de surface par anodisation (couche de 5 à 25 micromètres d'oxyde) ou par laquage. |
| | Cookies (agent de texture en agroalimentaire) | 4 | Auteur = Steven Giacomelli Crédits = Domaine public | On retrouve de l'aluminium dans certains aliments : certains fromages, pains de mie, la pâtisserie industrielle, certains produits laitiers et laits maternisés, certains produits céréaliers, des préparations à base de blanc d'œuf, le sel de table blanchi au silicate d'alumine, les agents de blanchiment pour traiter la farine, le colorant E173, les agents E520, E521, E522, E523, E541, E554, 555, 556, 559, des préparations à base de légumes, des dentifrices et des anti-transpirants. Selon l'EFSA (autorité européenne de sécurité des aliments), la dose hebdomadaire tolérable pour un être humain est de 1mg d'aluminium/kg par semaine. La plupart des denrées alimentaires non transformées contiennent habituellement moins de 5 mg d'aluminium/kg. Des taux moyens de 5 à 10 mg/kg sont souvent observés dans les produits alimentaires transformés : pains, gâteaux et pâtisseries industriels (les taux les plus élevés étant dans les biscuits), mais aussi dans certains légumes (champignons, épinards, radis, laitue, ...), les fruits glacés, les produits laitiers, les saucisses, les abats, les coquillages, les aliments riches en sucre, les préparations à cuir au four et une majorité de produits farineux et de farines. Les denrées alimentaires à très fortes concentrations moyennes en aluminium comprennent les feuilles de thé, les herbes, le cacao et les produits à base de cacao, ainsi que les épices. |
| Cuivre | Micro-onde (équipements électroniques) | 5 | Auteur = Samsung Crédits = Creative commons | Cf. Fiche "Composant" - Carte électronique/Cuivre En 2014, le secteur des équipements électroniques représentait 31% du cuivre utilisé dans le monde. |
| | Pièce de 10 centimes d'euros | 6 | Auteur = Stux Crédits = Domaine public | Les pièces de 1, 2 et 5 centimes d'euro, sont en acier recouvert par un mince dépôt électrolytique de cuivre. Les pièces de 10, 20 et 50 centimes d'euro sont en "nordic gold" c'est-à-dire en alliage contenant, en masse, 89 % de cuivre, 5 % d'aluminium, 5 % de zinc et 1 % d'étain. Les parties jaunes des pièces de 1 et 2 euros sont constituées d'un alliage (maillechort) contenant 75 % de cuivre, 20 % de zinc et 5 % de nickel. Les parties blanches de ces pièces sont formées par un cœur de nickel pur inséré entre 2 couches d'un cupronickel constitué de 75 % de cuivre et 25 % de nickel. Lors de la fabrication des premières pièces en euro, la consommation de cuivre a été de 180 000 tonnes sur 2 ans, soit 2 % de la consommation européenne de cuivre pour produire 60 milliards de pièces. |
| | Câbles électroniques | 7 | Auteur = Jarmoluk Crédits = Domaine public, 2012 | En 2014, dans les infrastructures, le transport de l'électricité représente 3,25 millions de tonnes de cuivre ; les télécommunications, 2,02 millions de tonnes. A titre de comparaison : les industries électriques ont consommé 1,74 million de tonnes de cuivre. On estime, en Europe, que 8 millions de km de câbles de cuivre assurent le transport de courant électrique. Concernant le secteur de l'automobile : un véhicule de gamme moyenne contient 2 km de câbles en cuivre ou en alliage de cuivre soit une masse d'environ 22,5 kg qui peut atteindre 45 kg pour les véhicules hybrides. |
| | Toiture | 8 | Auteur = Thomas Quine Crédits = Creative commons | Le cuivre reste encore aujourd'hui utilisé dans les couvertures des bâtiments et l'évacuation des eaux pluviales. L'utilisation est relativement faible en France (5 000 t/an), mais plus importante en Allemagne (70 000 t/an) et Italie (60 000 t/an). En France, les couvertures de l'église de la Madeleine et de la Bourse, datant de Napoléon 1er, sont en cuivre. Dans cette application, outre l'aspect esthétique et la résistance à la corrosion, l'avantage du cuivre réside dans son faible coefficient de dilatation : 1,68 mm/m pour 100°C. |

| Substance | Objet | N° photo | Auteurs et crédits des photo | Compléments d'informations |
|-----------|---|----------|--|---|
| Lithium | Plaque vitro-céramique | 9 | Auteur = Felix Reimann Crédits = Creative commons, 2005 | Les vitrocéramiques sont des composés intermédiaires entre les verres et les céramiques. Les plus communes sont les vitrocéramiques de type "LAS", composés d'un assemblage d'oxydes de : lithium, aluminium, magnésium et silicium. Parmi leurs propriétés les plus intéressantes, on retiendra : un coefficient de dilatation thermique quasi nul ou contrôlé, une bonne stabilité et durabilité à haute température et une haute résistance mécanique. Ces matériaux avaient été développés à l'origine pour les nez de missiles dans les années 1950, et sont désormais popularisés dans des plaques chauffantes et ustensiles de cuisson grand public. |
| | Pile rechargeable | 10 | Auteur = Pexels.com Crédits = Creative commons, 2015 | Cf. Fiche "Composant" - Batterie/Lithium |
| | Médicaments (Traitements médicamenteux en psychiatrie) | 11 | Auteur = Tom Varco Crédits = Creative commons, 2006 | Des sels de lithium ont des propriétés médicales en neurologie et psychiatrie, pour la régulation de l'anxiété et de l'irritabilité, et le traitement des troubles bipolaires (troubles maniaque-dépressifs), mais son action sur le cerveau n'est pas encore entièrement comprise. |
| | Sous-marin (Traitement de l'air) | 12 | Auteur = US Federal Government Crédits = Domaine public, 1987 | Le secteur du traitement de l'air consomme environ 6% du lithium mondial. Il regroupe 3 sous-secteurs : (1) le refroidissement, (2) la déshumidification et (3) la purification de l'air par élimination du CO2. (1) Le refroidissement ou climatisation par absorption (et non par compression qui nécessite de l'électricité) permet de produire du froid à partir d'une source de chaleur. Le fluide frigorigène utilisé est une solution aqueuse concentrée de bromure de lithium (LiBr). (2) Les dessiccants sont des matériaux avides d'eau, absorbant très efficacement l'humidité de l'air. Ils sont utilisés en particulier dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique. Un des dessiccants les plus efficaces est le chlorure de lithium (LiCl). (3) Dans des espaces fermés (capsules spatiales, sous-marins, etc.), des hydroxydes ou oxydes alcalins sont utilisés pour éliminer le gaz carbonique exhalé par les occupants), comme LiOH. On peut même utiliser du peroxyde de lithium Li2O2 qui non seulement absorbe le CO2 mais dégage de l'oxygène en présence d'humidité. |
| Néodyme | Briquet | 13 | Auteur = Hydrel Crédits = Creative commons | Les pierres à briquet sont historiquement la première utilisation significative des Terres Rares. Ces « pierres » sont composées de ferrocérium, alliage contenant 30 % de fer et 70% de mischmétal, lui-même composé de Terres Rares légères peu ou pas séparées. Le mischmétal peut contenir de 0 à 15% de néodyme. La part de cet usage se réduit au profit de briquets piézoélectriques. |
| | Eolienne (aimants permanents) | 14 | Auteur = Steve p2008 Crédits = Creative commons | Cf. Fiche "Composant" - Microphone/Néodyme pour les aimants permanents. Les aimants néodyme-fer-bore sont utilisés dans les nouvelles générations d'éoliennes à générateurs synchrones et entraînement direct (sans boîte de vitesses) atteignant 6 à 7 MW, contre de l'ordre de 2 MW pour les éoliennes terrestres classiques à générateur asynchrone sans aimants permanents (à rotor et stator bobinés), nécessitant un système multiplicateur. Leur taille et leur maintenance simplifiée permet d'exploiter les vents faibles, et leur permet d'être installées là où la maintenance est plus difficile, comme en mer (off-shore). |
| | Télévision (tubes cathodiques) | 15 | Auteur = Daily invention Crédits = Creative commons | Les propriétés de luminescence de la plupart des Terres Rares sont largement utilisées pour la production de luminophores. On retrouve ces luminophores dans un grand nombre d'applications des lumières fluorescentes, notamment pour les systèmes d'affichage des écrans de télévision, ordinateurs et autres appareils électroniques, ainsi que dans les systèmes d'éclairage à la fois domestiques, publics et commerciaux (enseignes publicitaires, par exemple). Ce marché représentait, en 2012, 7 % des quantités de Terres Rares consommées dans le monde. Historiquement, c'est cette filière qui a permis l'essor de l'industrie des Terres Rares dans les années 1970, tiré par la croissance de la demande en téléviseurs couleur à tube cathodique. Les téléviseurs étaient encore presque tous à tube cathodique jusqu'au début des années 2000, puis les écrans plats les ont progressivement remplacés entre 2004 et 2011. En 2012, l'utilisation du néodyme dans les luminophores représentait moins de 4% du marché de cette substance. |
| | Lunettes de soleil (dopage du verre) | 16 | Auteur = Rich Niewiroski Jr Crédits = Creative commons | L'oxyde de néodyme (III) est utilisé pour doper le verre, y compris les lunettes de soleil. Le verre dopé au néodyme tourne au violet en raison de l'absorption de jaune et du vert et est utilisé dans les lunettes de protection pour le soudage. Certains verres dopés au néodyme sont dichroïque : ils changent de couleur selon l'éclairage. |
| Nickel | Pièces mécaniques (nickelage) | 17 | Auteur = Microtech steel Crédits = Creative commons, 2015 | Les pièces dites "chromées" sont en fait essentiellement nickelées. Est ici utilisée la technique de nickelage . Les pièces en acier sont recouvertes par une couche de 20 à 30 micromètres de nickel, sur laquelle est déposée une mince pellicule de chrome (0,2 à 0,3 micromètres) destinée uniquement à faciliter l'entretien. Le dépôt électrolytique du nickel a le pouvoir d'améliorer les performances des pièces en acier et en aluminium utilisées notamment dans l'industrie automobile (radiateur, amortisseur, piston, roulement, raccord, engrenages, etc). |
| | Carrosserie automobile (galvanisation) | 18 | Auteur = Schaack Lothar Crédits = Creative commons, 1973 | Les carrosseries de voitures doivent être protégées de la corrosion par apport de zinc. Deux techniques principales existent pour cela : la galvanisation et l'électrozingage. La galvanisation des tôles automobiles utilise un alliage de zinc et d'autres métaux qui agissent sur la réactivité entre le fer et le zinc, dont du nickel. Pour cet usage, un alliage zinc-nickel à 13% de nickel est en cours de développement. |
| | Pièces de monnaie | 19 | Auteur = Alexas fotos Crédits = Domaine public, 2016 | Les parties jaunes des pièces de 1 et 2 euros sont constituées d'un alliage (mailechort) contenant 75 % de cuivre, 20 % de zinc et 5 % de nickel. Les parties blanches de ces pièces sont formées par un cœur de nickel pur inséré entre 2 couches d'un cupronickel constitué de 75 % de cuivre et 25 % de nickel. La fabrication des pièces de 1 € et 2 € représentent 3,5 % de la consommation française de nickel. |
| | Couverts (acier inoxydable) | 20 | Auteur = Ligfebow Crédits = Creative commons, 2009 | Les aciers au chrome-nickel contiennent du fer, 18 % de chrome et 10 % de nickel. Ils allient une grande résistance à la corrosion à une bonne aptitude à la déformation facilitant la mise en forme. Ce sont les aciers inoxydables les plus utilisés, dans les industries chimiques, alimentaires et les couverts de table de qualité (car les couverts courants, dans les collectivités par exemple, sont en acier inoxydable ferritique qui contient peu de nickel). |

| Substance | Objet | N° photo | Auteurs et crédits des photo | Compléments d'informations |
|-----------|--|----------|---|---|
| Or | Carte électronique | 21 | Crédits = Domaine public | Cf. Fiche "Composant" - Carte électronique / Or |
| | Casque d'astronaute | 22 | Auteur = Wiki Images Crédits = Domaine public | Le LEVA (Lunar Extravehicular Visor Assembly) se fixant au-dessus du casque pressurisé, comporte deux visières. La visière extérieure est recouverte d'or pour réfléchir la lumière solaire et la chaleur et pour protéger l'astronaute du soleil. Comme pour les casques, les satellites sont protégés par des matériaux souples et brillants comme les feuilles d'or. En effet, un côté du satellite est toujours face au Soleil alors que l'autre côté est à l'ombre, ce qui fait que des variations de température de -100°C à +100°C s'opèrent sur le satellite. Cet écart de température provoque une dilatation et une contraction du satellite pouvant fragiliser la structure et rompre les connexions internes et externes. De plus, dans le satellite, il y a une température limite de fonctionnement des appareils électroniques, la protection en or va donc permettre de garantir une durée de vie à ces composants. |
| | Statuette décorative (joaillerie) | 23 | Auteur = BRJ INC. Crédits = Creative commons, 2010 | Historiquement, la joaillerie est la part la plus importante de la demande totale en or. Cette part a néanmoins baissé, représentant 57 % en 2015, contre 59 % en 2014 et 80 % en 2000. En Inde, l'or est un symbole de richesse mais aussi un fondement de nombreux rituels. Il est considéré comme de bon augure et est au centre de plusieurs événements de la vie personnelle. Les mariages génèrent ainsi près de 50 % de la demande annuelle d'or du pays. L'Inde seule concentrerait près de 10 % du stock d'or total en surface, soit environ 22 000 tonnes. Celui-ci se retrouve à la fois dans les nombreux temples du pays et détenu par les ménages indiens. |
| | Banque centrale européenne (stockage de lingots) | 24 | Auteur = Dinu Dominic Manns Crédits = Creative commons, 2015 | En 2016, on estime que 30 000 tonnes sont stockées dans les banques centrales à travers le monde, soit environ 20% de tout l'or que l'Homme a produit. La demande de ces institutions s'est particulièrement accélérée au cours des 5 dernières années. Pour les banques centrales, les stocks d'or sont un bouclier contre le relativisme monétaire, un moyen de diversification des réserves de change (au détriment du dollar américain), et la seule véritable valeur refuge en cas de crise généralisée. |
| Phosphore | Amendement automatisé | 25 | Auteur = Aqua mechanical Crédits = Creative commons | Le phosphore est un élément essentiel dans la composition des engrais minéraux (NPK), sous forme monohydrogénophosphate CaHPO_4 ou dihydrogénophosphate $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Cette utilisation du phosphore représenterait à elle seule 80% de l'utilisation totale. En raison du fait qu'il est indispensable à la vie et d'une consommation mondiale qui pourrait dépasser les ressources disponibles avant une centaine d'années, l'ONU et divers scientifiques le classent comme matière première minérale critique, qu'il faudrait apprendre à économiser et mieux recycler. |
| | Dispersion manuelle d'engrais | 26 | Auteur = CDC Crédits = Domaine public | Cf. précédent |
| | Bombe | 27 | Auteur = USAF Crédits = Domaine public | Les bombes, obus et grenades incendiaires au phosphore ont été largement utilisées pendant et depuis la Seconde Guerre mondiale, par exemple lors du bombardement de Dresde. Le protocole III de la Convention sur certaines armes classiques (CCAC), entré en vigueur en 1983, interdit les armes incendiaires contre des civils, et même contre des bases militaires situées « à l'intérieur d'une concentration de civils ». Le phosphore blanc peut aussi servir à créer des écrans de fumée permettant de couvrir ses troupes sur un théâtre d'opérations. |
| | Allumette | 28 | Auteur = Tunnuz Crédits = Creative commons | Historiquement, la première utilisation du phosphore était l'allumette. Les premières allumettes utilisaient du phosphore blanc dans leur composition, la toxicité du phosphore les rendait d'ailleurs assez dangereuses : leur usage entraîna des empoisonnements accidentels. De plus, l'inhalation des vapeurs de phosphore entraînait, chez les ouvriers des fabriques d'allumettes, une nécrose des os de la mâchoire, connue sous le nom de nécrose phosphorée. Lorsque le « phosphore rouge » (autre forme du phosphore) fut découvert, son inflammabilité et sa toxicité plus faibles poussèrent à son adoption comme une alternative moins dangereuse pour la fabrication des allumettes. Le phosphore sous sa forme rouge est l'élément igniteur des allumettes et d'un grand nombre de dispositifs pyrotechniques. |
| Tantale | Condensateur | 29 | Auteur = Willtron Crédits = gnu wikimedia commons, 2005 | Cf. Fiche "Composant" - Condensateur tantale |
| | Turboréacteur d'avion (superalliages) | 30 | Auteur = Ila boy Crédits = Domaine public, 2008 | En 2011, le secteur des superalliages à base nickel représentait 21% de l'utilisation de tantale mondial. Le tantale est utilisé comme additif dans l'élaboration de ces alliages à haute performance. Ils servent surtout dans des milieux très exigeants thermiquement ou/et chimiquement, comme les aubes de turbines des réacteurs d'avions. L'aéronautique civile reste de loin le secteur où la demande de ces matériaux est la plus élevée. Le tantale est généralement associé à d'autres métaux comme le nickel où il a pour effet de diminuer la dilatation thermique. |
| | Implant dentaire | 31 | Auteur = Placid way medical tourism Crédits = Creative commons, 2016 | Le tantale est totalement inerte vis-à-vis des fluides corporels et est non irritant. Il est donc utilisé en orthopédie, en chemisage des pacemakers, en chirurgie crânienne (calottes), dans certains implants dentaires ou encore dans l'instrumentation chirurgicale. Le groupe Zimmer, leader mondial de la santé musculo-squelettique, a ainsi élaboré sa gamme Trabecular Metal à base de tantale élémentaire. Ces éponges, de porosité très variable, sont flexibles et résistants et peuvent ainsi être utilisés comme implants au niveau des genoux, des hanches ou encore de la colonne vertébrale. Le tantale est alors utilisé sous forme de poudre avec pour avantages : sa fiabilité élevée (avec un fonctionnement sur une large plage de température, de -55° à 200°C), sa résistance à des forces vibratoires sévères et sa petite taille (avec une capacité importante). |
| | Instruments chirurgicaux | 32 | Auteur = Windell Oskay Crédits = Creative commons, 2010 | Cf. précédent |