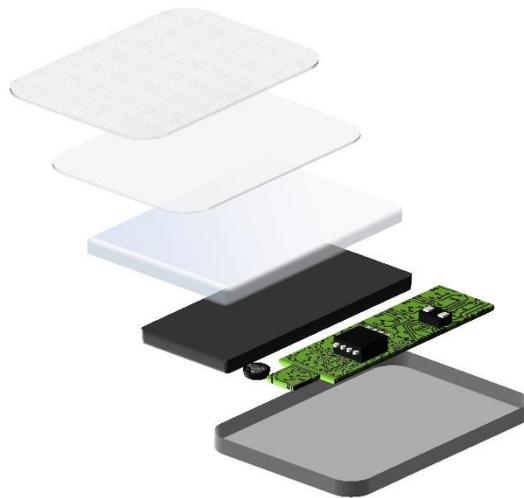


« Que contient mon smartphone ? »



Dalle tactile + verre

| | | | | |
|---------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| In Indium | Sn Etain | Si Silicium | Al Aluminium | K Potassium |
|---------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|

Ecran

| | | | |
|-------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| Eu Europium | Tb Terbium | Y Yttrium | |
| Gd Gadolinium | Ce Cérium | Tm Thulium | |
| La Lanthane | B Bore | Ba Baryum | |
| S Soufre | Mg Magnésium | Mo Molybdène | Hg Mercure |

Batterie

| | | | |
|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| Li Lithium | Co Cobalt | C Carbone | F Fluor |
| Mn Manganèse | V Vanadium | P Phosphore | Al Aluminium |

Boîtier

| | | | | | |
|------------------------|---------------------|--------------------|------------------------|---------------------|-------------------|
| Mg Magnésium | C Carbone | Br Brome | Sb Antimoine | Ni Nickel | Zn Zinc |
|------------------------|---------------------|--------------------|------------------------|---------------------|-------------------|

Carte et composants

| | | | |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Ni Nickel | Pb Plomb | Sn Etain | Bi Bismuth |
| Au Or | Ag Argent | W Tungstène | Pt Platine |
| Rh Rhodium | Be Béryllium | Cu Cuivre | P Phosphore |
| As Arsenic | Ga Gallium | Ge Germanium | Si Silicium |
| Zr Zirconium | Ru Ruthénium | Nd Néodyme | |
| Sm Samarium | Fe Fer | B Bore | |
| Co Cobalt | Pr Praseodyme | Dy Dysprosium | |
| Ta Tantale | Nb Niobium | Pd Palladium | |
| | | Cl Chlore | |



Fiche écran / aluminium

De l'aluminium dans le verre des écrans ?



L'écran que l'on touche du doigt sur un téléphone n'est pas une simple couche homogène, il se subdivise dans cet ordre en : une dalle tactile, une couche de verre et l'écran en tant que tel (qui est l'interface d'affichage lumineuse). La couche de verre se doit donc d'être à la fois transparente, résistante et légère. Celle-ci est majoritairement composée de verres aluminosilicatés, mélangeant de la silice (SiO_2) qui est la matrice vitreuse par excellence et de l'alumine un oxyde d'aluminium (Al_2O_3).

Fiche batterie / lithium

A quoi sert le lithium dans la batterie ?



Si le boîtier de la batterie d'un téléphone est en aluminium, c'est bien le lithium qui en est le composant principal. Chargé positivement en ion, l'électricité est conduite à travers la solution lithium-sel pour alimenter le téléphone tout au long de la journée. Les batteries lithium-ion sont connues pour leur efficacité grâce à leur faible taux de perte. De plus, elles ont l'avantage de ne pas subir « l'effet mémoire », qui atténue les performances d'autres batteries lorsqu'elles ne sont pas entièrement épuisées avant d'être rechargées. La contrainte majeure d'une telle batterie est donc... son coût en lithium ! C'est pourquoi les batteries lithium-ion restent principalement utilisées pour les appareils de petites tailles. Certaines de leurs caractéristiques restent comparables à d'autres types de batteries : elles se vident au prorata de l'utilisation du téléphone (luminosité, applications, etc.) et demeurent sensibles aux fortes chaleurs avec des risques d'explosion.

Fiche boîtier / nickel

Du nickel dans la coque du téléphone ?



Devenu un accessoire de mode, le boîtier d'un téléphone portable est avant tout un élément majeur qui permet de protéger le téléphone et ses composants des chocs et des vibrations. Mais il doit également jouer le rôle de « barrière » vis-à-vis des rayonnements électromagnétiques extérieurs qui pourraient endommager les composants internes, tout en empêchant que les rayonnements émis par ceux-ci ne « ressortent » de l'appareil. On parle alors de « blindages » électromagnétiques et magnétostatiques. Les matériaux utilisés pour la fabrication du boîtier sont le plus souvent un assemblage de : plastique (polyuréthane), silicone, plexiglass ou encore caoutchouc, sur lesquels sont pulvérisées des encres métalliques constituées de particules de nickel en association avec du cuivre ou avec du fer. La présence de nickel en surface des téléphones portables provoquent d'ailleurs des réactions allergiques chez certains utilisateurs.

Fiche carte électronique / cuivre

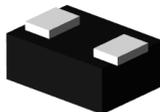
Du cuivre dans les circuits électriques ?



Un circuit électrique est un support permettant de relier électriquement l'ensemble des composants électroniques entre eux. Ce circuit est constitué de divers éléments : des générateurs qui produisent le courant, des conducteurs qui transportent le courant et des consommateurs qui utilisent cette énergie électrique pour la transformer en énergie lumineuse (lampe), mécanique (moteur), calorifique, etc. Les courants électriques dans un téléphone sont relativement faibles mais nécessitent d'être bien conduits entre les composants électroniques. On appelle « carte électronique » l'assemblage du circuit imprimé (composé d'un réseau cuivré qui repose sur une résine) et des composants électroniques. En moyenne, les équipements électriques et électroniques contiennent jusqu'à 20 % de leur poids en cuivre.

Fiche condensateur / tantale

A quoi sert un condensateur ?



Un condensateur est un petit composant essentiel dans l'électronique. Il permet de stabiliser une alimentation électrique : il se décharge lors des chutes de tension et se charge lors des pics de tension. Il peut aussi emmagasiner une charge électrique importante sous un faible volume ; il constitue ainsi un véritable accumulateur d'énergie. Les condensateurs dits « électrolytiques » ou « tantale » sont constitués d'une borne positive et d'une borne négative, dont l'une est composée d'oxyde de tantale. Ces condensateurs sont les plus utilisés actuellement, pour leur petite taille, leur fiabilité et leur robustesse. Si la quantité de poudre de tantale nécessaire dans chacun des 22 condensateurs contenus dans un téléphone est très faible (< 0,02 gramme), le nombre de condensateurs produits chaque année est gigantesque. En 2010, 417 millions de téléphones ont été fabriqués, soit environ 9,3 milliards de condensateurs pour cette seule application !

Fiche carte électronique / or

De l'or sur les circuits imprimés ?



Un circuit électrique est un support permettant de relier électriquement l'ensemble des composants électroniques entre eux. L'or est utilisé dans les circuits imprimés afin d'éviter l'altération des connexions entre les différents composants. En effet, l'or est facilement utilisable en soudure et peut-être appliqué en plaquage très mince sur les circuits imprimés. Accessoirement, l'or est également employé à des fins esthétiques comme sur les terminaisons des connectiques, par exemple celles des chargeurs. Fairphone estime la quantité d'or moyenne utilisée dans un smartphone à 30 mg.

Fiche haut-parleur (aimant) / néodyme

Du néodyme dans les
haut-parleurs ?



Le rôle d'un haut-parleur est de transformer un signal électrique en une onde mécanique, le son. Le signal électrique est réceptionné par une bobine créant, à partir de celui-ci, un champ magnétique. Ce dernier est ensuite attiré ou repoussé par un aimant (permanent) provoquant une vibration de la bobine. La succession des vibrations comprime et détend l'air produisant ainsi une onde sonore. En alliage avec du fer et du bore, le néodyme joue le rôle d'aimant et permet d'obtenir un champ magnétique important tout en conservant un volume et un poids réduits. La fabrication d'aimants permanents est l'application la plus consommatrice de terres rares à l'échelle mondiale, représentant 20 à 23% en tonnage des usages associés. Ce secteur représente 89% de l'utilisation du néodyme.

Fiche microprocesseur (transistor) / phosphore

**A quoi servent un
microprocesseur et un
transistor ?**



Un microprocesseur est le « cerveau » du téléphone, il traite les données des programmes et exécute les instructions. La « brique élémentaire » qui le compose est le transistor. Schématiquement, un transistor est un interrupteur électrique ; il peut être en position ouverte ou fermée (les fameux « bits », 1 ou 0, de l'informatique). Il a pour rôle de contrôler, stabiliser ou amplifier les signaux électriques qui le traversent. Il est composé d'un matériau semi-conducteur, pouvant à la fois être conducteur et isolant en fonction des conditions d'énergie qui lui sont imposées. Il est généralement composé de silice dopée au phosphore mais on utilise d'autres substrats, comme le germanium ou l'arséniure de gallium. Le substrat silice/phosphore reste privilégié car plus résistant, plus souple d'emploi et moins sensible à la température. Les chercheurs étudient cependant la possibilité de constituer un transistor à l'aide d'une unique couche mono-atomique de



Des métaux, pas que dans les smartphones...

Outil de sensibilisation aux usages des matières premières minérales

ISF SystExt & Justice et Paix, 2016

phosphore, le phosphorene. Cette découverte est prometteuse pour la flexibilité et la miniaturisation des transistors.

Des métaux, pas que dans les smartphones...

Outil de sensibilisation aux usages des matières premières minérales

Livret d'animation

1. Généralités

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Objectifs</p> | <p>Prendre conscience de l'abondance de substances minérales dans un smartphone (qualitativement surtout)</p> <p>Associer le métal à ses propriétés remarquables pour mieux comprendre les raisons de son utilisation dans un smartphone et dans d'autres produits</p> <p>Sensibiliser à l'usage varié et dispersif des substances minérales et aux implications qu'ont nos choix de société sur la demande en ressources</p> |
|  <p>Matériel</p> | <p>1 affiche A0 « Schéma smartphone décomposé »</p> <p>61 cartes « Substance »</p> <p>8 affiches A1 « Métal »</p> <p>28 cartes « Propriété »</p> <p>8 fiches A5 « Composant »</p> <p>32 photos « Objet »</p> <p>200 pastilles adhésives</p> <p>Accroches au mur pour les 9 affiches</p> |
|  <p>Déroulé</p> | <p>Durée totale : 1h30</p> <p>Phase 1 : 15 min / en plénière</p> <p>Phase 2 : 35 min / en 4 sous-groupes</p> <p>Phase 3 : 40 min / en plénière</p> |
|  <p>Cible(s)</p> | <p>Jeune public (15-25 ans) disposant de connaissances simples en physico-chimie</p> |
|  <p>Budget</p> | <p>150 à 200 € pour l'impression des affiches A0 et A1 10 à 30 € pour l'impression des cartes, fiches et photos sur support cartonné 15 à 30 € pour l'achat des pastilles adhésives et accroches</p> |

Lorsque ce temps de quelques minutes est achevé, l'animateur y ajoute tous ceux qui n'ont pas été identifiés par les participants. Les participants sont invités à réagir brièvement sur l'abondance de substances concernées ou sur le fait qu'ils en ont oublié beaucoup, par exemple.



L'animateur peut compléter son animation en expliquant à quoi sert tel ou tel métal dans les différents compartiments. A cet effet, un tableau détaillé est joint au présent outil.

L'animateur met en évidence **8 métaux** : **lithium, tantale, aluminium, nickel, cuivre, or, néodyme, phosphore**. Il explique aux participants que ce sont sur ces 8 métaux que l'atelier se consacrera désormais. Il rappelle la combinaison étudiée (composant du smartphone associé à un métal en particulier) : lithium/batterie, couche de verre/aluminium, boîtier/nickel, haut-parleur (aimant)/néodyme, condensateur/tantale, microprocesseur (transistor)/phosphore, carte électronique/cuivre, carte électronique/or. Ces combinaisons seront utilisées dans l'étape suivante.

| Combinaison | Composant | Métal |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| lithium-batterie |  |  |
| couche de verre-aluminium |  |  |
| boîtier-nickel |  |  |
| haut-parleur (aimant)-néodyme |  |  |
| condensateur-tantale |  |  |
| Microprocesseur (transistor)-phosphore |  |  |
| carte électronique-cuivre |  |  |
| carte électronique-or |  |  |

2.2. Phase 2 : Le métal, ses propriétés et ses usages



La phase 2 permet de relier un composant du téléphone à ses fonctionnalités et donc aux principales propriétés du métal étudié, selon les combinaisons définies à l'issue de la phase 1. Elle permet ensuite de relier le métal à ses usages dans d'autres objets.



Travaux par petits groupes (les participants sont divisés en quatre sous-groupes).
Durée : 35 minutes.

Chaque groupe étudiera 2 combinaisons composant/métal. La suite de la description est valable pour chaque combinaison composant/métal.

L'animateur installe au milieu de l'espace de travail du sous-groupe une affiche A1 « Métal » qui ne comporte que le symbole du métal (cf. image ci-dessous, à gauche). L'animateur distribue ensuite la fiche « Composant » associée (fiche cartonnée en format A5), qui explique à quoi sert le composant du téléphone ou à quelles fonctionnalités ce composant doit répondre. Il distribue également 3 à 4 cartes « Propriété » (cf. images ci-dessous, à droite).

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div data-bbox="247 900 375 1025"> <p>Al Aluminium</p> </div> <div data-bbox="603 958 746 1003"> <p>Propriétés</p> </div> <div data-bbox="242 1294 343 1339"> <p>Usages</p> </div> <div data-bbox="284 1668 699 1706"> <p>Affiche A1 « Métal » de l'aluminium</p> </div> | <div data-bbox="817 945 1077 1205"> <p>RESISTANCE A L'OXIDATION</p> </div> <div data-bbox="1120 945 1380 1205"> <p>RESISTANCE A LA CORROSION</p> </div> <div data-bbox="817 1339 1077 1599"> <p>LEGERETE</p> </div> <div data-bbox="1120 1339 1380 1599"> <p>MAGNETISME</p> </div> <div data-bbox="896 1668 1311 1706"> <p>Cartes « Propriété » de l'aluminium</p> </div> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

L'animateur demande aux participants de prendre connaissance de la fiche « Composant » et des cartes « Propriétés » puis leur demande de dire :

- (A) quelle(s) propriété(s) (1 à 2 seulement) du métal est donc utilisée dans le composant,
- (B) quelle autre propriété est remarquable pour ce métal (1 seulement) mais ne concerne pas le composant,
- (C) quelle propriété (1 seulement) ne caractérise pas le métal.

Un débriefing est réalisé avec l'animateur afin d'identifier les réponses correctes dans le sous-groupe de travail. Les participants collent les cartes « Propriété » de type (A) et (B) sur l'affiche A1.

Le tableau suivant présente les propriétés retenues pour chaque métal (et donc les cartes que l'animateur doit distribuer).

| Composant | Métal | (A) Propriété(s) utile(s) dans le composant | (B) Autre propriété remarquable | (C) Propriété non concernée |
|------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Couche de verre | Aluminium | Résistance à l'oxydation Résistance à la corrosion | Légèreté | Magnétisme |
| Carte électronique | Cuivre | Conductivité électrique Conductivité thermique | Ductilité et malléabilité | Résistance à l'oxydation |
| Batterie | Lithium | Potentiel électrochimique | Légèreté | Inaltérabilité |
| Haut-parleur (aimant) | Néodyme | Magnétisme | Ductilité et malléabilité | Conductivité électrique |
| Boîtier | Nickel | Résistance à l'oxydation Résistance à la corrosion | Ductilité et malléabilité | Légèreté |
| Carte électronique | Or | Résistance à l'oxydation Résistance à la corrosion | Conductivité électrique | Potentiel électrochimique |
| Microprocesseur (transistor) | Phosphore | Résistance à l'oxydation | Conductivité électrique | Résistance à la chaleur |
| Condensateur | Tantale | Permittivité diélectrique | Résistance à la corrosion | Magnétisme |

L'animateur répartit ensuite sur une table les 32 photos « **Objet** ». Il indique aux participants que pour chacun des 8 métaux étudiés, 4 photos représentent des produits/objets/secteurs qui utilisent ce métal. Certains usages sont prioritaires, d'autres plus anecdotiques. Chaque sous-groupe doit donc identifier ses photos puis les coller sur les deux affiches A1 sur lesquelles il travaille et échanger avec les autres sous-groupes pour se mettre d'accord collectivement.

Le tableau suivant présente les usages retenus pour chaque métal. Des numéros sont indiqués au dos de chaque photo, accompagnés des crédits de chaque image (auteur et licence).

| Métal | Numéro | Usages retenus | | | |
|-----------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Aluminium | 1-2-3-4 |  |  |  |  |
| Cuivre | 5-6-7-8 |  |  |  |  |
| Lithium | 9-10-11-12 |  |  |  |  |
| Néodyme | 13-14-15-16 |  |  |  |  |

| Métal | Numéro | Usages retenus | | | |
|-----------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Nickel | 17-18-19-20 |  |  |  |  |
| Or | 21-22-23-24 |  |  |  |  |
| Phosphore | 25-26-27-28 |  |  |  |  |
| Tantale | 29-30-31-31 |  |  |  |  |

2.3. Phase 3 : Usages du quotidien et choix de sociétés



La phase 3 permet de faire la synthèse des informations acquises sur les 8 métaux. Les usages prioritaires et les autres sont discutés afin de mettre en perspective l'utilisation des matières premières minérales dans nos choix de sociétés.



Temps en plénière. Durée : 40 minutes.

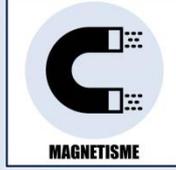
Les 8 affiches A1 sont disposées au tableau ou au mur. Chaque sous-groupe est invité à présenter en quelques minutes les deux affiches qu'il a construites et à expliciter en particulier les choix faits pour les cartes « usages ». Une discussion est ensuite engagée entre l'animateur et les participants sur le sujet des usages. A cette occasion, l'animateur corrige si besoin certains panneaux (en remplaçant les photos sur les affiches associées dans le cas d'inversions) tout en donnant des explications sur les usages majoritaires (ceux qui concentrent la demande pour la substance étudiée) et les autres. Il insiste sur le caractère anecdotique de certaines utilisations.

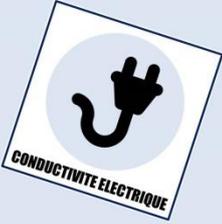
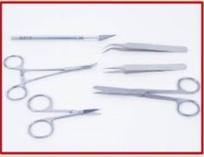
Les 8 affiches en version finale sont présentées à la suite de ce document.



L'animateur peut compléter son animation en précisant les autres propriétés des métaux, les principaux secteurs d'utilisation de la substance ou encore les usages/objets choisis pour chaque métal. A cet effet, un tableau détaillé est joint au présent outil.

Les participants sont ensuite invités à commenter les informations fournies, en mettant en évidence les usages qu'ils jugent stratégiques et importants pour le développement de nos sociétés et ceux qu'ils estiment être supprimables ou substituables.

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div data-bbox="215 338 774 741"> <p>Al Aluminium</p> <p>Propriétés</p>  <p>RESISTANCE A L'OKYDATION</p>  <p>RESISTANCE A LA CORROSION</p>  <p>LEGERETE</p> </div> <div data-bbox="215 772 774 1144"> <p>Usages</p>     </div> | <div data-bbox="837 338 1396 741"> <p>Cu Cuivre</p> <p>Propriétés</p>  <p>CONDUCTIVITE ELECTRIQUE</p>  <p>CONDUCTIVITE THERMIQUE</p>  <p>DUCTILITE / MALLEABILITE</p> </div> <div data-bbox="837 772 1396 1144"> <p>Usages</p>     </div> |
| <div data-bbox="215 1211 774 1615"> <p>Li Lithium</p> <p>Propriétés</p>  <p>POTENTIEL ELECTROCHIMIQUE</p>  <p>LEGERETE</p> </div> <div data-bbox="215 1646 774 2018"> <p>Usages</p>     </div> | <div data-bbox="837 1211 1396 1615"> <p>Nd Néodyme</p> <p>Propriétés</p>  <p>MAGNETISME</p>  <p>DUCTILITE / MALLEABILITE</p> </div> <div data-bbox="837 1646 1396 2018"> <p>Usages</p>     </div> |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div data-bbox="215 338 774 741"> <p>Ni Nickel</p> <p>Propriétés</p>  <p>RESISTANCE A L'OKYDATION</p>  <p>RESISTANCE A LA CORROSION</p>  <p>DUCTILITE / MALLEABILITE</p> </div> <div data-bbox="215 770 774 1144"> <p>Usages</p>     </div> | <div data-bbox="839 338 1398 741"> <p>Au Or</p> <p>Propriétés</p>  <p>RESISTANCE A L'OKYDATION</p>  <p>RESISTANCE A LA CORROSION</p>  <p>CONDUCTIVITE ELECTRIQUE</p> </div> <div data-bbox="839 770 1398 1144"> <p>Usages</p>     </div> |
| <div data-bbox="215 1211 774 1615"> <p>P Phosphore</p> <p>Propriétés</p>  <p>RESISTANCE A L'OKYDATION</p>  <p>CONDUCTIVITE ELECTRIQUE</p> </div> <div data-bbox="215 1644 774 2018"> <p>Usages</p>     </div> | <div data-bbox="839 1211 1398 1615"> <p>Ta Tantale</p> <p>Propriétés</p>  <p>PERMITTIVITE DIELECTRIQUE</p>  <p>RESISTANCE A LA CORROSION</p> </div> <div data-bbox="839 1644 1398 2018"> <p>Usages</p>     </div> |