

LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DU NUMÉRIQUE

2.3 Pourrons-nous continuer longtemps à fabriquer des équipements informatiques ?

Auteurs :

- Françoise Berthoud, CNRS / GRICARD / EcolInfo
- Charles Poulmaire, professeur de NSI et SNT, formateur académique

Activité 04 : Autopsie d'un smartphone

La démocratisation des outils numériques auprès du grand public et dans tous les secteurs économiques a induit, depuis une vingtaine d'années, une explosion des besoins en matériaux et en énergie pour les fabriquer. Mais fabriquer toujours plus se heurte aux limites de notre planète, parce que :

- Cela nécessite l'utilisation de ressources non renouvelables, c'est-à-dire dont l'utilisation progresse plus vite que la capacité de la planète à les renouveler : le pétrole et les métaux sont des ressources non renouvelables. Quant à la perspective de prélever des métaux sur des astéroïdes ou autres planètes, elle est trop lointaine et inaccessible aujourd'hui.
- La recyclabilité à l'infini des métaux ou de l'eau douce se heurte d'une part au 2ème principe de la thermodynamique [1] et d'autre part aux verrous technologiques / logistiques / économiques. De toute façon, même si on était capable de recycler à 90% nos équipements, la croissance de la demande nous imposerait de poursuivre les prélèvements dans la nature (à titre d'exemple, la demande en cuivre croît de 3% par an au niveau mondial depuis des dizaines d'année, celle de l'aluminium de 5%).

La question ici est de savoir si le numérique pèse sur l'épuisement des ressources ou si finalement, c'est un non-problème en regard des besoins liés aux autres industries. Notons à ce stade que nous n'envisageons ici que les ressources utilisées directement par le numérique, c'est-à-dire pour la fabrication des smartphones, ordinateurs, écrans, serveurs, équipements réseau, objets connectés, etc.

Nous vous proposons, pour les estimations, de nous focaliser sur le smartphone, comme objet emblématique de ces nouvelles technologies.

[1] : Le deuxième principe de la thermodynamique établit l'irréversibilité des phénomènes physiques, en particulier lors des échanges thermiques [Définition Wikipédia](#) [consulté le 16/12/2021]

Source : [Énergie versus matières premières : La transition est-elle réellement possible ?](#), Olivier Vidal, YouTube, 2019 [consulté le 16/12/2021]

Diapo de la capsule	Le texte associé
<p>Des métaux dans nos smartphones, pour quoi faire ?</p> <p>Le smartphone est un petit objet relativement léger. Mais il y en a beaucoup en circulation dans le monde et... plus il y a de smartphones fabriqués, plus il y a de métaux utilisés... L'exploitation de ces métaux, abondants ou non, précieux ou non, faciles à extraire ou non, n'est pas sans conséquences.</p> <p>Testez vos connaissances sur quelques quantités liées au smartphone, avant de zoomer sur les métaux contenus dans ce petit appareil.</p> <p>Étape 1 : Un peu, beaucoup, pas du tout ?</p> <p>Étape 2 : Or, Tantale et Indium</p>	<p>Des métaux dans nos smartphones, pour quoi faire ?</p> <p>Le smartphone est un petit objet relativement léger. Mais il y en a beaucoup en circulation dans le monde et... plus il y a de smartphones fabriqués, plus il y a de métaux utilisés... L'exploitation de ces métaux, abondants ou non, précieux ou non, faciles à extraire ou non, n'est pas sans conséquences.</p> <p>Testez vos connaissances sur quelques quantités liées au smartphone, avant de zoomer sur les métaux contenus dans ce petit appareil.</p> <p>Étape 1 : Un peu, beaucoup, pas du tout ?</p> <p>Étape 2 : Or, Tantale et Indium</p>
<p>Étape 1</p> <p>Un peu, beaucoup, pas du tout ?</p> <p>Véritable petit bijou technologique, le smartphone nous offre des fonctionnalités variées, faisant appel aux propriétés d'éléments dont nous ignorons souvent l'existence.</p> <p>Pour répondre aux questions suivantes, nous vous proposons de visiter cette page web (Des métaux dans mon smartphone) créée par le collectif "Ingénieurs sans frontières Systex" et d'explorer ainsi le contenu d'un smartphone.</p>	<p>Étape 1</p> <p>Un peu, beaucoup, pas du tout ?</p> <p>Véritable petit bijou technologique, le smartphone nous offre des fonctionnalités variées, faisant appel aux propriétés d'éléments dont nous ignorons souvent l'existence.</p> <p>Pour répondre aux questions suivantes, nous vous proposons de visiter cette page web (Des métaux dans mon smartphone) créée par le collectif "Ingénieurs sans frontières Systex" et d'explorer ainsi le contenu d'un smartphone.</p>

Diapo de la capsule

Étape 1

Question 1 / 2

Combien de smartphones ont été vendus dans le monde en 2019 ?

1 millions d'unités 1,4 milliard d'unités 3,9 milliards d'unités

Feedback

Près de 1,4 milliard de smartphones neufs ont été vendus en 2019 !

Ce chiffre a légèrement baissé en 2020 à cause de la crise du COVID mais le remplacement des smartphones pour l'utilisation de la 5G devrait à nouveau booster les ventes.

La durée d'utilisation moyenne d'un smartphone en France se situe entre 20 et 24 mois, autrement dit beaucoup moins que leur durée de vie possible en y faisant attention et en changeant la batterie.

Quoi qu'il en soit, si on prend une durée de vie moyenne de 3 ans pour un smartphone, nous pouvons estimer que le nombre de smartphones en usage dans le monde est de l'ordre de 4 milliards, plus un très grand nombre qui attendent dans des tiroirs.

Source : France Stratégie, 2020, "La consommation de métaux du numérique : un secteur loin d'être dématérialisé" [consulté le 16/12/2021]

Le texte associé

Étape 1

Question 1 / 2

Combien de smartphones ont été vendus dans le monde en 2019 ?

- 1 millions d'unités
- **1,4 milliard d'unités (réponse correcte)**
- 3,9 milliards d'unités

Feedback

Près de 1,4 milliard de smartphones neufs ont été vendus en 2019 !

Ce chiffre a légèrement baissé en 2020 à cause de la crise du COVID mais le remplacement des smartphones pour l'utilisation de la 5G devrait à nouveau booster les ventes.

La durée d'utilisation moyenne d'un smartphone en France se situe entre 20 et 24 mois, autrement dit beaucoup moins que leur durée de vie possible en y faisant attention et en changeant la batterie.

Quoi qu'il en soit, si on prend une durée de vie moyenne de 3 ans pour un smartphone, nous pouvons estimer que le nombre de smartphones en usage dans le monde est de l'ordre de 4 milliards, plus un très grand nombre qui attendent dans des tiroirs.

Source : France Stratégie, 2020, "La consommation de métaux du numérique : un secteur loin d'être dématérialisé" [consulté le 16/12/2021]

Diapo de la capsule

Étape 1

Question 2 / 2

Combien y a-t-il d'éléments différents dans un smartphone ?

Entre 10 et 20 Entre 20 et 30 Entre 30 et 50 Plus de 50

Feedback

Un smartphone contient plus de 50 éléments différents !



Une très grande partie sont des métaux, parfois communs (Acier, Cuivre, Zinc, Aluminium,...) mais aussi précieux (Or, Argent,...), voire rares (Tantale, Niobium, Indium, Hafnium, Palladium,...).

De nombreux métaux spécifiques sont utilisés pour leurs propriétés physico-chimiques spécifiques à l'implémentation des nombreuses fonctionnalités d'un smartphone. Par exemple, le Néodyme et le Praséodyme sont utilisés pour produire les vibrations du téléphone.

Il est frappant de constater qu'avec le progrès technologique le nombre d'éléments nécessaires à leur fabrication ne cesse d'augmenter. Nous sommes passés d'une économie fondée sur l'exploitation de moins d'une dizaine de métaux à la fin du 19ème siècle à celle de plus de 60 aujourd'hui.

Source : [Rapport du sénat, 100 millions de téléphones portables usagés : l'urgence d'une stratégie, 2021](#) [consulté le 16/12/2021]

D'après BRGM - Géosciences n°15, p.61
Source : [Van Schaik et Reuter, 2012](#) (adapté d'Achzet et Reller).

Le texte associé

Étape 1

Question 2 / 2

Combien y a-t-il d'éléments différents dans un smartphone

- Entre 20 et 30
- Entre 30 et 50
- Entre 10 et 20
- **Plus de 50 (réponse correcte)**

Feedback

Un smartphone contient plus de 50 éléments différents !

Une très grande partie sont des métaux, parfois communs (Acier, Cuivre, Zinc, Aluminium,...) mais aussi précieux (Or, Argent,...), voire rares (Tantale, Niobium, Indium, Hafnium, Palladium,...).

De nombreux métaux spécifiques sont utilisés pour leurs propriétés physico-chimiques spécifiques à l'implémentation des nombreuses fonctionnalités d'un smartphone. Par exemple, le Néodyme et le Praséodyme sont utilisés pour produire les vibrations du téléphone.

Il est frappant de constater qu'avec le progrès technologique le nombre d'éléments nécessaires à leur fabrication ne cesse d'augmenter. Nous sommes passés d'une économie fondée sur l'exploitation de moins d'une dizaine de métaux à la fin du 19ème siècle à celle de plus de 60 aujourd'hui.

Source : [Rapport du sénat, 100 millions de téléphones portables usagés : l'urgence d'une stratégie, 2021](#)

Image : Augmentation de la complexité des assemblages métalliques dans les produits génériques (d'après Van Schaik et Reuter, 2012).

Diapo de la capsule

Étape 1. Conclusion

Les métaux : des problématiques très différentes

Les métaux peuvent être...

- **abondants dans la croûte terrestre** comme le Fer (Fe) et ne pas soulever de problèmes particuliers ;
- **abondants mais exiger une grande quantité d'énergie** pour être extraits et raffinés, c'est par exemple le cas de l'Aluminium ;
- **précieux et stratégiques** dans les nouvelles technologies comme l'Or, l'Argent ou le Palladium. Ces trois métaux représentent d'ailleurs l'essentiel de la valeur monétaire des cartes électroniques de nos déchets ;
- **abondants mais dont l'extraction génère des déchets radioactifs difficiles à gérer.** C'est le cas des "terres rares" dont on parle beaucoup à cause de leurs propriétés exceptionnelles et des problèmes géopolitiques liés leur extraction et utilisation ;
- **juste rares**, c'est-à-dire peu fréquents dans la croûte terrestre, comme le Cobalt, le Tantale, l'Indium, le Germanium, etc.



Le texte associé

Étape 1. Conclusion

Les métaux : des problématiques très différentes

Les métaux peuvent être...

- **abondants dans la croûte terrestre** comme le Fer (Fe) et ne pas soulever de problèmes particuliers ;
- **abondants mais exiger une grande quantité d'énergie** pour être extraits et raffinés, c'est par exemple le cas de l'Aluminium ;
- **précieux et stratégiques** dans les nouvelles technologies comme l'Or, l'Argent ou le Palladium. Ces trois métaux représentent d'ailleurs l'essentiel de la valeur monétaire des cartes électroniques de nos déchets ;
- **abondants mais dont l'extraction génère des déchets radioactifs difficiles à gérer.** C'est le cas des "terres rares" dont on parle beaucoup à cause de leurs propriétés exceptionnelles et des problèmes géopolitiques liés leur extraction et utilisation ;
- **juste rares**, c'est-à-dire peu fréquents dans la croûte terrestre, comme le Cobalt, le Tantale, l'Indium, le Germanium, etc.

Diapo de la capsule	Le texte associé
<p>Etape 2</p> <p>Or, Tantale et Indium</p> <p>Maintenant, zoomons un peu plus !</p> <p>Et focalisons-nous sur le cas de l'or, du tantale et de l'indium qui illustrent des problématiques différentes à propos des métaux.</p> <p>Où sont-ils utilisés dans un smartphone ? A quoi servent-ils ?</p> <p>Pour répondre aux 6 questions suivantes, n'hésitez pas à visiter une nouvelle fois le site Des métaux dans mon smartphone, SystExt, 2017.</p>	<p>Étape 2</p> <p>Or, Tantale et Indium</p> <p>Maintenant, zoomons un peu plus !</p> <p>Et focalisons-nous sur le cas de l'or, du tantale et de l'indium qui illustrent des problématiques différentes à propos des métaux.</p> <p>Où sont-ils utilisés dans un smartphone ? A quoi servent-ils ?</p> <p>Pour répondre aux 6 questions suivantes, n'hésitez pas à visiter une nouvelle fois le site Des métaux dans mon smartphone, SystExt, 2017</p>
<p>Etape 2</p> <p>Question 1 / 6</p> <p>Où trouve-t-on de l'or dans un smartphone ?</p> <p> <input type="checkbox"/> Dans le boîtier <input checked="" type="checkbox"/> Dans les cartes et les composants <input type="checkbox"/> Dans la batterie </p> <p> <input type="checkbox"/> Dans l'écran <input type="checkbox"/> Dans la dalle tactile </p>	<p>Étape 2</p> <p>Question 1 / 6</p> <p>Où trouve-t-on de l'or dans un smartphone ?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dans les cartes et les composants (réponse correcte) • Dans la batterie • Dans le boîtier • Dans l'écran • Dans la dalle tactile

Diapo de la capsule

Feedback

On trouve l'or sur les cartes et les composants des smartphones.

Des bijoux de technologie !

En dehors de son utilisation dans le secteur financier, l'or (Au) est un métal précieux utilisé principalement dans le secteur de la bijouterie et dans l'industrie électronique (environ 6% de l'or en circulation dans le monde est utilisé dans l'industrie électronique.).

Notons que l'or présent dans les déchets électroniques constitue la principale source de valeur de ces déchets, avec près de 19 milliards d'euros pour seulement 500 tonnes de matière.

Source : [France Stratégie, 2020, "La consommation de métaux du numérique : un secteur loin d'être dématérialisé"](#)

[consulté le 16/12/2021]

Le texte associé

Feedback

On trouve l'or sur les cartes et les composants des smartphones.

Des bijoux de technologie !

En dehors de son utilisation dans le secteur financier, l'or (Au) est un métal précieux utilisé principalement dans le secteur de la bijouterie et dans l'industrie électronique (environ 6% de l'or en circulation dans le monde est utilisé dans l'industrie électronique.).

Notons que l'or présent dans les déchets électroniques constitue la principale source de valeur de ces déchets, avec près de 19 milliards d'euros pour seulement 500 tonnes de matière.

Source : [France Stratégie, 2020, "La consommation de métaux du numérique : un secteur loin d'être dématérialisé"](#) [consulté le 16/12/2021]

Étape 2

Question 2 / 6

Pour quelles raisons utilise-t-on l'or dans un smartphone ?

Solution

Esthétique

Valeur monétaire

Conductibilité

Ne rouille pas

Étape 2

Question 2 / 6

Pour quelles raisons utilise-t-on l'or dans un smartphone ?

Il peut y avoir plusieurs réponses.

- Valeur monétaire
- Esthétique
- **Ne rouille pas (réponse correcte)**
- **Conductibilité (réponse correcte)**

Pour information :

L'or est employé pour sa conductibilité et sa capacité à ne pas rouiller.

Diapo de la capsule

Pour information

L'or est employé pour sa conductibilité et sa capacité à ne pas rouiller.

De l'or dans nos smartphones !

Certains smartphones de luxe utilisent l'or pour des raisons esthétiques, mais cela reste une motivation très rare. Dans le monde de l'électronique, l'or est utilisé principalement pour les propriétés anti-oxydantes (ne rouille pas), de conductibilité de l'électricité sur les cartes électroniques et parce qu'il est très facile à travailler (on dit qu'il est ductile).

Notons que aujourd'hui il y a plus d'or dans une tonne de déchets de cartes électroniques que dans une tonne de minerai d'or : on en trouve entre 1g et 200 g selon la taille, la richesse et la génération de cartes électroniques, alors que 1 tonne de minerais d'or contient entre 1 et 10 g d'or selon la mine. Ceci s'explique par :

- d'assez fortes concentration d'or dans les cartes d'ancienne génération
- une moindre concentration en or dans les mines exploitées aujourd'hui (les mines les plus riches ayant déjà été exploitées en moyenne)

On parle d'ailleurs de mines urbaines pour désigner ces stocks de déchets de cartes électroniques.

Source : [Métaux stratégiques : la mine urbaine française, Alain Geldron, 2016](#)

[consulté le 16/12/2021]

Le texte associé

De l'or dans nos smartphones !

Certains smartphones de luxe utilisent l'or pour des raisons esthétiques, mais cela reste une motivation très rare. Dans le monde de l'électronique, l'or est utilisé principalement pour les propriétés anti-oxydantes (ne rouille pas), de conductibilité de l'électricité sur les cartes électroniques et parce qu'il est très facile à travailler (on dit qu'il est ductile).

Notons que aujourd'hui il y a plus d'or dans une tonne de déchets de cartes électroniques que dans une tonne de minerai d'or : on en trouve entre 1g et 200 g selon la taille, la richesse et la génération de cartes électroniques alors que 1 tonne de minerais d'or contient entre 1 et 10 g d'or selon la mine. Ceci s'explique par :

- d'assez fortes concentration d'or dans les cartes d'ancienne génération
- une moindre concentration en or dans les mines exploitées aujourd'hui (les mines les plus riches ayant déjà été exploitées en moyenne)

On parle d'ailleurs de mines urbaines pour désigner ces stocks de déchets de cartes électroniques.

Source : [Métaux stratégiques : la mine urbaine française, Alain Geldron, 2016](#)

[consulté le 16/12/2021]

Diapo de la capsule

Étape 2

Question 3 / 6

Où trouve-t-on du tantale dans un smartphone ?

Dans les condensateurs
(accumulateur d'énergie)

Dans la partie tactile
de l'écran

Dans le processeur

Feedback

On trouve le tantale dans les condensateurs des smartphones.

Le tantale, Késako ?

Le tantale fait partie des métaux rares (à ne pas confondre avec les terres rares). Il fait partie de ces métaux dont l'utilisation a explosé du fait des nouvelles technologies, notamment des smartphones.

Les principales mines de tantale se trouvent en Australie et au Canada. Mais ce métal est aussi exploité dans de nombreuses mines artisanales en République Démocratique du Congo par exemple, ce qui soulève d'importants problèmes à cause des conditions d'extraction, des conflits armés et du travail des enfants.

La soudaine demande de tantale liée à la miniaturisation de nos smartphones que l'on souhaite suffisamment plats pour les glisser dans nos poches, a fait exploser le nombre de mines artisanales et les conflits armés autour de ces ressources.

Le texte associé

Étape 2

Question 3 / 6

Où trouve-t-on du tantale dans un smartphone ?

- **Dans les condensateurs (accumulateur d'énergie) (réponse correcte)**
- Dans la partie tactile de l'écran
- Dans le processeur

Feedback

On trouve bien le tantale dans les condensateurs des smartphones.

Le tantale, Késako ?

Le tantale fait partie des métaux rares (à ne pas confondre avec les terres rares). Il fait partie de ces métaux dont l'utilisation a explosé du fait des nouvelles technologies, notamment des smartphones.

Les principales mines de tantale se trouvent en Australie et au Canada. Mais ce métal est aussi exploité dans de nombreuses mines artisanales en République Démocratique du Congo par exemple, ce qui soulève d'importants problèmes à cause des conditions d'extraction, des conflits armés et du travail des enfants.

La soudaine demande de tantale liée à la miniaturisation de nos smartphones que l'on souhaite suffisamment plats pour les glisser dans nos poches, a fait exploser le nombre de mines artisanales et les conflits armés autour de ces ressources.

Diapo de la capsule

Étape 2

Question 4 / 6

Pour quelles raisons utilise-t-on du tantale dans un smartphone ? Il peut y avoir plusieurs réponses.

Il est imperméable

Il est extrêmement résistant

Il permet la miniaturisation

Il est transparent

Pour information

Le tantale est employé pour faciliter la miniaturisation et pour sa nature réfractaire.

Une explosion de condensateurs.

Le tantale est majoritairement utilisé dans la production de condensateurs miniaturisés très fiables, robustes et utilisables entre -55 et +125°C (réfractaire). Si la quantité de poudre de tantale nécessaire dans chaque condensateur est très faible (< 0,02g), des milliards de nouveaux condensateurs sont fabriqués chaque année. À titre d'exemple, les téléphones portables récents avec les fonctions vidéo et appareil photo en possèdent chacun 22 ou 23.

Le texte associé

Étape 2

Question 4 / 6

Pour quelles raisons utilise-t-on du tantale dans un smartphone ? (Il peut y avoir plusieurs réponses.)

- Il est imperméable
- **Il est extrêmement résistant (réponse correcte)**
- **Il permet la miniaturisation (réponse correcte)**
- Il est transparent

Pour information

Le tantale est employé pour faciliter la miniaturisation et pour sa nature réfractaire.

Une explosion de condensateurs

Le tantale est majoritairement utilisé dans la production de condensateurs miniaturisés très fiables, robustes et utilisables entre -55 et +125°C (réfractaire). Si la quantité de poudre de tantale nécessaire dans chaque condensateur est très faible (< 0,02g), des milliards de nouveaux condensateurs sont fabriqués chaque année. À titre d'exemple, les téléphones portables récents avec les fonctions vidéo et appareil photo en possèdent chacun 22 ou 23.

À l'échelle mondiale, la production annuelle de tantale était évaluée à environ 1 800 tonnes en 2017, autant en 2018. Les condensateurs électroniques en tantale représentent environ la moitié de cette consommation totale. Pour le seul secteur des smartphones, la quantité de tantale des équipements utilisés représente environ 2 tonnes.

Diapo de la capsule

À l'échelle mondiale, la production annuelle de tantale était évaluée à environ 1 800 tonnes en 2017, autant en 2018. Les condensateurs électroniques en tantale représentent environ la moitié de cette consommation totale. Pour le seul secteur des smartphones, la quantité de tantale des équipements utilisés représente environ 2 tonnes.

Sources : [Panorama 2011 du marché du tantale, géosciences pour une Terre durable, brgm, 2012](#) [consulté le 16/12/2021]

[Fiche de criticité-Tantale, brgm, comes, 2020](#) [consulté le 16/12/2021]



Le texte associé

Sources : [Panorama 2011 du marché du tantale, géosciences pour une Terre durable, brgm, 2012](#) [consulté le 16/12/2021]

[Fiche de criticité-Tantale, brgm, comes, 2020](#) [consulté le 16/12/2021]

Étape 2

Question 5 / 6

Où trouve-t-on de l'indium dans un smartphone ?

Dans la partie tactile de l'écran

Dans le processeur

Dans la batterie

Feedback

On trouve l'indium dans le film transparent qui recouvre l'écran d'un smartphone.

L'indium, what else ?

Les premiers écrans tactiles étaient résistifs, c'est-à-dire qu'il fallait physiquement appuyer dessus avec son doigt ou un stylet. Nos smartphones modernes ont des écrans capacitifs, avec un champ électrostatique qui reconnaît les perturbations causées par le simple contact de la peau.

Étape 2

Question 5 / 6

Où trouve-t-on de l'indium dans un smartphone ?

- **Dans la partie tactile de l'écran (réponse correcte)**
- Dans le processeur
- Dans la batterie

Feedback

On trouve l'indium dans le film transparent qui recouvre l'écran d'un smartphone.

L'indium, what else ?

Les premiers écrans tactiles étaient résistifs, c'est-à-dire qu'il fallait physiquement appuyer dessus avec son doigt ou un stylet. Nos smartphones modernes ont des écrans capacitifs, avec un champ électrostatique qui reconnaît les perturbations causées par le simple contact de la peau.

Pour que cela fonctionne, il faut revêtir l'écran d'un film qui conduit l'électricité tout en étant transparent. Ce film est fait d'oxyde d'indium-étain (abrévié « ITO »). L'indium est aussi utilisé dans les LED pour leur donner une lumière bleue.

Diapo de la capsule

Pour que cela fonctionne, il faut revêtir l'écran d'un film qui conduit l'électricité tout en étant transparent. Ce film est fait d'oxyde d'indium-étain (abrévié « ITO »). L'indium est aussi utilisé dans les LED pour leur donner une lumière bleue.

Enfin, dans les circuits intégrés, pour rendre le silicium conducteur d'électricité à certains endroits seulement, il faut le doper en y ajoutant des impuretés comme par exemple de l'indium.



Le texte associé

Enfin, dans les circuits intégrés, pour rendre le silicium conducteur d'électricité à certains endroits seulement, il faut le doper en y ajoutant des impuretés comme par exemple de l'indium.

Étape 2

Question 6 / 6

Dans l'hypothèse où on ne découvrirait pas d'autres réserves de métaux, dans combien de temps les réserves seront-elles épuisées ?

La production actuelle d'indium est de l'ordre de 760 tonnes par an. La croissance de la demande est de 5,1% par an et les réserves actuelles sont estimées à 380 000 tonnes.

Dans 20 ans

Dans 65 ans

Dans 666 ans

Dans 2105 ans

Feedback

Dans le contexte décrit, les réserves d'indium seraient épuisées dans 65 ans.

Étape 2

Question 6 / 6

Dans l'hypothèse où on ne découvrirait pas d'autres réserves de métaux, dans combien de temps les réserves seront-elles épuisées ?

La production actuelle d'indium est de l'ordre de 760 tonnes par an. La croissance de la demande est de 5,1% par an et les réserves actuelles sont estimées à 380 000 tonnes.

- **Dans 65 ans (réponse correcte)**
- Dans 666 ans
- Dans 20 ans
- Dans 2105 ans

Feedback

Dans le contexte décrit, les réserves d'indium seraient épuisées dans 65 ans.

Des réserves d'indium très limitées

Dans l'hypothèse où :

- on ne découvrirait pas d'autres réserves,
- on ne parviendrait pas à extraire de l'indium là où il est très peu concentré,

Diapo de la capsule

Des réserves d'indium très limitées

Dans l'hypothèse où :

- on ne découvrirait pas d'autres réserves,
- on ne parviendrait pas à extraire de l'indium là où il est très peu concentré,
- et si la demande restait constante (à 5,1% de croissance annuelle) sur toute la durée concernée,

alors la durée de production serait en effet de 65 ans.

Cela dit, la probabilité pour que toutes ces conditions restent réunies sur 65 ans est faible, voire nulle parce qu'il est très probable qu'un métal de substitution serait utilisé. Ce petit calcul permet cependant de réaliser que ces ressources métalliques ne sont pas infinies !

Le recyclage permettrait de repousser cette limite mais pas de la supprimer !

Source : [Fiche de synthèse sur la criticité des métaux-L'indium,brgm, 2017](#) [consulté le 16/12/2021]



Le texte associé

- et si la demande restait constante (à 5,1% de croissance annuelle) sur toute la durée concernée,

alors la durée de production serait en effet de 65 ans.

Cela dit, la probabilité pour que toutes ces conditions restent réunies sur 65 ans est faible, voire nulle parce qu'il est très probable qu'un métal de substitution serait utilisé. Ce petit calcul permet cependant de réaliser que ces ressources métalliques ne sont pas infinies !

Le recyclage permettrait de repousser cette limite mais pas de la supprimer !

Source : [Fiche de synthèse sur la criticité des métaux-L'indium,brgm, 2017](#) [consulté le 16/12/2021]

Diapo de la capsule	Le texte associé
<div data-bbox="195 183 380 233" style="background-color: #333; color: white; padding: 2px; font-weight: bold;">Conclusion</div> <p data-bbox="195 269 512 293">Une tension sur les métaux</p> <p data-bbox="195 329 982 427">Il y a en circulation dans le monde des milliards de smartphones, qui concentrent de grandes quantités de métaux (de l'ordre de 40 tonnes d'or, entre 1 et 2 tonnes d'Indium et de Tantale).</p> <p data-bbox="195 456 982 662">Cela ne représente pas de très grosses quantités, mais la concurrence des constructeurs pour mettre sur le marché des modèles de smartphones répondant à des caractéristiques toujours plus attractives et à durée de vie très courte, génère des tensions sur les industries minières, surtout artisanales, qui travaillent habituellement plutôt sur des temps longs.</p> <p data-bbox="195 691 982 824">Les conséquences sont d'ordre sociales (conflits, tension sur l'eau) et environnementales (pollutions). Par ailleurs, concernant l'Indium, les réserves s'épuisent très vite alors que le recyclage n'est pas encore au rendez-vous.</p>	<p data-bbox="1142 175 1285 199">Conclusion</p> <p data-bbox="1142 215 1491 240">Une tension sur les métaux</p> <p data-bbox="1142 276 2003 386">Il y a en circulation dans le monde des milliards de smartphones, qui concentrent de grandes quantités de métaux (de l'ordre de 40 tonnes d'or, entre 1 et 2 tonnes d'Indium et de Tantale).</p> <p data-bbox="1142 415 2003 651">Cela ne représente pas de très grosses quantités, mais la concurrence des constructeurs pour mettre sur le marché des modèles de smartphones répondant à des caractéristiques toujours plus attractives et à durée de vie très courte, génère des tensions sur les industries minières, surtout artisanales, qui travaillent habituellement plutôt sur des temps longs.</p> <p data-bbox="1142 680 2003 829">Les conséquences sont d'ordre sociales (conflits, tension sur l'eau) et environnementales (pollutions). Par ailleurs, concernant l'Indium, les réserves s'épuisent très vite alors que le recyclage n'est pas encore au rendez-vous.</p>

Si vous souhaitez approfondir certaines notions

La fiche [Quels métaux dans les smartphones ?](#) décrit les minéraux dont on a besoin et en quelles quantités pour fabriquer un smartphone.

La fiche [Pourquoi les projections autour de la durée des réserves minières sont difficiles ?](#) aborde le sujet des ressources aux réserves et l'illustre avec l'exemple du cuivre.

La fiche [Où en est-on du recyclage ?](#) aborde le sujet des déchets numériques ainsi que la gestion des DEEE durant les deux étapes principales : la collecte et le traitement.

Conclusion

Ce qui est vrai pour les smartphones est également vrai pour l'ensemble de l'industrie du numérique. Le monde du numérique n'est pas sobre : les nouveaux objets ne viennent pas se substituer à des équipements plus anciens : des nouveaux objets sont créés en plus des objets existants. On n'a pas un smartphone à la place de tous les équipements électroniques, mais un smartphone en plus de la télévision connectée, de l'ordinateur et de son écran, de la montre connectée, etc. La miniaturisation des biens ne compense pas l'augmentation du volume / poids des produits. La demande en métaux explose alors que dans le même temps les concentrations des métaux dans les minerais diminuent. Cela aura irrémédiablement pour effet, dans un avenir plus ou moins proche et selon les métaux, d'augmenter la quantité d'énergie et d'eau douce nécessaires à leur extraction.

Si nous voulons continuer à bénéficier de ces bijoux technologiques, il nous faut agir dès maintenant !

Sources :

- [Rapport du sénat, 100 millions de téléphones portables usagés : l'urgence d'une stratégie, 2021](#) [consulté le 16/12/2021]
- [La consommation de métaux du numérique : un secteur loin d'être dématérialisé, France Stratégie, 2020](#) [consulté le 07/03/2022]
- [Site Minéral Info](#) [consulté le 16/12/2021]

Crédits :

<p>Auteurs :</p> <ul style="list-style-type: none">● Françoise Berthoud, CNRS / GRICARD / EcolInfo● Charles Poulmaire, professeur de NSI et SNT, formateur académique	<p>Une coproduction Class'Code / Inria</p>  <p><Class'Code> <i>Inria</i></p>
<p>Equipe pédagogique :</p> <ul style="list-style-type: none">● Laurence Farhi, Tatiana Khomenko, Inria Learning Lab● Sophie de Quatrebarbes, S24B pour Class'Code	<p>Avec le soutien du ministre de l'éducation nationale de la jeunesse et des sports et UNIT</p>  <p>UNIT MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE LA JEUNESSE ET DES SPORTS <i>Liberté Égalité Fraternité</i></p>
<p>Graphismes :</p> <ul style="list-style-type: none">● Illustrations : Mikaël Cixous, 4 minutes 34● Photographies de Guillaume Clémencin : Nicolas Ledu	
<p>Cette ressource a été produite dans le cadre du Mooc Impacts environnementaux du numérique sous licence CC BY 4.0 FR 2021 www.fun-mooc.fr</p>	