

Cartographie des éléments stratégiques dans un smartphone et identification des pièces critiques pour le recyclage



Frédérique Bastin, Louise Gonda, Marie-Paule Delplancke, Pierre D'Ans

21 novembre 2018



Motorola DynaTac 8000



1983

Sortie du premier
téléphone mobile

Marché de niche



Motorola DynaTac 8000



Nokia 3310

1983

2000

Sortie du premier
téléphone mobile

Démocratisation du prix des
téléphones mobiles:
téléphones briques

Marché de niche

Apparition d'un flux de DEEE



Motorola DynaTac 8000



Nokia 3310



Apple iPhone 1



1983

2000

2007

Sortie du premier téléphone mobile

Démocratisation du prix des téléphones mobiles: téléphones briques

Sortie du premier smartphone

Actuellement: de nombreux modèles de smartphones sur le marché

Complexification

Marché de niche

Apparition d'un flux de DEEE

Changement du flux de DEEE



Motorola DynaTac 8000



Nokia 3310



Apple Iphone 1



1983

2000

2007

Comment traiter les téléphones usagés?

Dépôt en décharge

Broyage et envoi en fonderie/raffinerie

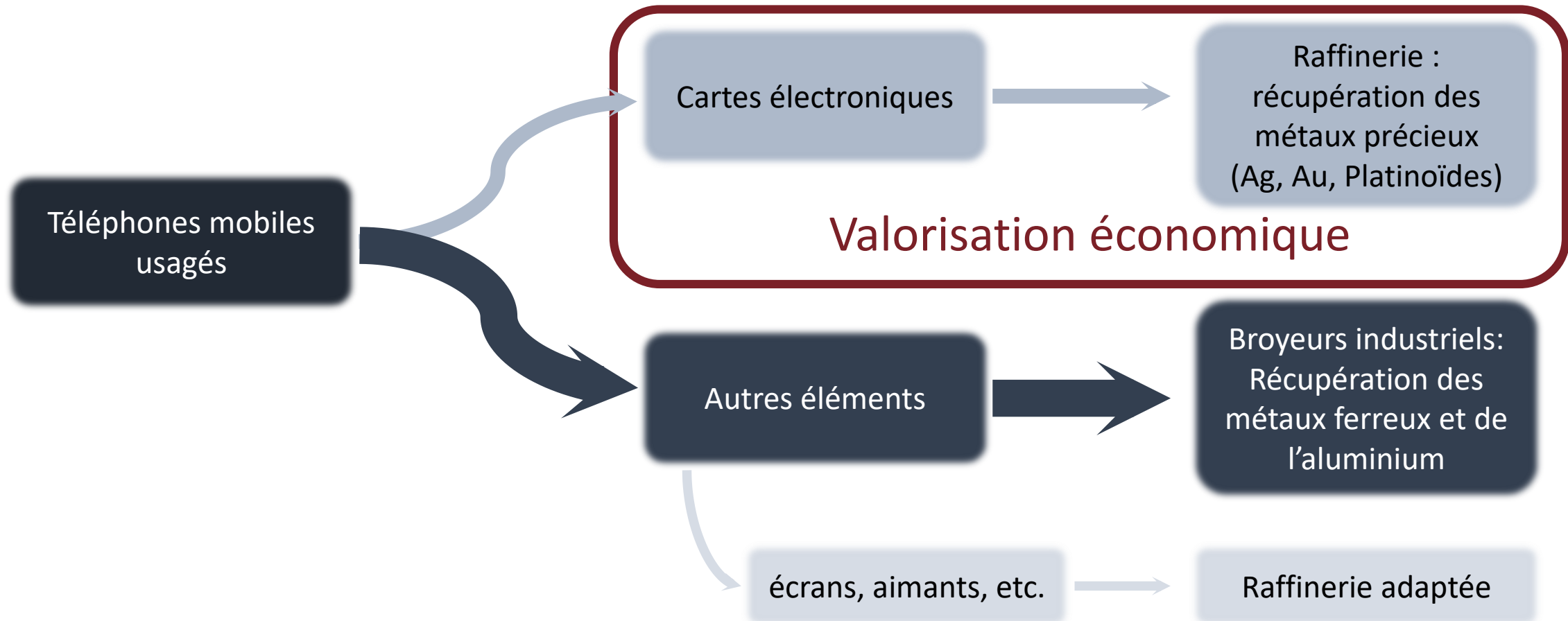
Retrait des cartes de circuits imprimés de plus de 10 cm² dans les téléphones mobiles

Plan de la présentation

- Contexte de la recherche
- Objectif & Méthodologie
- Résultats
- Conclusions

Contexte de la recherche

Processus actuel de recyclage des mobiles usagés



Contexte de la recherche

Processus actuel de recyclage des mobiles usagés



Cartes électroniques



Raffinerie :
récupération des
métaux précieux
(Ag, Au, Platinoïdes)

Valorisation économique

Permet aussi:

- ⇒ Valorisation de certains métaux usuels (Cu, Ni...)
- ⇒ Elimination de certains éléments dangereux (As, Te...)

⇒ Perte en matériaux critiques

Contexte de la recherche

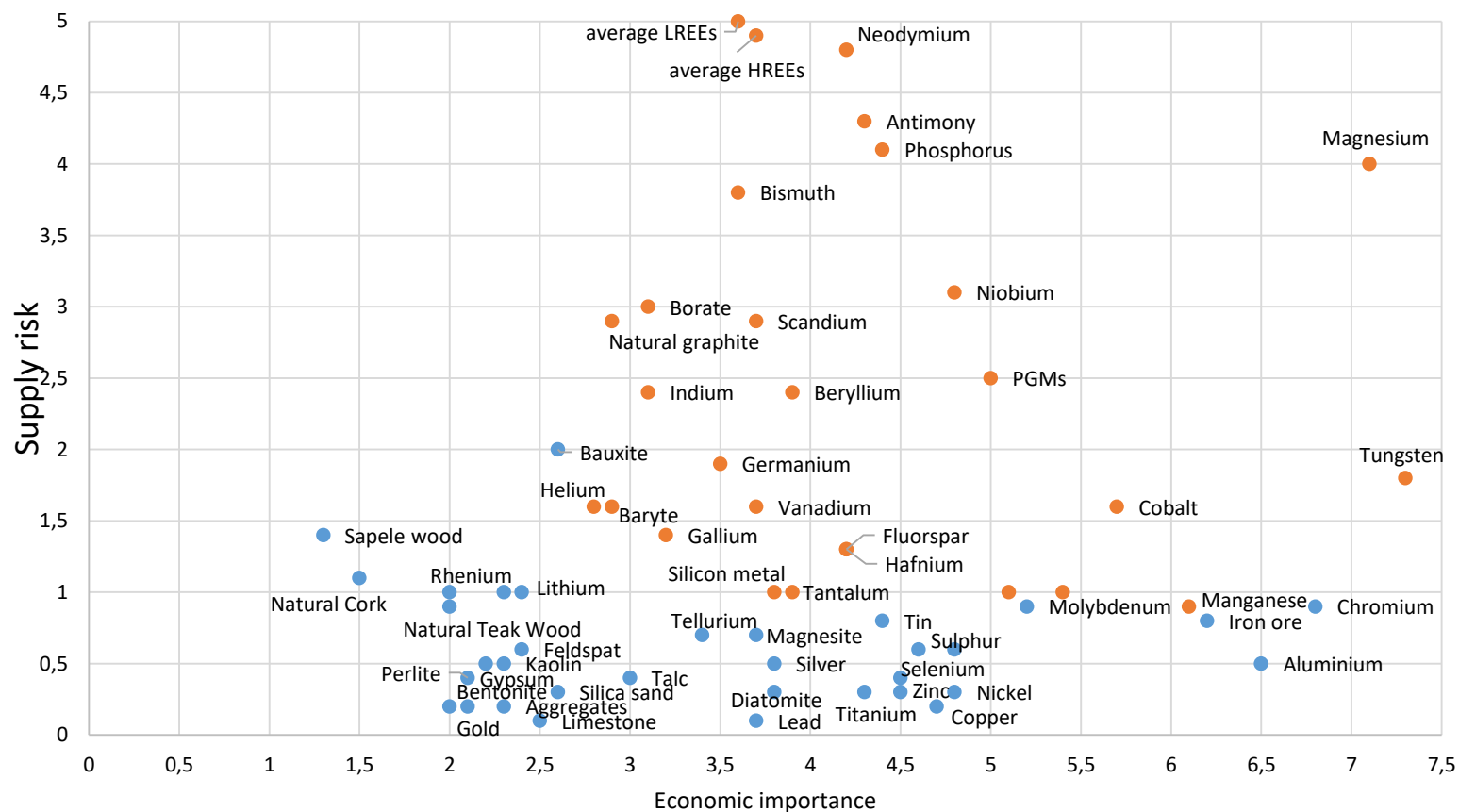
■ Matériaux critiques

- 24 matériaux individuels et 3 groupes de matériaux: déterminés par l'UE selon leur importance économique et leur risque d'approvisionnement

■ Platinoïdes, Terres rares (lourdes et légères)

■ Sb, Be, Bi, Co, Ga, Ge, Hf, He, In, Mg, Nb, P, Sc, Si, Ta, V, W

■ Barytine, Borate, Coke, Fluorite, Graphite, Caoutchouc naturel, Roche phosphatée



Objectif & Méthodologie

Identification des pièces riches en éléments critiques et précieux dans un smartphone

Pré-concentration des éléments critiques : démantèlement adapté
→ envoi vers des filières de recyclage

Objectif & Méthodologie

Choix des smartphones à analyser

Modèle représentatif de ceux vendus au début des années 2010



Comparaison avec un « téléphone brique » : représentatif des années 2000 (Nokia 3310)

Identification des pièces riches en éléments critiques et précieux dans un smartphone



Pré-concentration des éléments critiques : démantèlement adapté
→ envoi vers des filières de recyclage

Objectif & Méthodologie

Choix des smartphones à analyser



Démantèlement manuel



Identification des pièces riches en éléments critiques et précieux dans un smartphone



Modèle représentatif de ceux vendus au début des années 2010



Comparaison avec un « téléphone brique » : représentatif des années 2000 (Nokia 3310)

Étude de 5 exemplaires usagés

Pré-concentration des éléments critiques : démantèlement adapté
→ envoi vers des filières de recyclage

Objectif & Méthodologie

Choix des smartphones à analyser



Démantèlement manuel



Caractérisation des éléments



Identification des pièces riches en éléments critiques et précieux dans un smartphone



Modèle représentatif de ceux vendus au début des années 2010



Comparaison avec un « téléphone brique » : représentatif des années 2000 (Nokia 3310)

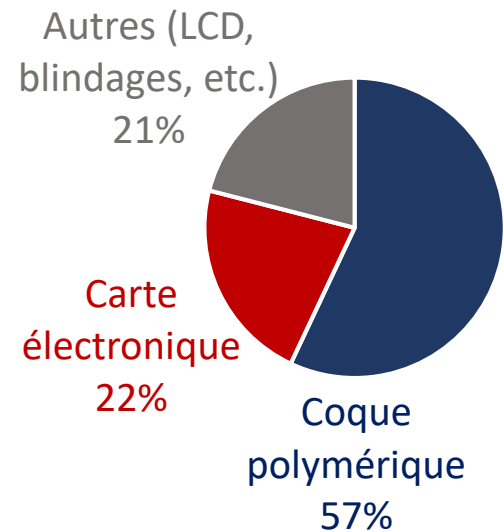
Étude de 5 exemplaires usagés

Analyse qualitative et semi-quantitative par SEM-EDX et XRF:
Distribution des éléments dans les différentes pièces

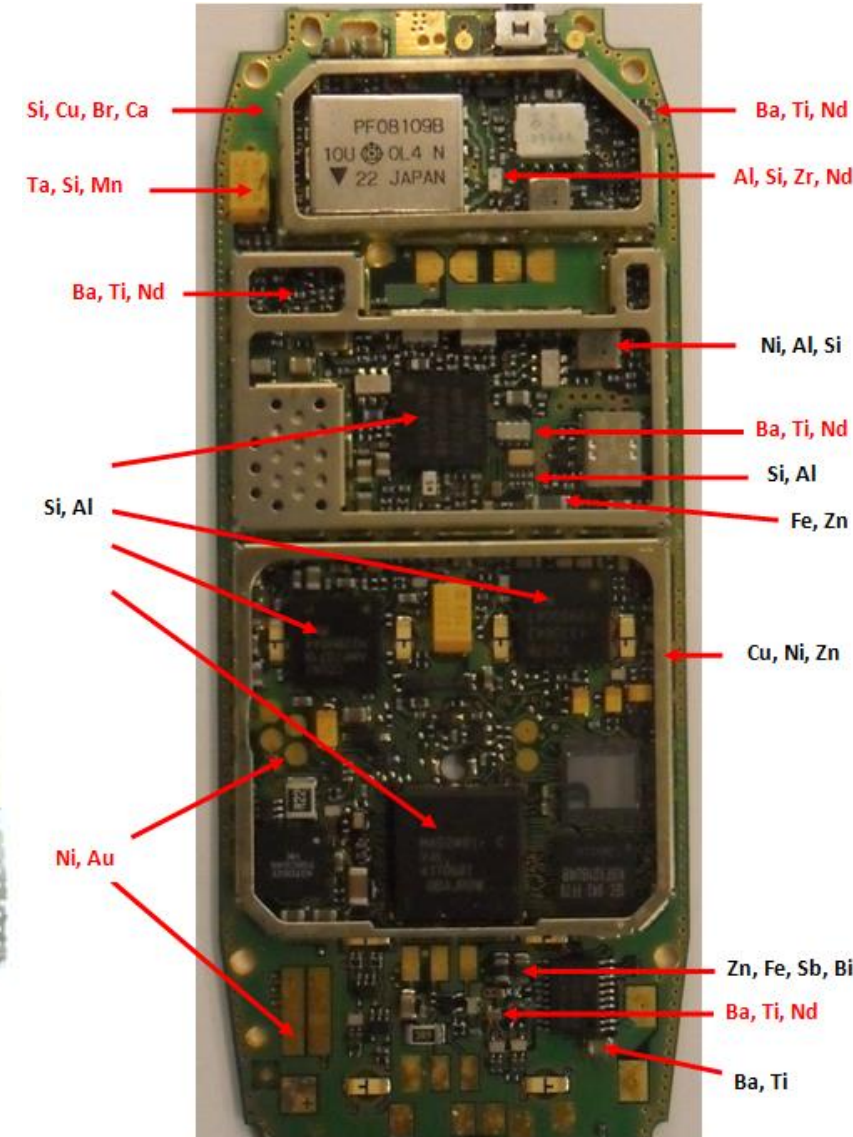
Pré-concentration des éléments critiques : démantèlement adapté
→ envoi vers des filières de recyclage

Étude d'un téléphone « brique »

- Nokia 3310: sorti en 2000 (126 millions d'exemplaires vendus)



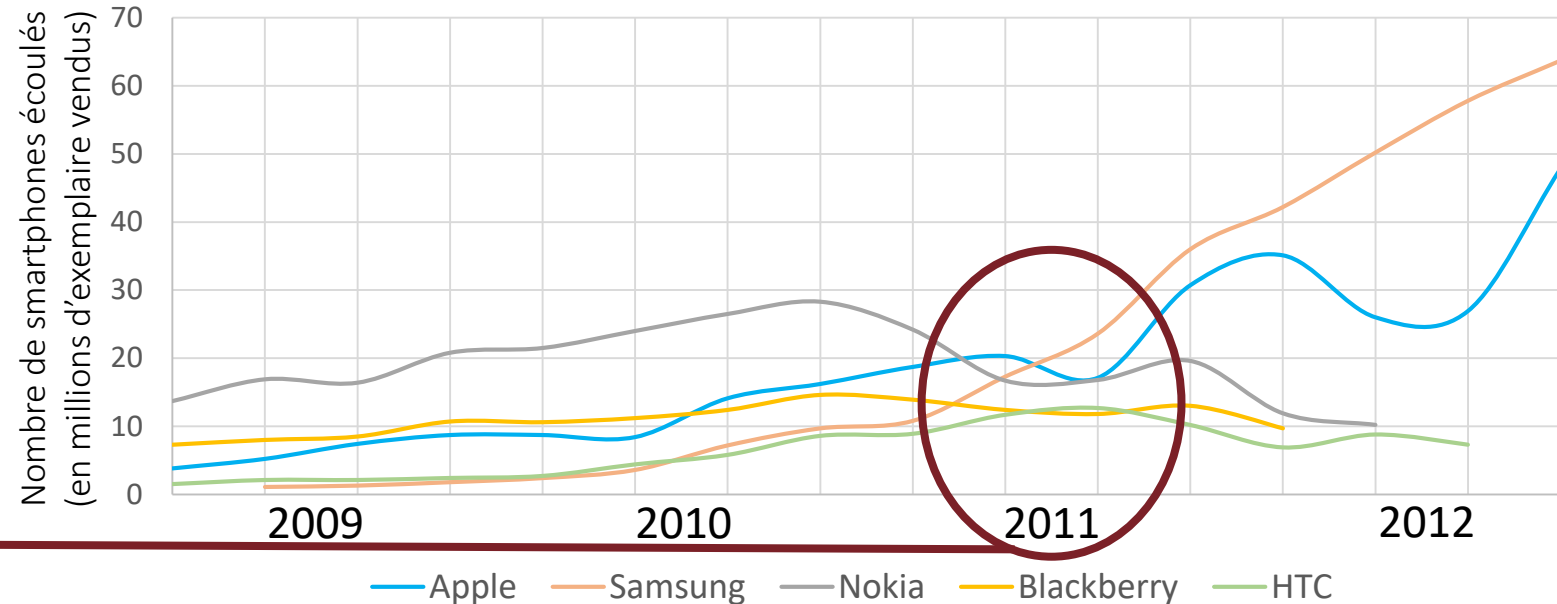
- 23 éléments chimiques différents détectés
- Éléments stratégiques centrés sur la carte:
 - Pièces riches en métaux critiques:



Choix du modèle à étudier



- Iphone 4S:
 - Sorti en 2011
 - Écoulé à 90 millions d'exemplaires
 - L'une des marques les plus vendues au début des années 2010



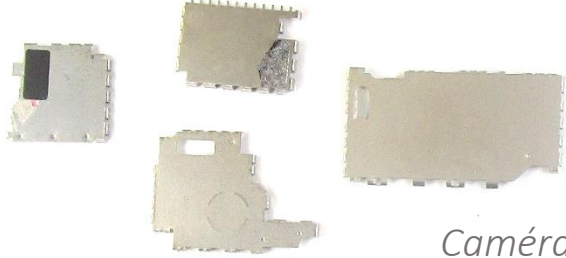
Apple: 1 modèle (Iphone 4S)



Samsung: 3 modèles (Galaxy Xcover, Galaxy SII et Galaxy Note)

Démantèlement manuel

Blindages de la carte SIM

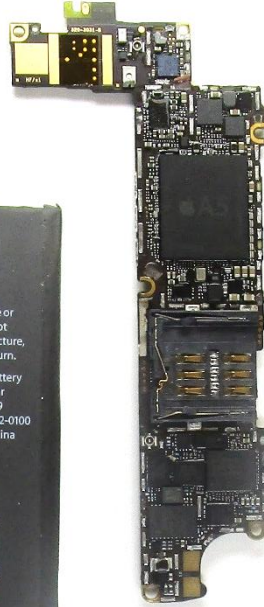


Caméra arrière



Batterie

Circuit imprimé



Vibreux



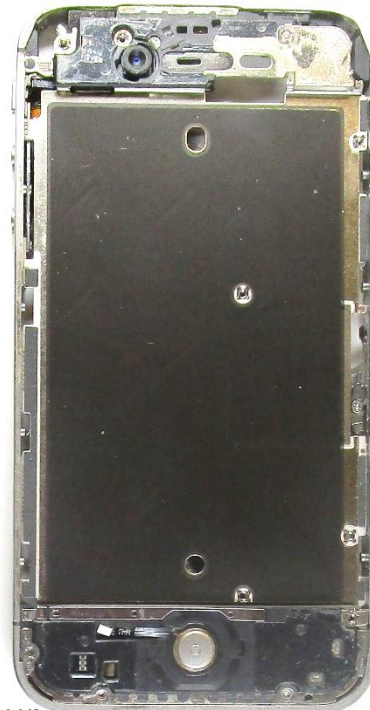
Haut parleur



Isolants



Structure + camera avant



Connecteur



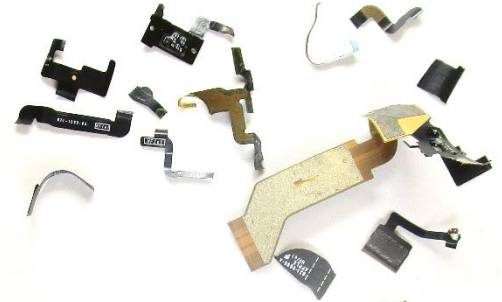
Blindages



Vis et rondelles



Connecteurs polymériques



Support de la carte SIM



Écran LCD



Écran tactile

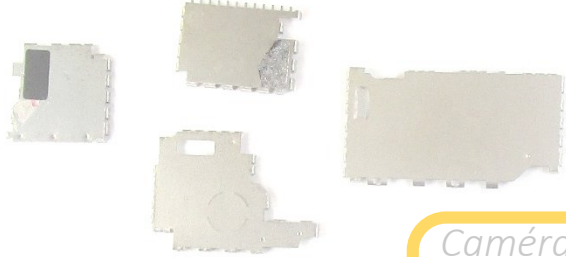


Face arrière

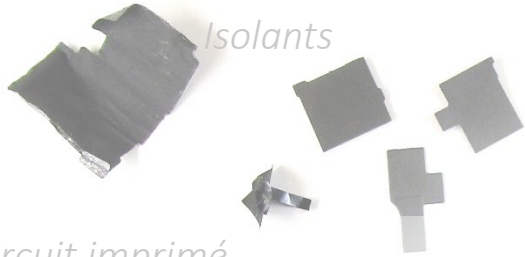


Démantèlement manuel

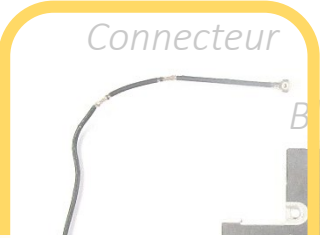
Blindages de la carte SIM



Isolants



Connecteur



Blindages



Vis et rondelles



Connecteurs polymériques



Circuit imprimé



Structure +



Caméra arrière



Batterie

Vibreux



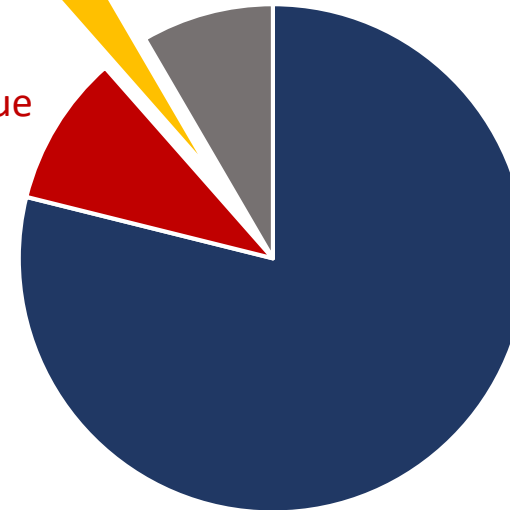
Haut parleur



Composants électroniques externes et connecteurs
3%

Carte électronique
10%

Autres (LCD, blindages, etc.)
8%



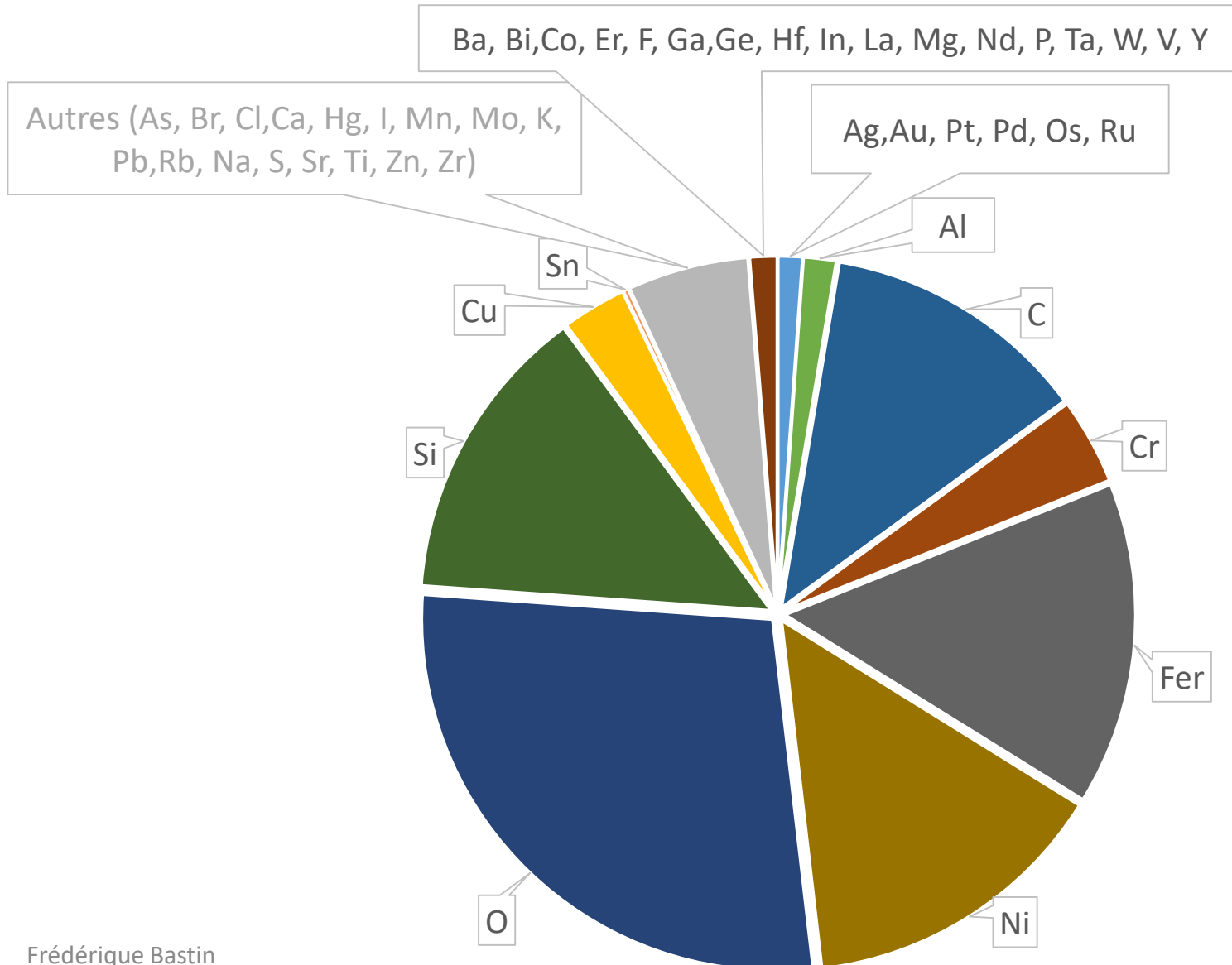
Coque (métallique et vitrée)
79%

Face arrière



Écran tactile

Répartition élémentaire (dans le téléphone sans batterie)



Matériaux structurants majoritaires:

- Verre : Si et O
- Polymères: C et O
- Armatures : Al, Cr, Fe, Ni

49 éléments différents détectés

23 éléments critiques environ 1g au total

Pieces contenant des éléments précieux et critiques

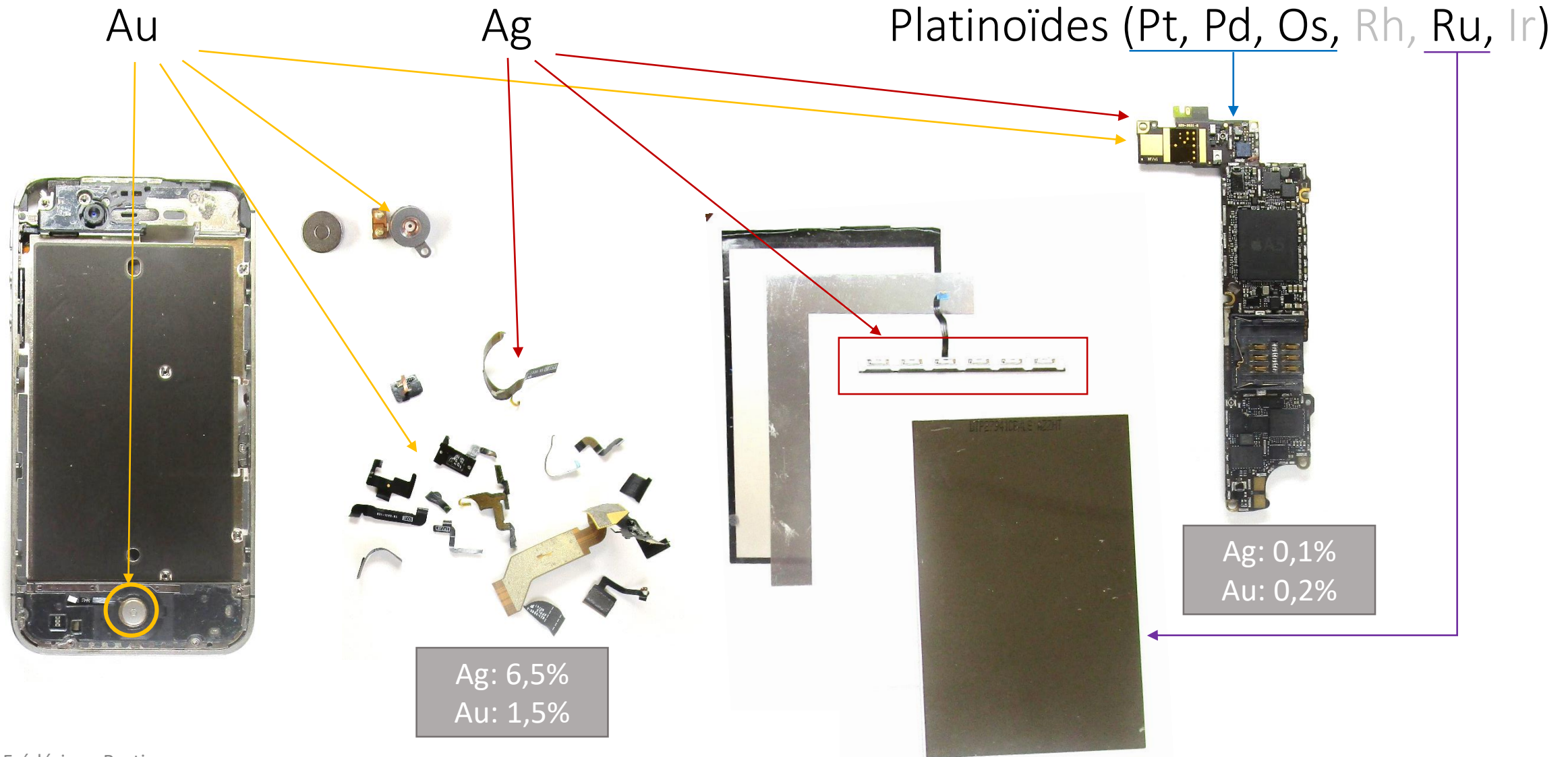
Face avant	écran LCD	Ecran tactile	Al	C		Cu	Sn	Fe	O	Si						In		P					
		filtre		C		Cu		Fe	O							Hf		P	Ru			Y	
		polariseur	Al	C		Cu		Fe	O	Si						Hf		P	Ru			Y	
		diffuseur		C				Fe	O	Si									Ru				
		cristaux liquides		C		Cu		Fe	O	Si								P	Ru				
		reflecteur		C	Cr	Cu		Fe	O									P	Ru				
		bande LED	Al			Cu	Sn	Fe	O	Si	Ag				Ga		Mg	P					Y
	Bouton home			Cl	Cu		Fe	Ni	O	Si				Co			P				V		
	Face arrière (métal)	Al		Cr	Cu	Sn	Fe	Ni	O	Si				Co							V		
	Structure métallique centrale			Cr	Cu		Fe	Ni		Si							P				V		
	Nappes de connexion	Al			Cu		Fe	Ni	O	Si	Ag	Au				Mg							
	Blindages			Cr	Cu		Fe	Ni		Si				Co			P				V		
	Vibreur: anneau paramagnétique	Al			Cu	Sn	Fe	Ni	O	Si		Au	Ba	Co		Mg	P			W			
	Aimant haut-parleur				Cu		Fe	Ni						Co	Er								
	Carte électronique	Al	C	Cr	Cu	Sn	Fe	Ni	O	Si	Ag	Au	Pd	Ba	Bi	Co	Ga	Ge	Mg	Nd	P	Ta	W

Proportion en élément chimique	10% <
	1% < 10%
	0,1% < 1%
	0,01% < 0,1%
	< 0,01%

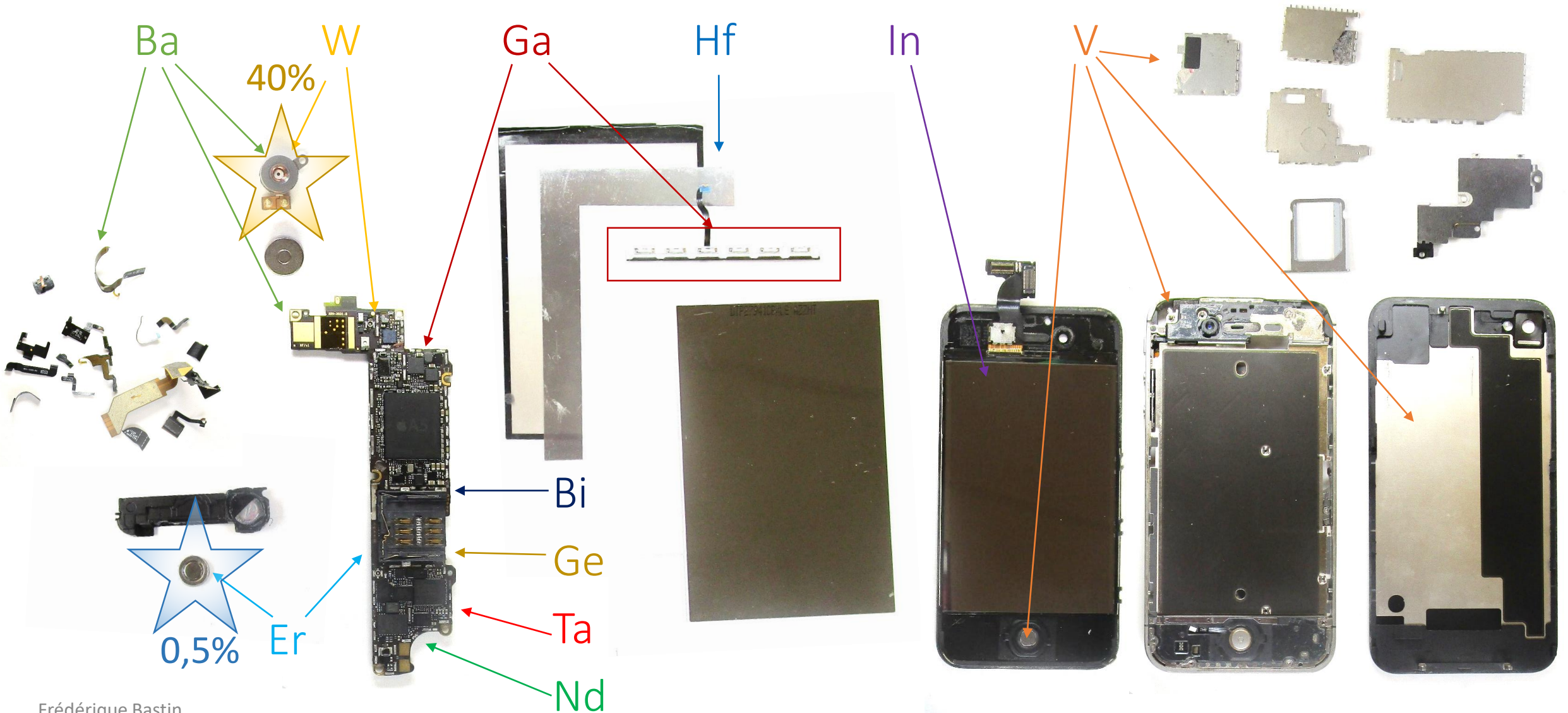
Matériaux
structurants
majoritaires

Éléments précieux: localisés
Éléments critiques: dispersés

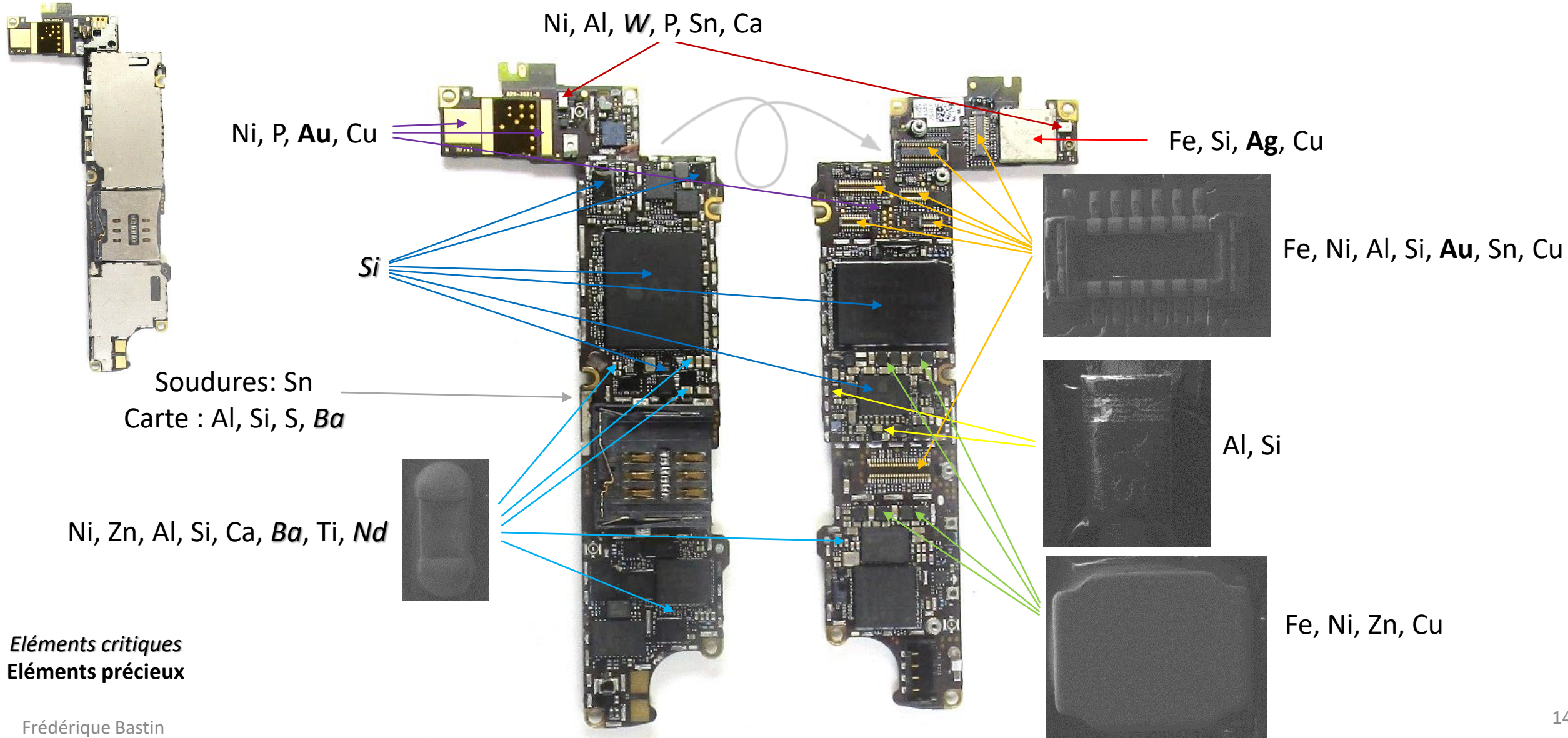
Pièces contenant des métaux précieux



Pièces contenant des critiques



Éléments constitutifs du circuit imprimé



Conclusions

- Apparition de nouveaux composants électroniques externes à la carte

Conclusions

- Apparition de nouveaux composants électroniques externes à la carte
- Nombre d'éléments chimiques différents ↗
- Nombre d'éléments critiques ↗

Conclusions

- Apparition de nouveaux composants électroniques externes à la carte
- Nombre d'éléments chimiques différents ↗
- Nombre d'éléments critiques ↗
- Dispersion des éléments précieux
carte ↔ connecteurs polymériques

Conclusions

- Apparition de nouveaux composants électroniques externes à la carte
- Nombre d'éléments chimiques différents ↗
- Nombre d'éléments critiques ↗
- Dispersion des éléments précieux
 - carte ↔ connecteurs polymériques
 - ⇒ Perte de valeur de la carte
 - ⇒ Diminution de la rentabilité du démantèlement

Conclusions (2)

✓ Préconcentration des éléments critiques par démantèlement



Présents dans la carte: petite concentration

Principalement concentrés dans le vibreur et l'aimant du haut-parleur

Conclusions (2)

- ✓ Préconcentration des éléments critiques par démantèlement



Présents dans la carte: petite concentration

Principalement concentrés dans le vibreur et l'aimant du haut-parleur

- ⇒ Séparables du téléphone
- ✗ Demande du temps et de la main-d'œuvre

Conclusions (2)

- ✓ Préconcentration des éléments critiques par démantèlement

↓
Présents dans la carte: petite concentration

Principalement concentrés dans le vibreur et l'aimant du haut-parleur

⇒ Séparables du téléphone

- ✗ Demande du temps et de la main-d'œuvre

⇒ Rentabilité du démantèlement?

- Mise en place de primes environnementales pour les recycleurs ayant recours au démantèlement
- Mise en place d'un cadre législatif favorisant l'éco-conception: limiter la dispersion des éléments et faciliter le démantèlement

Merci de votre attention



Frédérique Bastin

Université libre de Bruxelles (ULB), Ecole polytechnique
Département 4MAT, équipe "Recycling & Environment"

Avenue F.D. Roosevelt, 50 (CP 165/63), 1050 Bruxelles (Belgique)

Tél: +32 (0)2 650 31 64

e-mail: frbastin@ulb.ac.be