RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

LA REPARATION AU COMPOSANT

RAPPORT FINAL

Sept 2023

EXPERTISES

RDC environment

REMERCIEMENTS

Anne-Charlotte BONJEAN (ADEME)
Shahin-André BUDD (Samsung)
Vincent CAVROIS (SBE)
Marion CLEMENT (SDS)
Laurent CHERON (Cheron et fils)
Jean-Charles CHOMBART (SNT Duriez)
José COELHO (Solvarea)
Mélanie COPPENS (RDC Environment)
Joël COURET (FEDELEC)
Philippe DE CUETOS (AFNUM)
Hakima GHERSBRAHAM (GIMELEC)
Stéphane GREGOIRE (Le Labo du Réseau Envie)
Ronan GROUSSIER (HOP)
Alexandre ISAAC (Repair Academy)
Damien LEBOUBE (Fnac-Darty)
Alain PAUTROT (Groupe SEB)
Florence MONIER (SIRMELEC)
Alice NYSSENS (RDC Environment)
Anaïs REGNIER (GIFAM)
Jérome SIAT (Alphitan)
Flavie VONDERSCHER (HOP)

CITATION DE CE RAPPORT

BONJEAN Anne-Charlotte et FANGEAT Erwann de l'ADEME et NYSSENS Alice et COPPENS Mélanie de RDC Environment. 2023. **Étude sur la réparation au composant**. 91 pages

Cet ouvrage est disponible en ligne https://librairie.ademe.fr/

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME
ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01
Numéro de contrat : 2022MA000239
Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : RDC Environment
Coordination technique - ADEME : BONJEAN Anne-Charlotte
Direction/Service : Direction Économie Circulaire et Déchets

SOMMAIRE

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE 8

1.1. Contexte 8
1.2. Objectifs 9

2. METHODOLOGIE 10

2.1. Périmètre 10
2.2. Plan de travail 11
2.2.1. Phase 1 - concepts et analyse des modèles de réparation 11
2.2.2. Phase 2 - pistes d'actions 13

3. PHASE 1 – CONCEPTS ET ANALYSE DES MODELES DE REPARATION 15

3.1. Concepts de la réparation au composant et au sous-ensemble 15
3.2. Analyse des modèles de réparation – EEE grand public 16
3.2.1. Collecte des données 16
3.2.2. Bilan comparatif des modèles de réparation 20

3.3. Analyse des modèles de réparation – EEE professionnels 38
3.3.1. Collecte des données 38
3.3.1. Bilan comparatif des modèles de réparation 43

3.4. Gains environnementaux 53
3.4.1. Sources d'impact du reconditionnement un équipement électronique 54
3.4.2. Sources d'impact d'un équipement électrique et électronique 55
3.4.3. Gains associés à l'augmentation de la durée d'usage 58

3.5. Bilan de l'étude exploratoire 59
3.5.1. Analyse AFOM 59
3.5.3. Champs d'applications 61
3.5.4. Intérêts de la réparation au composant 61
3.5.5. Freins de la réparation au composant 61

4. PHASE 2 – PISTES D'ACTIONS 63

4.1. Actions favorisant la réparation au composant par rapport à la réparation au sous-ensemble 63
4.2. Actions favorisant la réparation en général 66
4.3. Niveau d'impact et facilité de mise en œuvre des actions 68

5. CONCLUSIONS 69

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES 71

GLOSSAIRE 72

SIGLES ET ACRONYMES 72

ANNEXE A – DEFINITIONS 73

ANNEXE B – NORMES EUROPEENNES CEI NF 60335 74

ANNEXE C – RÉSULTATS ENQUÊTE EEE GRAND PUBLIC 75

ANNEXE D – RESULTATS ENQUETE EEE PROFESSIONNELS 84

RÉSUMÉ

L'objectif de cette première étude générale et exploratoire concernant la réparation au composant est de présenter, formaliser et évaluer l'impact de la réparation au composant par rapport à la réparation au sous-ensemble (pièce détachée) de tous les équipements électriques et électroniques grand public et professionnels.

Sur base **d'entretiens avec des représentants sectoriels et des acteurs de la réparation**, de **deux enquêtes en ligne** (une pour les EEE grand public et l'autre pour les EEE professionnel) et **d'une réunion de travail avec une vingtaine d'acteurs de la filière**, cette **étude exploratoire a permis de** :

Poser un cadre général sur ce qu'est la réparation au composant et ce qu'elle englobe (les catégories de produits et composants concernés, les opérations à réaliser…), même si les concepts de composant et sous-ensemble peuvent varier d'une catégorie d'EEE à une autre.

La réparation au composant d'un équipement électrique et électronique nécessite de réparer ou remplacer une ou plusieurs pièces (composants) électrique(s) ou électronique(s) d'un sous-ensemble (pièce détachée) faisant partie de l'équipement électrique et électronique, dans un ou des cas suivants :

- via une technique de démontage complexe et/ou longue (ex : soudure, micro-soudure) qui peut détruire ou nuire à l'utilisation prévue du composant;
- nécessitant un diagnostic complexe et du matériel spécifique ;
- pour lesquelles les pièces de rechange (=composants) ne sont pas mises sur le marché et/ou en service par les fabricants des équipements électriques et électroniques sous forme de pièces détachées destinées aux utilisateurs finaux.

Avoir une première vision des activités de réparation au composant réalisées à ce jour et de leurs intérêts, même si les résultats ne sont pas représentatifs de l'ensemble des activités de réparation d'EEE.

Pour les EEE grand public :

- Principalement sur des composants électroniques (composants traversants, composants montés en surface, bobines, trimmers, puces / BGA / Circuits prédiffusés programmables (FPGA, relais de commande ou de puissance, connecteurs, optocoupleurs, barres de LED, etc.) ;
- Principalement pour les catégories de produits suivantes : les gros électroménagers, l'électronique grand public, les petits équipements informatiques et de télécommunication et les petits électroménagers.

Pour les EEE professionnels :

- Principalement sur des composants électriques[1] (circuits magnétiques, enroulements, bobinages, paliers, résistances, freins mécaniques, garnitures mécaniques, turbines, aubes, contacts de puissance, moteurs, embiellements mécaniques, prises de réglage, commutateurs, disjoncteurs, etc.);
- Principalement pour les catégories de produits suivantes : les équipements industriels, les outils électriques et électroniques professionnels, les équipements de production, stockage et conversion d'énergie et les chaînes de traction électriques.

La réparation au composant pour les EEE grand public et les EEE professionnels est **généralement favorable** d'un point de vue économique et environnemental pour les composants électroniques et électriques réparés actuellement. Les principaux intérêts économiques et techniques de la réparation au composant évoqués sont :

- La réduction du prix de la réparation pour le consommateur/client ;
- La possibilité de sauver un équipement qui n'est pas réparable au sous-ensemble (ex : équipement trop ancien, équipement fait sur mesure ou obsolescence) ;
- La réparation de l'équipement professionnel dans un délai plus rapide (car pièce du composant en stock mais pas le sous-ensemble) permettant de limiter les arrêts de production / exploitation sur le site du client.

Identifier de nombreux freins à la réparation au composant, qui peuvent varier d'une catégorie d'EEE à un autre.

Les principaux freins identifiés pour la réparation au composant par rapport à la réparation au sous-ensemble sont :

L'indisponibilité de la documentation technique auprès des fabricants ;
Le manque de formation (électronique, électricité, réparation au composant) des réparateurs, et donc le manque de compétences des réparateurs ;
La conception des produits qui ne permet pas toujours d'atteindre et/ou de séparer les composants ;
La difficulté d'identifier le(s) composant(s) défectueux.
Le temps de diagnostic plus long lors de nouvelles pannes des composants que pour des sous-ensembles ;
Le coût d'investissement de certains équipements et outils pour réparer au composant ;
La vitesse d'évolution des technologies avec plus de fonctions (donc plus de pièces ou plus de logiciels) et des produits de plus en plus petits (miniaturisation), empêchant la création de marché de composant et rendant difficile la formation sur ces nouvelles technologies ;
Le manque de ressources humaine dû à la mauvaise image de la filière de maintenance et réparation des équipements électriques et électroniques auprès des jeunes et au manque de connaissance de la filière de réparation au composant par les jeunes

Lister des actions favorisant la réparation au composant

16 actions favorisant la réparation au composant sont identifiées dont 7 actions permettent de favoriser la réparation au composant par rapport à la réparation au sous-ensemble (pièce détachée) et 9 actions sont plus larges et favorisent la réparation en général.

Etant donné les spécificités de chacune des catégories de produits électriques et électroniques, il est recommandé d'étudier le sujet de manière plus approfondie par catégorie de produits.

ABSTRACT

The aim of this first general and exploratory study on component-based repair is to present, formalise and assess the impact of component-based repair compared with sub-assembly repair (spare parts) for all consumer and professional electrical and electronic equipment (EEE).

Based on interviews with sector representatives and repair centers, two online surveys (one for consumer EEE and the other for professional EEE) and a working meeting with around twenty players in the sector, this exploratory study enabled us to:

Establish a general framework for what component-based repair is and what it encompasses (the categories of products and components concerned, the operations to be carried out, etc.), even though the concepts of component and sub-assembly may vary from one category of EEE to another.

Component repair of electrical and electronic equipment involves repairing or replacing one or more electrical or electronic parts (components) of a sub-assembly (spare part) forming part of the electrical and electronic equipment, in one or more of the following cases:

via a complex and/or time-consuming disassembly technique (e.g. soldering, micro-soldering) which may destroy or harm the component's intended use;
requiring a complex diagnosis and specific equipment;
for which the replacement parts (=components) are not placed on the market and/or put into service by manufacturers of electrical and electronic equipment in the form of spare parts intended for end users.

Gain an initial overview of component repair activities to date and their benefits, even if the results are not representative of all EEE repair activities.

For customer EEE:

Mainly on electronic components (through-hole components, surface-mounted components, coils, trimmers, chips / Ball grid arrays (BGAs) / Programmable gate arrays (FPGAs, control or power relays, connectors, optocouplers, LED bars, etc.);
Mainly for the following product categories: large household appliances, consumer electronics, small IT and telecommunications equipment, and small household appliances.

For professional EEE:

Mainly on electrical components[1] (magnetic circuits, windings, windings, bearings, resistors, mechanical brakes, mechanical seals, turbines, blades, power contacts, motors, mechanical couplings, control sockets, switches, circuit breakers, etc.);
Mainly for the following product categories: industrial equipment, professional electrical and electronic tools, energy production, storage and conversion equipment, and electric powertrains.

Component-based repair for consumer and professional EEE is generally favourable from an economic and environmental point of view for the electronic and electrical components currently being repaired. The main economic and technical benefits of component-based repair are as follows:

Reduced repair costs for the consumer/customer;
The possibility of saving equipment that cannot be repaired as a sub-assembly (e.g. equipment that is too old, custom-made equipment, or obsolete equipment);
Faster repair of professional equipment (because the component part is in stock, but not the sub-assembly), limiting production/operation stoppages at the customer's site.

Identify the many barriers to component repair, which may vary from one category of EEE to another.

The main obstacles identified for component repair compared to sub-assembly repair are:

Unavailability of technical documentation from manufacturers;
Repairer's lack of training (electronics, electricity, component repair), and therefore a lack of repairer skills;
Product design that does not always allow components to be accessible and/or separated;
The difficulty in identifying the faulty component(s);
Longer diagnostic times for new component failures than for sub-assemblies;
The investment cost of certain equipment and tools to repair components;
The speed at which technologies are evolving: more functions (and therefore more components or more software) and smaller and smaller products (miniaturisation), preventing the creation of a component market and making it difficult to provide training;
The lack of human resources due to the poor image of the electrical and electronic equipment maintenance and repair sector among young people and the lack of knowledge of the component repair sector among young people.

List actions to promote component repair

16 actions favouring component repair have been identified, 7 of which favour component repair over sub-assembly repair (spare parts), and 9 of which are broader and favour repair in general.

Given the specific characteristics of each category of electrical and electronic products, it is recommended that the subject be studied in greater depth by product category.

1. Contexte et objectifs de l'étude

1.1. Contexte

Il est admis par les pouvoirs politiques au niveau européen que la réparation est l'un des piliers sur lequel repose l'économie circulaire dans la mesure où elle participe notamment à la réduction des consommations de ressources et de production de déchets par la prolongation de la durée de vie des objets, et notamment des équipements électriques et électroniques.

De plus, d'un point de vue socio-économique, le secteur de la réparation est une réelle source de revenus et d'emploi local avec un maillage dense de petites entreprises, dont certaines font partie de l'économie sociale et solidaire. La réparation des équipements électriques et électroniques représente ainsi environ 30 000 entreprises, 35 000 emplois (salariés et non-salariés) et 5,8 milliards d'euros de chiffres d'affaires[1]. Parmi les équipements électroniques grand public , la plupart des emplois et du chiffre d'affaires se situe dans la réparation des équipements informatiques et de téléphonie (aussi appelés « gris ») devant l'électroménager (aussi appelé « blanc ») et les équipements d'image et de son (aussi appelés « bruns »).

En France, la promotion de la réparation fait partie intégrante des politiques publiques en matière d'économie circulaire. Avec la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte de 2015, et plus récemment, avec la loi AGEC (Anti-Gaspillage et Économie Circulaire) pour une économie circulaire, la France a inscrit la réparation comme une priorité pour contribuer à la prévention des déchets (dont le réemploi) et à la réutilisation. En ce sens, l'article 62 de la loi AGEC, promulguée en 2020, a établi la mise en place d'un fonds dédié au financement de la réparation des équipements ménagers dans le cadre de la responsabilité élargie des producteurs (REP). L'objectif du fonds est de réduire le coût de réparation supporté par les détenteurs en couvrant une part forfaitaire la facture de réparation. Les réparateurs labellisés pourront bénéficier donc du financement provenant des metteurs sur le marché (producteurs, importateurs, distributeurs de leurs propres marques, etc.). Par ailleurs, l'affichage obligatoire d'un indice de réparabilité a été institué par l'article 16 de la loi AGEC pour certains équipements électriques et électroniques grand public. L'affichage de l'indice de réparabilité a démarré le 1er janvier 2021 sur cinq catégories de produit (smartphones, ordinateurs portables, téléviseurs, tondeuses à gazon, lave-linges hublot). Depuis le 4 novembre 2022, quatre nouvelles catégories de produits sont concernées (lave-linges top, lave-vaisselles, aspirateurs, nettoyeurs haute-pression). La mise à disposition de schémas de démontage, le nombre d'étapes pour accéder aux pièces détachées clés, la durée de disponibilité des pièces détachées font par exemple partie des critères retenus.

Au niveau européen, un certain nombre de règlement d'écoconception des produits liés à l'énergie actuellement en vigueur imposent des exigences relatives à la réparation telles que des durées minimales de mise à disposition des pièces détachées pendant une durée minimale et la mise à disposition des informations sur la réparation et l'entretien pour les professionnels. La proposition de Règlement d'écoconception pour les produits durables de la Commission européenne (mars 2022) prévoit de renforcer les exigences d'écoconception relatives à l'économie circulaire dans les futurs Règlements d'écoconception par type de produit qui seront développés, et notamment les exigences de réparabilité. Il prévoit également d'obliger les metteurs en marché à fournir des informations facilitant la réparation. De plus, la proposition de Directive pour donner aux consommateurs les moyens d'agir en faveur de la transition écologique prévoit l'élaboration d'un indice européen de durabilité[2], s'inspirant de la mesure française.

Cependant, les conclusions des études précédentes indiquent qu'en France comme dans d'autres pays, malgré le fait qu'il existe une volonté politique d'encourager le développement du secteur de la réparation, les réparateurs doivent encore faire face à des freins majeurs : la concurrence avec des produits neufs relativement peu chers, le manque d'écoconception facilitant la réparation, l'impact sur la réparabilité de certaines exigences relatives à la performance énergétique,, le manque d'accès aux pièces détachées, le manque d'accès aux informations techniques, le manque de personnel formé, entre autres. Les panoramas de la réparation réalisés à l'initiative de l'ADEME[3], indiquent que la plupart des métiers de la réparation sont ainsi confrontés à des marchés en stagnation voire en régression, avec une

[1] ADEME (2018) Panorama de la réparation

[2] https://www.actu-environnement.com/ae/news/smartphones-indice-reparabilite-commission-europenne-40258.php4

[3] https://librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/6092-panorama-de-l-offre-de-reparation-en-france.html

baisse significative du nombre d'entreprises, du chiffre d'affaires et du nombre d'emplois notamment pour les équipements blancs (petit et gros électroménager) et bruns (téléviseurs, radios, lecteurs CD et DVD…). Ainsi, des efforts en matière de soutien à la réparation sont encore nécessaires, y compris la réalisation d'études pour mieux comprendre les enjeux auxquels la filière fait face.

Les études et panoramas réalisés à l'initiative de l'ADEME concernant la réparation n'étudient pas spécifiquement la réparation au composant. Dans ce contexte, l'ADEME souhaite mieux appréhender la réparation au composant en étudiant les avantages et les inconvénients, les freins et les leviers de la réparation au composant par rapport à la réparation de sous-ensembles défectueux afin de positionner ce sujet au regard de ses domaines d'interventions et proposer des pistes d'actions pour, le cas échéant, favoriser la réparation au composant.

1.2. Objectifs

L'objectif de la mission est de présenter, formaliser et évaluer l'impact des différents modèles de réparation (réparation au composant et réparation au sous-ensemble défectueux) des équipements électriques et électroniques. C'est une première étude exploratoire/générale de la réparation au composant pour toutes les catégories d'EEE grand public et professionnels.

Plus précisément, l'étude vise à :

- poser un cadre sur ce qu'est la réparation au composant et ce qu'elle englobe (produits concernés, opérations à réaliser…) ;
- identifier
  - les compétences et moyens techniques nécessaires à la pratique de la réparation au composant (y compris les besoins de formation) ;
  - les freins et les leviers de la réparation au composant ;
  - les éventuels gains environnementaux et économiques de la réparation au composant ;
- Établir une liste de pistes d'actions à mener pour favoriser la réparation au composant (si elle est favorable d'un point de vue économique et environnemental)

2. Méthodologie

2.1. Périmètre

Les acteurs de la réparation étudiés sont :

- les réparateurs indépendants ;
- les réparateurs travaillant avec des metteurs en marché dans le cadre du SAV ;
- les SAV ;
- les distributeurs d'EEE faisant de la réparation (ex : Fnac-Darty) ;
- les fabricants d'EEE faisant de la réparation.
- les entreprises de reconditionnement (ex : réseau Envie) ;
- les centres de réparation industriels (ex : SBE) ;

Les produits concernés par l'étude sont :

- les EEE grand public :
  - Petits électroménagers PEM (aspirateurs, sèche-cheveux, mixeur, grille-pain, etc.)
  - Gros électroménagers GEM (lave-linge, réfrigérateur, lave-vaisselle, chauffage)
  - Matériel grand public (TV, Hi-Fi, vidéoprojecteur, webcam, etc.)
  - Petits équipements informatiques (PC, ordinateur, tablettes, imprimantes) et de télécommunications (Smartphones, téléphones)
  - Matériel d'éclairage (lampe sur pied, lustre, etc.)
  - Équipement de loisir et de sport (stepper, vélo d'appartement, trottinette électrique, vélo électrique, hoverboard électrique, etc.)
  - Outils électriques et électroniques (tronçonneuse, scie sauteuse, etc.)
  - Panneaux photovoltaïques/solaires
  - Instruments de surveillance (caméra de surveillance)
- les EEE du secteur professionnel
  - Chaînes de Traction électriques (Trains / Tramways / Métro / Bus électriques / Automobiles / …)
  - Équipements Industriels (Pilotage de lignes de production, ensembles robotisés, IHM, robotique industrielle, moteurs et pompes)
  - Équipements électriques de bâtiments tertiaires et autres process (Génie climatique et traitement de l'air, Froid commercial alimentaire, Cuisine professionnelle, Pressing et blanchisserie)
  - Petits équipements professionnels (Équipements de lavage/séchage, Préparation et cuisson alimentaire, Café/Hôtel/Restaurant, Beauté et soin, système d'encaissement)
  - Matériels d'éclairage professionnels (appareils d'éclairage intérieur et extérieur, systèmes de gestion d'éclairage, appareils d'éclairage de sécurité, appareils de signalisation lumineuse, enseignes lumineuses)
  - Outils électriques et électroniques professionnels (Machines et outils industriels / de chantier, Systèmes d'encaissement, Robotique industrielle, Matériels de nettoyage industriel, Moteurs et pompes)
  - Dispositifs médicaux professionnels (gros dispositifs d'imagerie médicale, dispositifs mobiles et portables, mobiliers médicaux, équipements d'hygiène et frigorifiques, dispositifs de diagnostic in vitro, postes de traitement dentaire)
  - Instruments de surveillance et de contrôle professionnels (appareils électroniques de sécurité, barrières et équipements de fermeture sécurisée, instruments de mesure et de contrôle, instruments de surveillance et de contrôle des installations industrielles, actionneurs motorisés pour application industrielle)
  - Distributeurs automatiques professionnels (distributeurs automatiques alimentaires chauds et froids, fontaine à eau, fontaines à boisson, machine à café, machines à café et distributeurs automatiques sur comptoir)
  - Appareillages d'installation (Appareillages muraux ou encastrés, de coffret, de connexion mobile, systèmes domotiques, batteries de compensation, bornes de recharges électrique)
  - Équipements de production, stockage et conversion d'énergie (Groupes électrogènes, Redresseurs, chargeurs de courant, Alternateurs, Transformateurs d'isolement)

2.2. Plan de travail

L'étude comporte deux phases :

- Phase 1 : Concepts et analyse des modèles économiques
- Phase 2 : Pistes d'actions

2.2.1. Phase 1 - concepts et analyse des modèles de réparation

Les objectifs de cette phase sont :

- Poser un cadre sur ce qu'est la réparation au composant et ce qu'elle englobe (produits concernés, opérations à réaliser…) ;
- identifier :
  - les compétences et moyens techniques nécessaires à la pratique de la réparation au composant (y compris les besoins de formation) ;
  - les freins et les leviers de la réparation au composant ;
  - les éventuels gains environnementaux et économiques de la réparation au composant.

Les moyens mobilisés lors de cette phase sont :

- une revue de la littérature ;
- deux enquêtes en ligne : EEE grand public et EEE professionnels.
- des entretiens avec
  - des représentants sectoriels de la réparation ;
  - des acteurs de la réparation pratiquant la réparation au composant.

L'enquête en ligne pour les réparateurs d'EEE grand public a été porté par FEDELEC en collaboration avec l'ADEME et RDC. Le questionnaire a été diffusé auprès de 15 854 destinataires avec les codes NAF suivants : 3313Z, 4741Z, 4742Z, 4743Z, 4754Z, 9511Z, 9512Z, 9521Z, 9522Z et 9529Z. Le questionnaire fut accessible entre le 13 janvier 2023 et le 31 janvier 2023. 464 réponses au questionnaire ont été obtenues soit 2,9 % des destinataires. Le profil des répondants de l'enquête en ligne est :

- Activité de l'entreprise : réparation uniquement ou distribution et réparation.
- Nombre de techniciens réparateurs : un seul technicien réparateur ou entre 2 et 5 techniciens réparateurs
- Activité principale des établissements :
  - Réparation d'ordinateurs et d'équipements périphériques
  - Réparation d'équipements de communication
  - Réparation de produits électroniques grand public
  - Réparation d'appareils électroménagers
  - Commerce de détail ordinateurs, unités périph, logiciels en magasin spécialisé
  - Commerce de détail de matériels de télécommunication en magasin spécialisé
  - Commerce de détail de matériel audio et vidéo en magasins spécialisés
  - Commerce de détail d'appareils électroménagers en magasins spécialisés
  - Réparation d'autres biens personnels et domestiques
  - Travaux d'installation électrique dans tous locaux
  - Réparation de matériels électroniques et optiques
  - Fabrication de produits électroniques grand public
  - Installation d'équipements électriques, de matériels électroniques et optiques ou d'autres matériels
  - Conseil en systèmes et logiciels informatiques

La majorité des réponses obtenues (environ 85%) viennent de destinataires avec les 3 codes NAF suivants :

- 9511Z :Réparation d'ordinateurs et d'équipements périphériques
- 9521Z : Réparation de produits électroniques grand public
- 9522Z : Réparation d'appareils électroménagers

L'enquête en ligne pour les réparateurs d'EEE professionnels a été créée par RDC Environment. Le questionnaire a été diffusé via la base de données de contact du SIRMELEC à 890 contacts issus

d'entreprises destinataires avec le code NAF 33.14Z.. Une demande de diffusion du questionnaire a également été faite à différentes fédérations, syndicats et aux membres du comité de pilotage de l'étude. Le questionnaire fut accessible entre le 10 janvier 2023 et le 10 février 2023.

Le tableau ci-dessous présente la liste des entretiens réalisés avec les représentants sectoriels.

Organisations	Représentants	EEE grand public ou professionnels
AFNUM	Philippe DE CUETOS, Shahin-André BUDD (Samsung)	Grand public
AGORA	Emmanuel BENOIT	Grand public
CMA France	Benjamin MATTELY	Grand public
FEDELEC	Joël COURET	Grand public
GIFAM	Anaïs REGNIER, Shahin-André BUDD (Samsung), Odile THORE (Brandt Groupe), Benoit MARONNE (Brandt Groupe), Bertrand MANCHON (Beko France), François TERRASSE (BSH)	Grand public
GIMELEC	Hakima GHERSBRAHAM, Amélie BARAHONA (Schneider Electric), Amandine LOUISE (Schneider Electric), François LESAULNIER (Kolher), Christophe RONJAT (Kohler), julien MELOT (Eaton), Loïc FRERE (Siemens), Loïc CHENU (Siemens)	Professionnels
Halte à l'Obsolescence Programmée HOP	Ronan GROUSSIER	Grand public
SIRMELEC	Florence MONIER	Professionnels
Repair Academy	Alexandre ISAAC	Grand public

Tableau 1: Entretiens réalisés avec les représentants sectoriels

Le tableau ci-dessous présente la liste des entretiens réalisés avec les acteurs de la réparation.

Organisations	Représentants	EEE grand public ou professionnels
AD Services	Didier ALBERTIN	Grand public
Alphitan	Jérome SIAT	Professionnels
ASWO	Olivier STIEGLER, Julien RAIGNAULT, Joaquim DASILVA, Sandra BERTIN	Grand public

Organisations	Représentants	EEE grand public ou professionnels
Fnac-Darty	Damien LEBOUBE, Véronique DELHOME	Grand public
JST	Jean-Louis PERRIN	Professionnels
Pulsat Electronique Service	Loïc GAUVAIN	Grand public
OTIS groupe	Côme DE BOISFLEURY	Professionnels
SBE	Vincent CAVROIS	Grand public
SDS	Marion CLEMENT, Philippe BRUGIER	Grand public
SMR	Julien GRAILHES	Professionnels
Thierry Lorant	Thierry LORANT	Grand public
Vestel	Hasan BAS, Alexandre VIOL	Grand public

Tableau 2: Entretiens réalisés avec les acteurs de la réparation

Les modèles de réparation (au composant et au sous-ensemble) ont été analysés sur base des enquêtes et entretiens réalisés. L'analyse n'est pas exhaustive.

L'analyse est structurée comme suit pour d'une part les EEE grand public et d'autre part les EEE professionnels.

- Collecte des données
  - résultats principaux de l'enquête en ligne auprès des réparateurs
  - vision des fabricants
- Bilan comparatifs des modèles de réparation
  - les acteurs
  - les produits (familles de produits, composants, sous/hors garantie, lieu de réparation)
  - les pièces, équipements et outillages nécessaires à la réparation
  - les documents techniques nécessaires à la réparation
  - la durée et complexité de la réparation (diagnostic et opérations de réparation)
  - le coût de réparation
  - les compétences et formations nécessaires
  - la responsabilité
- Gains environnementaux
- Analyse AFOM
- Bilan de la phase 1

2.2.2. Phase 2 - pistes d'actions

L'objectif de cette phase est d'établir une liste de pistes d'actions à mener pour favoriser la réparation au composant.

Les moyens mobilisés pour cette phase sont :

- les entretiens téléphoniques menés lors de la phase précédente ;
- une réunion de travail avec différents acteurs de la filière le 1 juin à Paris.

La liste des participants à la réunion de travail est reprise dans le tableau ci-dessous.

Nom	Organisation
BONJEAN Anne-Charlotte	ADEME
BUDD Shahin-André	Samsung
CAVROIS Vincent	SBE
CHERON Laurent	Cheron Fils
CHOMBART Jean-Charles	SNT Duriez
CLEMENT Marion	SDS
COELHO José	Solvarea
COPPENS Mélanie	RDC Environment
COURET Joël	FEDELEC
DE CUETOS Philippe	AFNUM
GHERSBRAHAM Hakima	GIMELEC
GREGOIRE Stéphane	ENVIE LE LABO
ISAAC Alexandre	Repair Academy
LEBOUBE Damien	Fnac-Darty
PAUTROT Alain	Groupe SEB
SIAT Jérôme	Alphitan
MONIER Florence	SIRMELEC
NYSSENS Alice	RDC Environment
REGNIER Anaïs	GIFAM
TERRASSSE François	BSH
VONDERSCHER Flavie	HOP

Tableau 3: Participants au GT

Le planning de cette réunion de travail était le suivant :

- Partie 1 : Lister, qualifier et prioriser les actions
  - Réflexion individuelle
    - Lire les actions identifiées lors de la phase 1
    - Lister les autres idées
  - Travail en trois sous-groupes
    - Mise en commun des idées
    - Lister les actions retenues par le groupe sur les post-it
    - Qualifier les actions retenues en complétant un tableau
  - Synthèse des actions par les trois sous-groupes en plénière et priorisation
- Partie 2 : Planifier les actions ➔Cette partie n'a pas été faite par manque de temps. Cependant, cela dépassait l'objectif de la phase 2 de l'étude

3. Phase 1 – Concepts et analyse des modèles de réparation

3.1. Concepts de la réparation au composant et au sous-ensemble

Un premier objectif de l'étude est de poser un cadre général sur ce qu'est la réparation au composant et ce qu'elle englobe (produits concernés, opérations à réaliser…) et ce qu'est la réparation au sous-ensemble. Ce cadre a servi de base pour la réalisation de l'enquête auprès des réparateurs.

Notes :

- Des concepts généraux ont été formulés dans le cadre de cette étude exploratoire, même si les concepts de composant et sous-ensemble peuvent varier d'une catégorie d'EEE à une autre.
- La proposition de cette étude ci-dessous s'appuie notamment sur des éléments de définitions existants dans de la norme européenne EN 4555 et dans le dictionnaire de l'International Electrotechnical Commission (voir Annexe A).
- La proposition ci-dessous n'est pas la définition retenue par tous les acteurs, notamment certains fabricants qui considèrent que la réparation au composant doit inclure simultanément les 3 cas cités et non pas l'un ou l'autre des cas.

La réparation au composant d'un équipement électrique et électronique nécessite de réparer ou remplacer une ou plusieurs pièces (composants) électrique(s) ou électronique(s) d'un sous-ensemble (pièce détachée) faisant partie de l'équipement électrique et électronique, dans un ou des cas suivants :

- via une technique de démontage complexe et/ou longue (ex : soudure, micro-soudure) qui peut détruire ou nuire à l'utilisation prévue du composant;
- nécessitant un diagnostic complexe et du matériel spécifique ;
- pour lesquelles les pièces de rechange (=composants) ne sont pas mises sur le marché et/ou en service par les fabricants des équipements électriques et électroniques sous forme de pièces détachées destinées aux utilisateurs finaux.

La réparation au sous-ensemble (pièce détachée) d'un équipement électrique et électronique nécessite de séparer une pièce détachée ou un groupe de pièces détachées (sous-ensemble) faisant partie de l'équipement électrique et électronique via une technique de séparation simple ou rapide, sans qu'un des trois cas décrit ci-dessus n'est rencontré, et de remplacer cette pièce détachée ou ce groupe de pièces détachées (sous-ensemble).

Note : un composant est la plus petite pièce de l'équipement électrique et électronique disponible en tant que pièce de rechange sur le marché. Cela veut dire qu'il faut que le composant soit disponible sur le marché, via le fabricant d'équipement électrique et électronique, le fabricant de sous-ensembles ou le distributeur de pièces de rechange.

Un composant peut être :

- Électronique :
  - Hardware ou passif (ex : résistance, condensateur, etc.)
  - Software ou actif (ex : puce programmée, circuit intégré, etc.),
- Électrique (ex : pompe, moteur, etc.) ;

3.2. Analyse des modèles de réparation – EEE grand public

3.2.1. Collecte des données

3.2.1.1. Résultats principaux de l'enquête en ligne auprès des réparateurs

NB : Les résultats de l'enquête ne sont pas représentatifs de la population d'entreprises faisant de la réparation d'EEE. Les répondants ne sont pas représentatifs de la diversité de la population sondée. Pour rappel, le questionnaire a été diffusé auprès de 15 854 destinataires avec les codes NAF suivants : 3313Z (incluant aussi la réparation électronique de cartes industrielles), 4741Z, 4742Z, 4743Z, 4754Z, 9511Z, 9512Z, 9521Z, 9522Z et 9529Z. 464 réponses au questionnaire ont été obtenues soit 2,9 % des destinataires. La majorité des réponses obtenues (environ 85%) viennent de destinataires avec les 3 codes NAF suivants :

- 9511Z :Réparation d'ordinateurs et d'équipements périphériques
- 9521Z : Réparation de produits électroniques grand public
- 9522Z : Réparation d'appareils électroménagers

L'ensemble des résultats de l'enquête sont présentés en annexe.

3.2.1.1.1. Activité de réparation

Sur les 436 répondants à l'enquête en ligne, 72 % réparent au composant.

La réparation au composant (cf. Tableau 10 en annexe) est

- Fortement réalisée dans les entreprises de :
  - Réparation de produits électroniques grand public (95 répondants sur 100 soit 95% réparent au composant) ;
  - Réparation d'appareils électroménagers (100 répondants sur 126 soit 79 % réparent au composant) .
  - Réparation de matériels électroniques et optiques (9 répondants sur 10 soit 90% réparent au composant) ;
- Souvent réalisée dans les entreprises de :
  - Réparation d'ordinateurs et d'équipements périphériques (87 répondants sur 150, soit 58% réparent au composant)
  - Réparation d'équipements de communication(13 répondants sur 24, soit 54% réparent au composant)
  - Commerce de détail d'appareils électroménagers en magasins spécialisés (11 répondants sur 17, soit 65% réparent au composant)

3.2.1.1.2. Activité de réparation au composant

Selon l'enquête (cf. figure ci-dessous), les catégories de produits les plus réparés au composant sont :

- Électronique grand public ;
- Gros électroménagers ;
- Petits électroménagers ;
- Informatique ;
- Téléphonie.

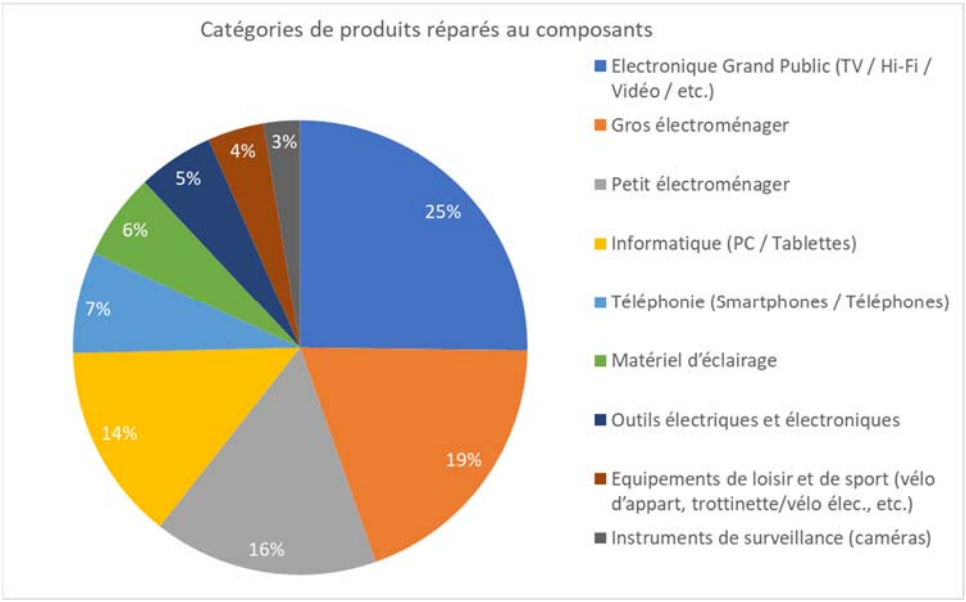


Figure 1: Catégories de produits réparés au composant

Le graphe ci-dessous montre que, globalement, pour chaque catégorie de produit, environ 30 % des réparateurs réparent plus de 5 équipements sur 10 au composant. C'est l'électronique grand public qui rencontre le taux de réponse le plus élevé pour la réparation de plus de 5 équipements sur 10 : 42 % des réparateurs réparent plus de 5 équipements sur 10 au composant.

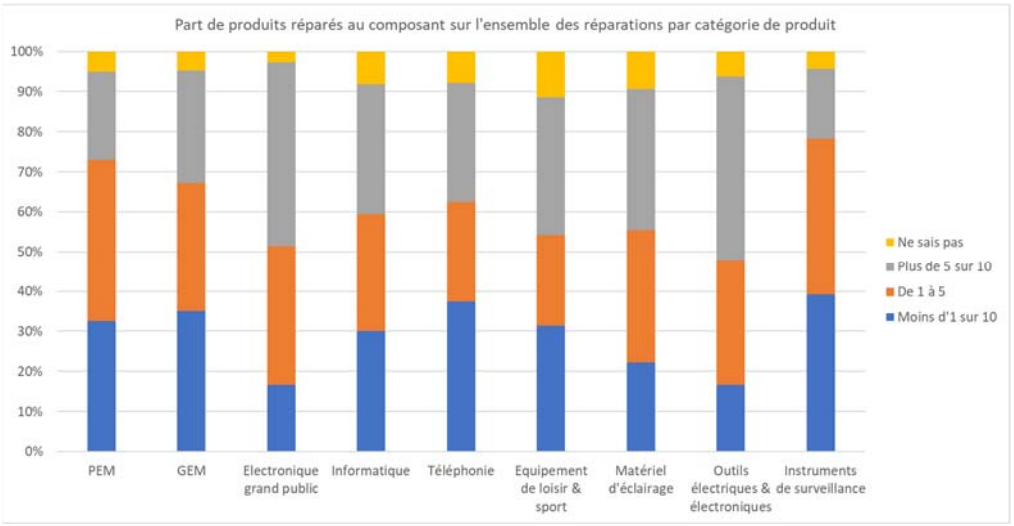


Figure 2: Part de produits réparés au composant sur l'ensemble des réparations par catégorie de produit

3.2.1.1.3. Raisons de réparer au composant

Selon l'enquête (cf. Tableau 11 en annexe), les 5 principales raisons de réparer au composant sont :

- Le technicien a les compétences pour le faire ;
- Cela fait baisser le coût de la réparation pour le consommateur ;
- C'est motivant sur le plan environnemental ;
- Lorsque c'est la seule solution pour réparer l'appareil ;
- Lorsque les sous-ensembles ne sont pas ou plus disponibles.

En regardant par code NAF, on observe des petites différences en fonction de l'activité de l'entreprise mais celles-ci restent marginales.

Avec un focus sur le prix de la réparation, on remarque que 60% des répondants indiquent que la réparation au composant permet très souvent de diminuer le prix de la réparation.

Fréquence	Pourcentage
Très souvent (dans plus de 60% des cas)	59,7 %
Dans la moitié des cas environ	15,8 %
Parfois (entre 10% et 40% des cas)	13,7 %
Exceptionnellement (dans 5% des cas environ)	1,8 %
Jamais	1,2 %
Sans avis sur le sujet	7,8 %

Tableau 4: La réparation au composant permet de diminuer le prix des réparations

En regardant par code NAF (cf. Figure 18 en annexe), il ressort que la réduction du prix de la réparation grâce à la réparation au composant plutôt qu'au sous-ensemble est le plus important pour les appareils électroménagers, et ensuite par ordre d'importance : les produits électroniques, les ordinateurs et équipements périphériques, les matériels électroniques et optiques et finalement les équipements de communication.

Selon 51% des répondants (cf. tableau ci-dessous), la réparation au composant permet très souvent de sauver les appareils (pièce introuvable, trop chère, etc.) .

Fréquence	Pourcentage
Très souvent (dans plus de 60% des cas)	51 %
Dans la moitié des cas environ	20,3 %
Parfois (entre 10% et 40% des cas)	20,3 %
Exceptionnellement (dans 5% des cas environ)	3,9 %
Jamais	0,6 %
Sans avis sur le sujet	3,9 %

Tableau 5: La réparation au composant permet de sauver des appareils condamnés (pièce introuvable, trop chère, etc.)

3.2.1.1.4. *Besoins pour réparer au composant*

Selon l'enquête, les principaux besoins des réparateurs pour réaliser plus de réparation au composant concernent (cf. Tableau 13 en annexe) :

- L'accès à la documentation technique (dont les schémas de cartes électroniques) ;
- l'accès aux softs pour programmer directement les circuits mémoires ;
- et la facilité à se procurer les composants.

3.2.1.1.5. *Raisons de ne pas réparer au composant*

Selon l'enquête, les principales raisons de ne pas réparer au composant sont (cf. Tableau 14 en annexe) :

- Pas de formation électronique ou aucune expérience dans ce domaine ;
- Trop de difficultés pour identifier le(s) composants défectueux ;
- Il faudrait investir dans de l'outillage adapté ;
- Les schémas de cartes sont difficiles à obtenir ;
- Cela prend trop de temps.

En regardant par code NAF (cf. Figure 22: Raisons de ne pas réparer au composant par code NAF en annexe), on observe que :

- Pour les matériels électroniques et optiques il y a 2 raisons indiquées à 50 % - 50 % (cela prend trop de temps et les schémas des cartes sont difficiles à trouver) ;
- Pour les autres catégories les raisons sont diverses et l'importance de chaque raison varie d'une catégorie à l'autre, avec comme principales raisons :
    - Pas de formation électronique ou aucune expérience dans ce domaine ;
    - Il faut investir dans de l'outillage adapté ;
    - Les schémas des cartes électroniques sont difficiles à obtenir ;
    - Trop de difficulté pour identifier le(s) composant(s) défectueux.

3.2.1.1.6. *Formations*

Selon l'enquête, peu de réparateurs (32 %) ont suivi une formation abordant la réparation au composant. Parmi ceux qui ont suivi des formation, 56% ont indiqué la formation initiale (Bac MAVELEC, diplôme AFPA ou autre), 30 % ont indiqué la formation continue spécifique (un seul type de produit) et 13 % ont indiqué la formation continue généraliste (plusieurs types de produits). (cf. Figure 24 en annexe).

3.2.1.2. Vision des fabricants

Sur bases des entretiens avec l'AFNUM et le GIFAM et leurs adhérents

- Les freins à la réparation sont :

- Technicité et équipements nécessaires : Certains composants ne peuvent pas être réparés par les acteurs de la réparation car certaines opérations sont techniquement complexes et nécessitent des équipements professionnels, voir industriels (ex : microsoudure BGA et diagnostic via machine à rayons X). Ceci expliquerait un taux de succès des réparations au composant relativement faible.
- Miniaturisation des cartes électroniques : Dans une démarche d'écoconception de leur produit, la plupart des fabricants essayent de miniaturiser leurs cartes électroniques. Cette miniaturisation permet de diminuer le poids des pièces avec un changement de facteur 2 à facteur 4 sur les composants. Ceci rend impossible la réparation au composant. Pour faciliter la réparation au composant, les fabricants seraient contraints de faire des adaptations pour pouvoir remplacer un composant.
- Déséquilibre et inefficacité économique : Il existe des composants qui nécessitent d'une part des équipements professionnels spécifiques et d'autre part nécessitent un temps considérable de main d'œuvre au regard de la complexité et de la technicité de sa réparation. En dessous d'une certaine puissance du sous-ensemble (ex: moteur) pour les EEE professionnels et en dessous d'une certaine valeur d'usage restante du produit pour les EEE grand public, il n'est donc pas rentable pour le consommateur/client de faire réparer au composant d'un point de vue économique. Par ailleurs, une fois que le diagnostic est réalisé, que l'appareil est testé puis réparé, le taux d'échec de la réparation au composant n'est pas négligeable
- Temps d'immobilisation du produit plus important : Lors de réparation sous garantie, les consommateurs/clients ne sont pas souvent disposés à attendre. Et s'il lui faut attendre quelques jours, les consommateurs/clients préfèrent avoir un équipement de remplacement plutôt qu'une réparation. Si la réparation au composant est complexe et prend trop de temps, le consommateur/client ne va pas vouloir attendre ce temps supplémentaire, même si la réparation sera moins chère.

- Les craintes concernant la réparation au composant par des réparateurs sont :
    - Non-conformité aux normes de sécurité et de risques pour le consommateur : La réparation au composant implique de devoir faire des tests pour valider la réparation et valider la conformité du produit. Les fabricants craignent que cela ne soit pas fait par les réparateurs. En effet, si le réparateur remplace un composant défectueux par un composant similaire mais pas identique, le produit ne sera plus conforme au marquage CE. Le remplacement par un réparateur d'un composant (listé dans les normes comme présentant un risque pour la sécurité des consommateurs) sans réaliser les tests LVD et EMC pourrait représenter un danger pour le consommateur lors de l'utilisation du produit (court-circuit, choc électrique, feu).
    - Enjeu de sécurité lors de l'utilisation par le client/pour le consommateur : Il faut garantir la sécurité des personnes qui utilisent les équipements électriques et électroniques. Les fabricants craignent que les réparateurs ne maitrisent pas les risques inhérents. En effet, si le réparateur remplace un composant défectueux par un composant similaire mais pas identique, le produit ne sera plus conforme au marquage CE. . Le remplacement par un réparateur d'un composant (listé dans les normes comme présentant un risque pour la sécurité des consommateurs) sans réaliser les tests LVD et EMC pourrait représenter un danger pour le consommateur lors de l'utilisation du produit (court-circuit, choc électrique, feu).
    - Enjeu de qualité de la réparation et fiabilité des produits : La réparation au composant peut impliquer un risque de dégradation de certains composants connexes et entrainer une mauvaise réparation sur le produit.
    - Image de la marque : Les fabricants craignent que, lorsque la réparation au composant se passe mal, les consommateurs/clients auront une mauvaise image du produit et donc de la marque, même si c'est la faute du réparateur.

3.2.2. Bilan comparatif des modèles de réparation

3.2.2.1. Acteurs

Selon les réparateurs interrogés, la réparation au composant est principalement réalisée par des entreprises de réparation non agréées par les fabricants. Celles-ci sont soit uniquement spécialisées dans la réparation soit également dans la vente.

Selon les acteurs interrogés, quelques distributeurs ou réparateurs agréés par les fabricants et quelques fabricants font également de la réparation au composant mais ceci reste marginal. Ces distributeurs ou réparateurs agréés ont la capacité et les compétences de réaliser de la réparation au composant mais ne le font que si les fabricants fournissent les composants et s'ils ont accès à la documentation technique. En effet, ces acteurs suivent le cahier des charges de leurs agréments pour la réparation. Si le fabricant met à disposition uniquement des sous-ensembles alors ils vont aller réparer au sous-ensemble. Si certains fabricants fournissent des composants alors ils vont réparer au composant.

Selon ASWO, le marché français a une singularité par rapport aux autres pays européens. Ce sont principalement les distributeurs qui garantissent le service de réparation. Les distributeurs assurent la réparation et le SAV pendant les périodes de garantie légale sauf lorsque le constructeur en décide autrement. Dans les autres pays européens, les fabricants d'EEE ont leurs propres techniciens pour la réparation sous garantie. La distribution européenne est moins orientée sur le service qu'en France. Les gros distributeurs (Boulanger, Fnac-Darty) sont les plus gros acteurs de la réparation en France. Ces distributeurs vendent également des extensions de garantie. Ce modèle économique dans lequel les fabricants veulent vendre des équipements ou sous-ensembles neufs et les distributeurs veulent vendre leur service de réparation (au sous-ensemble et au composant) ne facilite pas la réparation au composant.

3.2.2.2. Produits

3.2.2.2.1. Famille de produits

Historiquement, la réparation au composant a commencé par les télévisions, la hifi, et la radio. Depuis lors, la réparation au composant est réalisée sur la majorité des catégories d'équipements électriques et électroniques :

- Matériel grand public : Selon l'enquête, 46 % des réparateurs réparent au composant plus de 5 équipements sur 10. Cela concerne principalement les téléviseurs, chaines hifi, amplificateurs, haut-parleurs, baffles portables, lecteurs DVD, … ;
- Gros électroménagers : Selon l'enquête, 28 % des réparateurs réparent au composant plus de 5 équipements sur 10 et 32 % des réparateurs réparent au composant entre 1 et 5 équipements sur 10. Cela concerne principalement les lave-linges, sèche-linges, fours, réfrigérateurs, hottes, plaques de cuisson, … ;
- Petits électroménagers : Selon l'enquête, 22 % des réparateurs réparent au composant plus de 5 équipements sur 10 et 40 % des réparateurs réparent au composant entre 1 et 5 équipements sur 10. Cela concerne principalement les aspirateurs, fours à micro-ondes, cafetières, grille-pains, yaourtières, machines à bière, robots ménagers, … ;
- Petits équipements informatiques et de télécommunications : Selon l'enquête, 32 % des réparateurs réparent au composant plus de 5 équipements sur 10 et 27 % des réparateurs réparent au composant entre 1 et 5 équipements sur 10. Cela concerne principalement les PC portables, ordinateurs, smartphones, tablettes, … ;
- Matériel d'éclairage Selon l'enquête, 35 % des réparateurs réparent au composant plus de 5 équipements sur 10 et 33 % des réparateurs réparent au composant entre 1 et 5 équipements sur 10 ;
- Outils électriques et électroniques : Selon l'enquête, 46 % des réparateurs réparent au composant plus de 5 équipements sur 10 et 31 % des réparateurs réparent au composant entre 1 et 5 équipements sur 10. Cela concerne principalement les perceuses, scies, visseuses, … ;
- Équipement de loisir et de sport : Selon l'enquête, 34 % des réparateurs réparent au composant plus de 5 équipements sur 10 et 23 % des réparateurs réparent au composant entre 1 et 5 équipements sur 10. Cela concerne principalement les consoles de jeux, … ;
- Instruments de surveillance : Selon l'enquête, 17 % des réparateurs réparent au composant plus de 5 équipements sur 10 et 39 % des réparateurs réparent au composant entre 1 et 5 équipements sur 10.

Selon des acteurs interrogés (notamment AGORA, FEDELEC et HOP) la mise à disposition des documentations techniques par les fabricants, le progrès technologique[4], le prix des produits neufs et/ou des composants sont les principaux éléments qui jouent sur l'historique et l'évolution des activités de réparation au composant. Par exemple :

- Télévisions : auparavant la réparation des télévisions à tube cathodique était souvent au composant. Depuis plusieurs années, cette pratique disparait vue l'évolution technologique (LCD LED[5], OLED[6]).
- Smartphones : le smartphone étant un produit relativement nouveau, le développement de la réparation au composant des smartphones est freinée car il n'y a jamais eu de partage des schémas de cartes électroniques et autres documentations techniques par les fabricants.
- Lave-linges : la réparation au composant électronique (carte de puissance, carte de commande) sur les lave-linges était plus réalisée par le passé car le prix des produits neufs était plus élevé qu'aujourd'hui. Aujourd'hui, la valeur résiduelle du produit lors de la panne est plus faible et la réparation est donc moins avantageuse que l'achat d'un produit neuf.
- Petits électroménagers : ils sont moins réparés au composant car les composants coûtent plus cher que les sous-ensembles ou que le produit neuf.

Un frein identifié par des fabricants interrogés est le temps d'attente pour la réparation. En fonction des équipements concernés, les consommateurs ne veulent pas attendre longtemps. Par exemple, pour un smartphone, le délai doit être plus court qu'une journée mais pour une imprimante un délai d'une

[4] Si la vitesse d'innovation est trop rapide, le volume de produits à réparer au composant n'est pas suffisamment élevé pour que la demande de ses composants puisse créer un nouveau marché de composants.

[5] Liquid Crystal Display (LCD) Light-Emitting Diode (LED)

[6] Organic Light-Emitting Diode (OLED)

semaine est accepté. Certains consommateurs préfèrent acheter un appareil neuf et pas cher plutôt que d'attendre pour réparer le produit. C'est pour cette raison que la plupart des réparateurs prêtent du matériel durant le temps de réparation.

3.2.2.2.2. *Composants*

Selon les acteurs interrogés, la réparation au composant est le plus souvent réalisée pour des composants électroniques. Parmi ceux-ci, les composants de type hardware sont plus souvent remplacés que les composants électroniques associé à un logiciel de contrôle car ces derniers font intervenir des logiciels et que les fabricants ne transmettent généralement pas les clés pour réinitialiser les logiciels des composants.

Les sous-ensembles qui peuvent être réparés au composant selon les acteurs interrogés sont repris dans le tableau ci-dessous (liste non exhaustive).

	Sous-ensembles	Composants
Électroniques	Cartes électroniques (de contrôle, de puissance, de commande ou d'alimentation)	Composants traversants Composants montés en surface : fusibles, résistances, condensateurs, semi-conducteurs (diodes, transistors, triacs, thyristors, circuits intégrés, etc.), bobines, trimmers Puces / BGA / Circuit prédiffusé programmable (FPGA) Relais de commande ou de puissance Connecteurs Optocoupleur
	Dalles/écrans	Barre de LED Partie tactile Couche de verre protectrice
Électriques	Moteurs	Balais Tachymètre Circuit magnétique Enroulement / bobinage Palier Flasque
	Pompes	Résistance Garniture mécanique Turbine Aube
	Répartiteur d'eau	Microcontact
	Tambour	Capteur ILS (interrupteur magnétique)

Tableau 6: Sous-ensembles qui peuvent être réparés au composant

Note : sur certains appareils, la réparation ne porte que sur les composants électroniques (ex : pc portable, smartphone, cafetière) et sur d'autres appareils, la réparation porte sur les composants électroniques et électriques (ex : lave-linge). Par exemple, selon les réparateurs interrogés, sur un lave-linge il est possible de remplacer :

- Des composants électroniques :
  - Les régulateurs, condensateurs, résistances, transformateurs, circuits intégrés et triacs sur la carte électronique ;
  - La soudure sèche sur le relais de chauffage.
- Ces composants électriques :
  - Les charbons, roulements, paliers et tachymètres sur le moteur ;
  - Les bobines sur l'électrovanne.

Différents freins à la réparation au composant liés à la fabrication des sous-ensembles ont été soulevés par les acteurs interrogés, en fonction des types de sous-ensembles, notamment :

- Cartes électroniques :
  - Microprocesseur : miniaturisation des composants des cartes électroniques : Les composants sont directement intégrés dans la puce (ou plus exactement le SoC « System on a chip »). Par exemple, pour certains équipements, les transistors, la RAM et la mémoire vive sont intégrés dans le microprocesseur. Ceci empêche de réparer au composant un microprocesseur.
  - Impressions multicouches sur cartes électroniques empêchant d'atteindre facilement les composants des cartes électroniques ;
  - Résines sur les cartes électroniques. La raison mentionnée par les fabricants est que cela permet d'éviter l'oxydation lors de l'exportation.;
  - Circuits intégrés billés (avec des billes de soudure) sur la carte électronique au lieu d'être reliés par un câble sur la carte électronique. Cela rend la réparation plus complexe et nécessite des compétences spécifiques ;
  - Si les pâtes de soudure sur la carte électronique se trouvent en dessous du composant alors cela rend la microsoudure impossible. Le technicien réalise de la microsoudure uniquement lorsque les pâtes de soudure sont visibles.
  - Le vernis de tropicalisation et silicone sur les cartes électroniques[7] : Il y a un risque d'endommager la carte lors de la réparation d'une carte électronique vernie car il faut enlever le vernis avec des produits chimiques ou en grattant localement sur le composant à remplacer.
  - Si la qualité de la carte électronique est faible, alors elle ne résistera pas à la chaleur lors du dessoudage.
- Dalles / écrans :
  - Les dalles de TV sont parfois collées. Il faut utiliser un décapeur thermique avec une ventouse pour réparer au composant (remplacer une barre LED).

Par ailleurs, un frein à la réparation lié à une mauvaise utilisation de l'appareil par le consommateur a été soulevé par un acteur de la réparation. Par exemple, la carte électronique du smartphone peut être pliée et abimée lorsqu'un consommateur met son smartphone dans la poche arrière du pantalon et s'assoit dessus. Ceci la rendrait non réparable au composant étant donné que les pistes de la carte sont décollées ou cassées.

Différents leviers à la réparation au composant ont été soulevés par les acteurs interrogés :

- Dans certains cas, lorsqu'on change une carte électronique, il faut changer d'autres sous-ensembles qui ne sont plus compatibles avec la nouvelle version de la carte électronique disponible pour l'appareil. Il est alors préférable de réparer au composant pour ne pas tout remplacer et augmenter le prix de la réparation.
- Sur les composants sur lesquels il y a des risques, il est souvent indiqué le nom du fabricant et la référence du fabricant. Si le composant n'a pas brulé ou ne s'est pas oxydé, le réparateur peut acheter le composant identique.

3.2.2.2.3. Sous et/ou hors garantie

Lorsqu'un EEE est sous garantie, le réparateur doit réparer ce EEE avec les pièces de rechange proposées par le fabricant.

Selon les réparateurs interrogés, les EEE sous garantie sont majoritairement réparés au sous-ensemble car peu de fabricants mettent à disposition des composants. Si un réparateur ouvre le sous-ensemble pour réparer au composant sans autorisation du fabricant, alors l'équipement sort de la garantie et le consommateur n'est pas remboursé par le fabricant pour le composant acheté et les opérations de réparation réalisées.

[7] Les vernis et laques sont les matériaux de revêtement appliqués sur les cartes de circuit imprimé pour protéger la carte et ses composants de la corrosion et de l'environnement extérieur (ex : poussière).

Lorsqu'un EEE est hors garantie, il peut être réparé au composant ou au sous-ensemble, en fonction du réparateur, de l'impact économique et de la durée d'immobilisation (au choix final du consommateur). La réparation au composant est principalement réalisée sur des EEE hors garantie, contrairement à la réparation au sous-ensemble qui est réalisée sur des EEE sous garantie et hors garantie.

3.2.2.2.4. Lieu de réparation

Selon les fabricants et les réparateurs, le lieu de la réparation au composant ou au sous-ensemble (à l'atelier du réparateur ou chez le consommateur) dépend de plusieurs éléments, notamment :

- De la fiabilité du pré-diagnostic à distance ;
- De la taille de l'équipement à réparer ;
- Des outils nécessaires pour la réparation ;
- De la rapidité du diagnostic de la panne.

La **réparation au composant** est principalement réalisée en atelier. Les différentes raisons évoquées par les acteurs interrogés sont :

- La difficulté d'identifier le composant défectueux lors d'un pré diagnostic par téléphone ou appel vidéo pour une réparation au composant ;
- La réparation à domicile nécessiterait plusieurs trajets (un pour le diagnostic et un pour la réparation) et augmenterait le coût de la réparation ;
- La fragilité des composants et le risque de les abimer dans le transport chez le consommateur ;
- Le besoin d'outils spécifiques pouvant être encombrants ;
- Le besoin d'un environnement assez grand et sans poussière ;
- Un diagnostic nécessitant d'avoir le produit et pouvant prendre du temps.

Le réparateur emmène à l'atelier de réparation soit le sous-ensemble d'un produit (ex : carte électronique) soit l'appareil entier.

Cependant, certains réparateurs font de la réparation au composant chez le consommateur pour les gros électroménagers et les téléviseurs, avec des outils portables (oscilloscope, multimètre, poste à soudage portable) et les différents composants pouvant convenir à la panne pré-diagnostiquée. Étant donné que ces appareils sont réparés au sous-ensemble chez le client pour réduire les frais de transport et réduire la facture du client, il faut que la réparation au composant soit compétitive sur ces appareils-là. Selon des fabricants interrogés, la réparation au composant chez le client n'est pas rentable car le pré-diagnostic par téléphone n'est pas possible et engendre des transports supplémentaires et non faisables car cela nécessite des outils non transportables chez le client.

Selon les acteurs interrogés, la **réparation au sous-ensemble** est faite chez le consommateur pour les gros électroménagers (sauf s'il y a un décuvage à faire sur une machine à laver ou un lave-linge par exemple) et les téléviseurs et en atelier pour les autres catégories de produits.

3.2.2.3. Pièces, équipements et outillages nécessaires pour la réparation

3.2.2.3.1. Pièces

DISPONIBLITE

Selon les réparateurs interrogés, la première étape est de regarder si la pièce est disponible chez le fabricant avant d'aller solliciter d'autres acteurs. Certains fabricants mettent à disposition des composants (par *exemple, certains fabricants de smartphone (ex : Motorola et Huawei) mettent certains composants (ex : condensateurs, diodes) à disposition et certains fabricants de TV (ex : Vestel) fournissent des barres de LED pour réparer au composant)* mais cette pratique reste marginale. Les fabricants d'EEE ne fabriquent pas eux-mêmes les composants de leurs produits et soulignent qu'ils n'ont pas le pouvoir de décision sur la mise à disposition des composants produits par des producteurs tiers. Les producteurs de composants ne mettent pas souvent des composants à disposition des fabricants d'EEE.

Notes : les fabricants conçoivent l'équipement (design, architecture technique, cahier des charges des sous-ensembles) et commandent la plupart des sous-ensembles auprès de producteurs tiers. Ces

producteurs tiers collaborent eux-mêmes avec des producteurs de composants. Après réception des sous-ensembles, les fabricants d'EEE réalisent l'assemblage de leurs produits.

Étant donné que peu de fabricants mettent à disposition des composants, les réparateurs vont ensuite solliciter :

- **Les distributeurs de pièces détachées** tels que ASWO et SDS :
  - ASWO vend des pièces détachées (sous-ensembles et composants) d'origine ou des pièces équivalentes pour les petits et gros électroménagers, le matériel grand public, les petits équipements informatiques et de télécommunication, le matériel d'éclairage et les outils électriques et électroniques. ASWO a une base de données de plus de 50 000 références de composants électroniques (actifs ou passifs). En 2022, ASWO a vendu 400 000 composants en France.
  - SDS vend des pièces détachées (sous-ensembles et composants) d'origine ou des pièces équivalentes pour le petit et gros électroménager, le matériel grand public, et les petits équipements informatiques et de télécommunication. SDS vend 1 million de pièces par an dont 15%-20% de composants.
  - ASWO et SDS livrent dans les 24h à 48h partout en France.
- **Les distributeurs spécialisés dans la vente de composants** tels que Farnell, RS Composants et Conrad : ces distributeurs fournissent des composants de qualité aux distributeurs de pièces détachées (notamment SDS) et aux réparateurs. Ils livrent dans les 24h à 48h partout en France. Selon les réparateurs, certains distributeurs de composants achètent des sous-ensembles en Chine et les démantèlent pour vendre les composants à l'unité.
- **La récupération de composants sur d'autres appareils ou sous-ensembles stockés chez le réparateur** : cette pratique, réalisée par certains réparateurs, est possible car certains composants ne s'usent pas et ne vieillissent pas (ex : une résistance). Les sous-ensembles (ex : cartes électroniques) ne prennent pas beaucoup de place et permettent un stockage facile afin d'extraire les composants quand le réparateur en a besoin. Par ailleurs, une carte électronique en bon état est parfois utilisée pour vérifier sur un autre appareil que c'est bien ce sous-ensemble qui est défectueux. Selon des fabricants interrogés, la récupération d'un composant sur un appareil augmente le risque d'endommager le composant s'il n'est pas dessoudé et ressoudé dans de bonnes conditions.
- **La plateforme de vente directe de pièces détachées entre réparateurs de SDS** : SDS a récemment lancé une plateforme pour la vente directe de pièces détachées dormantes ou extraites de sous-ensembles (seconde main) entre réparateurs ;
- **Les plateformes de vente non spécialisées telles que AliExpress** : cette plateforme permet de commander des pièces 10 à 50 fois moins chères que chez les distributeurs de pièces détachées tels que SDS ou ASWO ou de commander des pièces qui ne sont pas disponibles auprès de ces distributeurs. La difficulté est d'identifier le fournisseur du composant et la qualité du composant (aucun contrôle/vérification faite par AliExpress). Il n'est jamais clairement indiqué si la pièce est d'occasion ou neuve. Et même si le composant est neuf, on ne sait pas d'où il vient et pourquoi il est vendu sur AliExpress (peut-être défaut d'origine). Cette plateforme est souvent utilisée en dernier recours.
- **Les sites de seconde main** tels qu'Ebay ou Leboncoin : L'achat de composants se fait par ce biais lorsque le réparateur doit pallier l'indisponibilité définitive de pièce détachée dans des réseaux plus traditionnels.

En général, les réparateurs s'approvisionnement en grosse quantité pour les composants régulièrement remplacés pour éviter les problèmes d'approvisionnement, raccourcir les délais de réparation et réduire les frais de port. L'objectif visé par les réparateurs est de pouvoir réparer un équipement en 48h et en fonction du fournisseur, il arrive que les commandes de pièces détachées viennent par bateau en 8 semaines ou en avion en 2 semaines.

Selon les réparateurs interrogés, certains composants électriques ou électroniques (ex : résistances, condensateurs) sont facilement disponibles sur le marché (via les acteurs décrits ci-dessus) car ce sont des composants standards où des équivalences entre marques peuvent être trouvées. Mais d'autres composants (ex : microprocesseurs propriétaires) peuvent être compliqués à trouver sur le marché car ce sont des composants spécifiques et que certains fabricants de composants ne le commercialisent pas.

Des Règlements européens sur l'écoconception obligent les fabricants de certaines catégories de produits à mettre à disposition des réparateurs des pièces de rechange, comprenant notamment certains composants, pendant une certaine durée.

- Règlement européen 2019/2021 de la Commission, du 01/10/2019, fixant des exigences d'écoconception pour les dispositifs d'affichage électroniques indique que « *les fabricants*

ou les importateurs de dispositifs d'affichage électroniques, mettent à la disposition des réparateurs professionnels au minimum les pièces de rechange suivantes: […], les ***connecteurs*** *pour connecter les équipements externes, les* ***condensateurs****, […], pendant une période minimale de sept ans après la mise sur le marché de la dernière unité du modèle.* »

- Règlement européen 2019/2023 de la Commission, du 01/10 2019 établissant des exigences en matière d'écoconception applicables aux lave-linge ménagers et aux lave-linge séchants indique « *les fabricants ou importateurs de lave-linge ménagers et de lave-linge séchants ménagers, mettent à la disposition des réparateurs professionnels au moins les pièces de rechange suivantes, pendant une période d'au moins 10 ans après la mise sur le marché de la dernière unité du modèle concerné: […],* ***balais*** *de moteur, transmission entre moteur et tambour, […],* ***roulements*** *correspondants, […],* ***capteurs****,* ***logiciels*** *et* ***micrologiciels****, y compris* ***logiciels de réinitialisation****.* »

Les **sous-ensembles** sont disponibles via

- **Les fabricants d'EEE** ;
- **Les distributeurs de pièces détachées** tels que ASWO, SDS, SPAREKA, SOS Accessoires et EPGC. Ils livrent dans les 24h à 48h partout en France ;
- **La récupération de sous-ensembles sur d'autres appareils** : la récupération de sous-ensembles en bon état sur des appareils qui vont être envoyés en recyclage est une pratique courante.

Suivant la réglementation française (Décrets pièces détachées) et européenne (Directive européenne établissant un cadre pour la fixation d'exigences en matière d'écoconception applicables aux produits liés à l'énergie) en vigueur, le fabricant d'équipement électrique et électronique est obligé d'avoir des sous-ensembles en stock pour les réparateurs pendant 5 à 10 ans, en fonction des catégories de produits. Ceci n'est pas le cas pour les composants.

Suite à la loi AGEC, les fabricants sont obligés de mettre à disposition des réparateurs les sous-ensembles dans un délai de 15 jours. De plus, un projet de Règlement européen d'écoconception de smartphones et tablettes pourrait obliger les fabricants à mettre à disposition des réparateurs les sous-ensembles dans un délai de 5 jours. Ce projet de règlement européen sera normalement publié d'ici à la fin de l'année 2023[8]. Il est également compris que la documentation liée à la réparation fournie devra être précise et complète (en plus d'être disponible pendant sept ans). Ce dernier point pourrait favoriser la réparation au composant.

Selon les réparateurs interrogés, certaines réparations au composant permettent de sauver un appareil où le sous-ensemble n'est plus disponible. Par exemple, lorsqu'un ancien téléviseur tombe en panne car la carte-mère est défectueuse, il est possible que la carte-mère ne soit plus disponible sur le marché. La réparation au composant permet donc de sauver l'appareil. Ceci permet de contrer l'obsolescence programmée et toute technique qui vise à rendre impossible la réparation ou le reconditionnement d'un appareil (art. L. 441-3 du Code de la consommation).

CONFORMITE EUROPEENNE

Le choix des pièces de remplacement doit tenir compte des normes de sécurité des produits. En effet les équipements électriques et électroniques vendus sur le marché européen doivent être soumis au marquage CE (conformité européenne), garantissant aux consommateurs la sécurité du produit. Pour pouvoir apposer ce marquage, les fabricants doivent réaliser des contrôles pour s'assurer de la conformité de leurs produits, sur base d'un ensemble de Règlements et Directives européennes couvrant de nombreuses catégories de produits.

Par ailleurs, des normes industrielles (cf. Annexe A) concernant la sécurité des appareils électriques indiquent les composants électriques spécifiques à chaque produit qui peuvent présenter un risque en termes de sécurité pour les consommateurs. Les réparateurs doivent donc en tenir compte lors de la réparation des composants électroniques à risque.

[8] Au 10/03/2023, aucun article n'a été publié à ce sujet.

Selon les acteurs interrogés, les conditions à respecter pour l'utilisation de composant de rechange sont de remplacer le composant défectueux par :

- Le composant d'origine. Sa référence peut être identifiée via :
  - La nomenclature des composants du produit transmise par le fabricant ;
  - Le composant défectueux à risque sur lequel des informations (nom du fabricant, référence, numéro de la norme de sécurité) sont écrites, si le composant n'est pas brulé ou oxydé ;
  - Les plateformes Euras et Agora recensant les références des composants d'origine de certains produits.

- Un composant équivalent, identifiable par :
  - Des plateformes, par exemple Euras et Agora, recensant les références de composants équivalents validés par leurs ingénieurs ou les fabricants ;
  - La recherche du réparateur suite à la lecture des normes de sécurité liée au produit en question, l'identification des composants critiques et la recherche de composant équivalent avec les caractéristiques nécessaires pour respecter la sécurité du produit.

Les fabricants ont exprimé leurs craintes concernant le respect de la conformité européenne et la sécurité de la réparation au composant. Selon eux, le remplacement d'un composant critique par un composant similaire mais pas identique en termes de performance et de référence comporte un risque. S'il n'a pas été testé et validé pour le produit, le composant similaire pourrait engendrer une dégradation du fonctionnement de l'appareil, une dégradation de la fiabilité de l'appareil, un déclenchement d'un feu ou la création d'un choc électrique sur le client.

PRIX

En matière de prix, selon les réparateurs interrogés, dans la majorité des cas les composants électroniques et électriques coûtent moins cher que les sous-ensembles. Les composants électroniques coûtent généralement quelques centimes ou euros (entre 0.10€ et 10 €) et les consommables (colles, pates, fils) quelques centimes tandis que les sous-ensembles coûtent quelques centaines d'euros (entre 50 € et 350 €). La seule exception concerne le prix des BGA (Ball Grid Array en anglais ou la matrice des billes en français). Ceux-ci coûtent entre 20€ et 30€.

Selon les réparateurs interrogés, si la technologie d'un produit a évolué et que le remplacement d'un sous-ensemble nécessite de remplacer d'autres sous-ensembles liés, la réparation au sous-ensemble peut coûter alors plus cher que le remplacement d'un composant.

Note : les composants n'ont pas la même logistique et les mêmes obligations de mise à disposition que les sous-ensembles (pièces détachées).

3.2.2.3.2. Équipements et outillage nécessaires à la réparation

Selon les acteurs interrogés, les équipements qui peuvent être nécessaires pour la réparation au composant électronique[9] sont :

- Diagnostic et test de sécurité/fiabilité :
  - Multimètre : Cet outil permet de mesurer les tensions, l'ampérage, la résistance, la capacité et la fréquence d'un appareil. Il permet d'identifier le composant défectueux. Cet outil est transportable chez un consommateur et coûte environ 300 €.
  - Oscilloscope : Cet outil mesure la variation du niveau de tension des signaux électriques dans le temps. Certains oscilloscopes sont transportables chez un consommateur. Cela coûte entre 300 € et 4 000 €.
  - Machine à rayons X : selon des fabricants interrogés, cette machine est utilisée pour la microélectronique (ex : carte-mère imprimante). L'imagerie par rayon X permet de

[9] Les entretiens ont permis d'identifier que les équipements nécessaires pour la réparation au composant électronique. Pas d'information identifiées concernant les équipements pour la réparation au composant électrique.

voir le fonctionnement interne d'un dispositif sans en perturber l'intégrité physique. Le prix s'élève à plus de 100 000€, c'est pourquoi peu d'entreprises de réparation l'utilisent. Cependant, aucun réparateur interrogé n'utilise une machine à rayons X ou ne connait d'autres acteurs utilisant cet équipement.
    - Mesureur portable : Permet de faire le diagnostic d'équipements de froid ou climatisation. Cet outil coût entre 25 € et 5 000 €.
    - Outil de test ou de programmation électronique par marque (Ex : l'eSAM pour Whirlpool-Indesit et SideKick pour le Groupe Electrolux): Ce boitier équipé d'un logiciel permet la lecture des derniers codes défauts enregistrés dans la mémoire des modules électroniques, de connaître les hypothèses de panne en fonction du code défaut, de disposer de la procédure d'entrée dans le PAD (Programme d'aide au diagnostic) et de reconfigurer la carte de contrôle si celle-ci est mise en cause. Ces outils sont utilisés pour la réparation de gros électroménagers et coûtent entre 200€ à 500€ l'outil. Il faut quasiment un outil de programmation par marque. Cela est donc plutôt accessible pour des grosses stations techniques car l'investissement est souvent trop élevé pour un réparateur indépendant multimarque.

- Réparation :
    - Fer à souder/dessouder portable ou non : Cet outil permet d'enlever un composant ou d'ajouter un nouveau composant sur une carte électronique. La version portable est utilisée chez le client quand il y a des soudures à refaire sur une carte électronique ou une sonde de frigo à changer par exemple. Cela coûte environ 200 €.
    - Fer à air chaud : C'est un fer qui souffle de l'air chaud pour aider à dessouder un composant. Cela coûte environ 200 € à 300 €.
    - Station de soudage à air chaud pour CMS : Le pistolet à air chaud peut atteindre une température de 100 à 480 °C et de son débit d'air allant jusqu'à 120 litres par minute. Cela coûte environ 85 € à 250 €.
    - Station de soudage à infrarouge pour CMS et BGA : La lampe à infrarouges génère une température allant jusqu'à 350 °C sur une surface de 35 x 35 mm. Elle garantit un travail précis tout en ménageant les composants avoisinant la surface de chauffe. Cet outil coûte entre 500 € et 1 300 €.
    - Station de charge : Cet outil permet de décharger ou recharger un réfrigérateur en gaz. Il est transportable chez le client. Cela coûte environ 500 € à 1 500 €.

Selon les réparateurs interrogés, tous les outils cités ci-dessus sont faciles à se procurer et se trouvent chez les mêmes fournisseurs que pour la réparation au sous-ensemble.

Les freins identifiés concernant ces outils sont :

- Selon des réparateurs interrogés :
    - Il faut avoir un volume important d'équipements à réparer au composant pour standardiser la réparation et adapter sa ligne de réparation (ex : la station de soudage à infrarouge ou air chaud doit être étalonnée pour chaque composant).
    - Le réparateur fait soit appel aux compétences apprises en formation, soit il se forme lui-même à l'utilisation de cet appareil. Lors de l'achat de certains équipements, malgré la démonstration faite par le commercial de la marque de l'équipement, le réparateur doit s'entrainer sur des vieux sous-ensembles pour arriver à un bon taux de succès. Par exemple, un poste de soudage nécessite de l'entrainement pour que le réparateur obtienne un bon taux de succès sur ses soudures.

- Selon des fabricants interrogés :
    - Le coût d'investissement de certains équipements.
    - L'utilisation de ces outils spécifiques qui peut engendrer des incidents sur le lieu de travail.
    - Certains outils pour dessouder les composants qui risquent de dégrader le sous-ensemble ou les composants connexes de l'appareil.
    - Les réparateurs qui n'ont pas les capacités pour faire de la microsoudure sur du BGA car cette opération est techniquement complexe (ce composant comporte beaucoup de points de soudure invisibles à l'œil nu positionnés sous le composant, entre le PCB et la carte électronique) et nécessite un outillage adapté et une formation à l'utilisation de l'outil. Par ailleurs, selon un centre de réparation industriel, pour arriver à un bon taux de succès sur le remplacement de BGA sur smartphone ou pc portable, il faut avoir fait une mise au point du cycle de soudage

à infrarouge ou air chaud. Il faut que le technicien soit suffisamment qualifié pour calibrer l'appareil et réussir chaque opération.

Selon les acteurs interrogés, les équipements pour la réparation au sous-ensemble sont :

- Un multimètre
- Des outils de démontage : visseuse, tournevis, pinces, etc.
- Une machine pour chauffer et ouvrir l'appareil : certains équipements, comme le téléphone, sont soit collés et vissés, soit clipsés et vissés. Pour les ouvrir, il faut une machine avec ventouse et avec air comprimé. Cela a un coût important (pas d'estimation reçue de la valeur).

Selon les fabricants, les équipements pour la réparation au sous-ensemble sont moins chers que les équipements nécessaires pour la réparation au composant.

3.2.2.4. Documents techniques

Selon les acteurs interrogés, la documentation technique nécessaire à la **réparation au composant électronique et électrique** est :

- Le diagramme/schéma du sous-ensemble qui montre le fonctionnement du sous-ensemble. Par exemple :
    - Le schéma de la carte électronique : c'est un outil important qui permet au technicien de comprendre notamment la philosophie du montage, les composants utilisés et la façon dont ils sont agencés.
    - Le plan du bobinage : qui renseigne sur le nombre d'encoches, le nombre de bobines, le pas des bobines, les connexions (liaisons entre bobines) et les interconnexions (liaisons entre sections de bobines).
- La nomenclature des composants : Une nomenclature (appelée Bill of Materials en anglais), est une liste complète des matières premières, des pièces et des outils nécessaires pour fabriquer un produit donné. La nomenclature comprend tous les numéros de pièces alternatives et de substitution et les pièces contenues dans les plans. Chaque ligne de la nomenclature comprend le code produit, le nom de la pièce, le numéro de pièce, la révision de la pièce, la description, la quantité, l'unité de mesure, la taille, la longueur, le poids et les spécifications ou caractéristiques du produit.
- Plan de câblage machine :
- Le descriptif du logiciel du composant ;
- Le fichier HEX qui permet de charger le logiciel (ex : remplacement d'un microcontrôleur).

La documentation technique que vont recevoir les réparateurs agréés dépend du process de réparation du fabricant. Le process de réparation indique pour chaque panne : le type de réparation à réaliser (au sous-ensemble ou au composant), la documentation technique nécessaire et les pièces disponibles (sous-ensembles ou composants). Certains centres de réparation industriels agréés, tels que SBE, font remonter aux fabricants les pannes fréquentes sur des composants et suggèrent parfois de modifier le process de fabrication pour indiquer que la réparation au composant permettrait au fabricant de faire des économies.

Selon les réparateurs interrogés, il y a 20 ans les fabricants transmettaient les schémas de cartes électroniques des produits d'électronique grand public (ex : TV, Hi-Fi, Vidéo, Audio, enregistreurs, etc.). Mais maintenant, seuls quelques fabricants (ex : Philips, Vestel) donnent accès à certaines documentations pour la réparation au composant (schémas de cartes électroniques, autres informations techniques), mais cela reste marginal.

Selon des fabricants interrogés, ils ne peuvent (souvent) pas diffuser la documentation technique nécessaire à la réparation au composant car

- il y aurait un risque pour la propriété intellectuelle de la technologie. Si les schémas de cartes électroniques sont disponibles publiquement pour les réparateurs, cela voudrait dire qu'un fabricant concurrent pourrait avoir accès et copier le schéma pour reproduire l'équipement. C'est pourquoi, certains fabricants ne transmettent pas les schémas de carte électronique ou uniquement aux réparateurs agréés par le fabricant.
- dans beaucoup de cas, les fabricants d'EEE confient à des sous-traitants spécialisés la conception et la fabrication des cartes électroniques (ex : carte d'alimentation). Les fabricants imposent un cahier des charges avec les spécifications nécessaires pour l'appareil et laissent l'industriel sous-traitant la concevoir. Dans ce cas, pour des raisons de propriété intellectuelle déportée, ils ne possèdent pas les schémas de cette carte électronique et gèrent seulement le sous-ensemble en tant que pièce détachée.

Selon des réparateurs interrogés, il n'y a pas de risque de propriété intellectuelle car toute la technologie est dans la puce mais pas dans le schéma de la carte électronique. Par ailleurs, certains disent que si un concurrent voudrait copier le produit, il n'a pas besoin du schéma de carte électronique mais simplement d'acheter le produit et de le démonter.

Lorsque les fabricants ne donnent pas la documentation technique nécessaire pour la réparation au composant, les réparateurs vont sur des plateformes ou forums pour obtenir les schémas, identifier les pannes fréquentes par appareil et s'échanger des informations. Les trois plateformes et forums/ identifiées lors des entretiens sont :

- Euras, une plateforme payante créée par ASWO, comprenant :
    - un forum pour les techniciens et réparateurs d'Europe. Dans le cadre d'une approche collaborative, les utilisateurs peuvent partager leurs savoirs et astuces de réparation.
    - de la documentation technique regroupée dans une base structurée pour des problèmes spécifiques.
    - Un répertoire des références des pièces équivalentes aux pièces d'origine pour un grand nombre d'appareils.

- Agora, une plateforme payante mettant à disposition des méthodologies de démontage, des modes de diagnostic pour renter dans un appareil (ex : machine à laver) ;
- Elektro Tanya, un forum hongrois gratuit où les réparateurs s'entraident.

Remarques :

- Il peut arriver que des documents fuitent des usines de production des EEE, et qu'on les retrouve sur des forums.
- Selon ASWO, malgré le fait que certains réparateurs passionnés fassent de la réparation au composant, le partage d'information est compliqué en France. Ces réparateurs n'ont pas le temps et parfois pas l'envie de partager leurs connaissances s'ils sentent qu'ils sont les seuls avec cette compétence. Sur le forum EURAS, les réparateurs ont tendance à prendre les données mais pas à partager.

Selon les acteurs interrogés, la documentation technique nécessaire à la **réparation au sous-ensemble** est la vue éclatée de l'appareil. C'est un dessin technique qui permet de mieux comprendre le fonctionnement de l'appareil et de voir où chaque sous-ensemble se situe par rapport à l'ensemble du matériel. Chaque équipement électrique et électronique vendu sur le marché européen doit disposer d'une vue éclatée.

Depuis 2018, suite aux nouvelles réglementations environnementales en vigueur et à l'indice de réparabilité[10], les fabricants sont obligés d'investir dans l'écoconception et la documentation technique pour la réparation. Cependant, cela se concentre principalement aux documentations pour la réparation au sous-ensemble. Selon les réparateurs interrogés, l'indice de réparabilité valorise la mise à disposition du schéma de la carte électronique, mais pas de manière assez pondérée pour être incitative.

3.2.2.5. Durée et complexité de la réparation

3.2.2.5.1. Diagnostic

La **réparation au composant** nécessite généralement un temps de diagnostic important pour identifier le composant défectueux et la source de la panne. Le temps passé dans le diagnostic d'une panne dépend du produit, du type de panne, des compétences techniques et l'intérêt technique du réparateur qui réalise le diagnostic.

Une panne peut parfois être investiguée pendant plusieurs heures ou jours. Cependant, passer 3 jours sur une panne reste une exception, mais peut se justifier si cela concerne un dysfonctionnement rencontré fréquemment. En effet, dès que le réparateur remarque une panne fréquente sur un produit, il va prendre du temps pour solutionner cette panne sur ce produit. Il fera alors des recherches pour trouver la documentation technique nécessaire (ex : schémas cartes électroniques), les méthodes de démontage, etc. L'amortissement du temps passé sur cette panne se fait ensuite sur un nombre important d'appareils réparés par la suite. Par ailleurs, passer du temps à diagnostiquer permet de mieux connaître le produit et de gagner du temps par la suite pour les recherches de l'origine d'autres dysfonctionnements.

[10] L'indice de réparabilité, lancé en 2021, est une note obligatoire à faire apparaître sur les produits au moment de leur achat. Il est obligatoire pour plusieurs typologies d'appareils (smartphone, ordinateur portable, lave-linge, téléviseur, tondeuse, lave-vaisselle, aspirateur, nettoyeur haute pression, ...).

Le diagnostic de la panne du composant prend généralement plus de temps que le diagnostic pour le sous-ensemble. Par contre, pour la réparation d'une dalle de TV, certains réparateurs prennent autant de temps de diagnostic pour la réparation au composant ou au sous-ensemble.

La formation continue des réparateurs est difficile en raison des évolutions technologiques et du renouvellement rapide des modèles. Ceci freine la réparation au composant.

Après avoir identifié le composant défectueux, le réparateur va décider s'il répare au composant ou au sous-ensemble en fonction de différents éléments, notamment :

- La valeur résiduelle de l'appareil ;
- L'état du composant défectueux : s'il est brulé ou oxydé, il ne sera pas réparé car il y a un risque que les autres composants soient affectés et/ou car la référence du composant défectueux n'est plus lisible.
- La présence de logiciels dans le composant défectueux : peu de réparateurs réparent des puces programmées car ils n'ont pas les accès au logiciel et pas les compétences pour le faire ;
- L'accessibilité du composant défectueux sur le sous-ensemble : la présence de vernis ou résine de tropicalisation peut empêcher ou compliquer la réparation au composant ;
- La disponibilité du composant sur le marché ;
- Le prix du composant par rapport au sous-ensemble.

Pour analyser une carte électronique, il faut faire une mise sous tension après le désassemblage. Le travail sous tension est un métier qui nécessite des habilitations électriques adaptées (norme NF C18-510-1). L'habilitation n'est pas obligatoire pour réparer des téléphones portables, ordinateurs portables ou tablettes.

La **réparation au sous-ensemble** nécessite moins de temps de diagnostic que la réparation au composant. Le sous-ensemble défectueux est généralement facilement identifiable.

Cependant, selon SDS, la réparation au sous-ensemble de gros électroménagers peut parfois nécessiter deux déplacements chez le consommateur car le réparateur n'a pas tout à disposition pour réparer l'appareil la première fois. Si le diagnostic au téléphone avec le client n'est pas fait correctement, deux trajets seront faits pour la réparation au sous-ensemble. Ce n'est donc pas toujours plus rapide que la réparation au composant.

3.2.2.5.2. Opérations de réparation

Les opérations de réparation consistent à remplacer la pièce (composant ou sous-ensemble) et à tester la sécurité et la fiabilité de la réparation.

Le temps des opérations de réparation pour la **réparation au composant** d'un appareil dépend, selon les réparateurs interrogés, de l'équipement, des outils à disposition du technicien et de l'expérience du réparateur. Par exemple, l'étape de soudage/dessoudage d'un composant d'une carte électronique peut prendre entre 10 minutes et 1 heure en fonction du type d'équipement utilisé et de l'expérience du technicien.

Selon les réparateurs, les mêmes tests de sécurité et de fiabilité de la réparation sont réalisés pour la **réparation au composant et la réparation au sous-ensemble** de tous types d'appareils car ils utilisent des composants d'origine ou de valeur équivalente. Après la réparation, un test statique est réalisé sur l'appareil pour tester la fiabilité de la réparation. Cela consiste à mettre l'appareil en chauffe/fonctionnement durant une certaine durée pour vérifier que la réparation a fonctionné.

Selon les fabricants, si on remplace un composant à risque d'un sous-ensemble par un composant différent de celui d'origine alors le produit doit repasser les tests LVD et CEM dans un laboratoire accrédité pour être conforme au marquage CE :

- La Directive basse tension (Low Voltage Directive en anglais) couvre les risques pour la santé et la sécurité des équipements électriques fonctionnants avec une tension d'entrée ou de sortie comprise entre 50 et 1000 V pour le courant alternatif et entre 75 et 1500 V pour le courant continu. Cette Directive s'applique à une large gamme d'équipements électriques destinés à un usage grand public ou professionnel, tels que les appareils ménagers, les câbles,

les blocs d'alimentation, les équipements laser et certains composants (ex : fusibles). Les tests LVD comprennent un test d'isolation, un test haute tension, un test de courant de fuite et un test de continuité de ligne terrestre.

- La Directive sur la compatibilité électromagnétique (CEM) garantit que les équipements électriques et électroniques ne génèrent pas de perturbations électromagnétiques ou ne sont pas affectés par celles-ci. Les tests CEM comprennent des tests d'immunité et des tests d'émission.

Les opérations de réparation au sous-ensemble sont la plupart du temps rapides car il s'agit de déclipser ou dévisser le sous-ensemble et le remplacer par un sous-ensemble neuf. Par exemple, pour la réparation d'un téléviseur, changer la dalle prend 20 minutes alors que changer une barre LED prend 2 h. Cependant, pour la téléphonie, les nouveaux smartphones sont soit collés et vissés, soit clipsés et vissés. Pour l'ouvrir, il faut une machine qui ouvre les produits avec ventouse et air comprimé ou pouvant chauffer pour décoller. Cette conception augmente le temps de l'opération de réparation.

3.2.2.6. Coût de la réparation

Le coût de la réparation (au composant ou au sous-ensemble) comprend la main d'œuvre, le coût des équipements et outils (si pas encore amortis), l'achat des pièces et le coût de transport pour le déplacement vers les consommateurs (si réparation à domicile).

Selon ASWO, le prix d'une réparation au composant comprend environ 30 % pour le coût des pièces et 70 % pour le coût du transport et de la main d'œuvre.

Selon les acteurs interrogés et les résultats de l'enquête, le coût de la réparation au composant pour les consommateurs est généralement inférieur au coût de la réparation au sous-ensemble pour les composants réparés actuellement (cf. section 0). Le coût de la main d'œuvre est généralement plus élevé pour la réparation au composant (temps pour le diagnostic et la réparation), mais reste généralement plus faible que la différence de prix d'achat entre le sous-ensemble et le composant.

Pour le réparateur, il est généralement économiquement plus intéressant de réparer au composant car il va plus valoriser son travail au lieu de valoriser uniquement le prix de la pièce lors d'une réparation au sous-ensemble. Le réparateur peut ainsi augmenter sa marge par rapport à une réparation au composant.

3.2.2.7. Compétence et formations nécessaires

Pour faire de la réparation au composant, il faut avoir des compétences pour réaliser le bon diagnostic et les opérations de réparation. Par ailleurs, pour la réparation au composant électronique, il faut avoir des compétences d'électronicien ou de programmeur (Ex : pour reprogrammer une RAM défectueuse et programmer la liaison avec le processeur)

La disponibilité de formations de réparation abordant la réparation au composant ou des compétences nécessaires pour la réparation au composant a fortement baissé depuis plusieurs années. Selon plusieurs acteurs de la réparation interrogés, un manque de formation généraliste et spécifique est ressenti depuis plus de 3 ans. En effet, certains bacs professionnalisants ont été soit supprimés soit modifiés avec un programme réduit. Dans les formations données actuellement, les apprentis apprennent à remplacer les sous-ensembles sans comprendre la panne. De plus, les formations spécifiques données par les fabricants (Sony, Panasonic, Philips, Loewe, Cisco, Asus, Samsung, Dunding, Thomson, Miele, Savema, Bosch, Electrolux, Merloni, ...) aux réparateurs agréés ont également disparu.

Dû au manque de formation, les entreprises de réparation travaillent beaucoup avec des apprentis qu'ils forment. Les anciens forment les jeunes mais cela prend beaucoup de temps. Par ailleurs, beaucoup de techniciens avec de l'expérience et des compétences arrivent à l'âge de la retraite. Leurs savoirs ne seront donc bientôt plus transmis aux jeunes.

Il y a toutefois des centres de formation initiale et continue qui forment à la réparation, notamment au composant comme le réseau Ducretet.

Certains réparateurs n'ont pas suivi de formation spécifique mais ont eu une carrière dans une entreprise de production d'EEE ou de carte électronique. Par ailleurs, beaucoup de techniciens réparateurs aimeraient avoir des formations (complémentaires) pour augmenter en compétence et pouvoir réparer au composant.

3.2.2.8. Responsabilité

Selon les réparateurs interrogés, si un réparateur répare au sous-ensemble et remet la machine dans l'état initial, il est juste responsable du montage de la carte électronique. Si un réparateur répare au composant, il est responsable des composants et de leur sous-ensemble. Sauf en cas d'incident après une réparation au composant ou au sous-ensemble, si on peut prouver que c'est un problème de fabrication, alors c'est la responsabilité du fabricant et pas du réparateur.

Certains réparateurs font de la réparation au composant sans le mettre sur la facture du client pour éviter tout risque en cas de problème. D'autres réparateurs l'indiquent sur la facture du client et sont prêts à assumer les conséquences en cas d'incident.

Les réparateurs ont tous une responsabilité civile professionnelle qui couvre leurs activités de réparation. Cependant, peu de réparateurs savent si elle couvre toutes les activités de réparation au composant.

La MAAF a été sollicitée par FEDELEC pour clarifier la responsabilité du réparateur lors de la réparation au composant. Selon la MAAF, en cas d'incendie prenant naissance dans un composant électronique défectueux (c'est-à-dire un produit non pas inapte à son usage, mais présentant un défaut de sécurité) installé par un réparateur lors d'une réparation sur un appareil électroménager, et en l'absence de toute faute commise par le professionnel dans le cadre de son intervention, la responsabilité du fait des produits défectueux est susceptible d'être mise en jeu à partir du moment où la victime aura pu établir le dommage, le caractère dangereux du produit, et le lien de causalité entre le produit et le dommage.

Si la loi du 19 mai 1998 sur la responsabilité du fait du défaut de sécurité des produits (issue de la Directive du 25 juillet 1985) prévoit que c'est sur le producteur (c'est-à-dire le fabricant du produit fini ou de l'une de ses composantes) que pèse la responsabilité, qu'il soit ou non lié par un contrat avec la victime (article 1245 du Code civil), l'article 1245-6 du Code civil prévoit que, « si le producteur ne peut être identifié, le vendeur, le loueur … ou tout autre fournisseur professionnel, est responsable du défaut de sécurité du produit, dans les mêmes conditions que le producteur, à moins qu'il ne désigne son propre fournisseur ou le producteur, dans un délai de trois mois à compter de la date à laquelle la demande de la victime lui a été notifiée … ».

Un réparateur assuré par la MAAF, s'il est également vendeur du composant installé, peut donc voir sa responsabilité engagée en lieu et place du producteur du composant, dans l'hypothèse où l'identité de ce producteur demeure inconnue.

Néanmoins, s'il communique l'identité de son propre fournisseur ou du producteur dans le délai de trois mois à compter de la demande de la victime, la mise en cause de sa responsabilité par cette dernière ne sera pas possible.

Enfin, le réparateur/vendeur assuré par la MAAF qui aura été amené à indemniser la victime pourra se retourner contre le producteur pour obtenir le remboursement des sommes versées à la victime à condition qu'il agisse dans l'année suivant la date de citation en justice.

Tous les réparateurs donnent une garantie de 3 à 6 mois sur la réparation au composant ou au sous-ensemble.

Les fabricants ne sont pas favorables à la réparation au composant faite par les réparateurs car leur crainte est que, lorsque la réparation au composant se passe mal, le consommateur aura une mauvaise image du produit et donc de la marque, même si c'est la faute du réparateur.

3.3. Analyse des modèles de réparation – EEE professionnels

3.3.1. Collecte des données

3.3.1.1. Résultats principaux de l'enquête en ligne auprès des réparateurs

NB : Les résultats de l'enquête ne sont pas représentatifs de la population d'entreprises faisant de la réparation d'EEE. Les répondants ne sont pas représentatifs de la diversité de la population sondée.

3.3.1.1.1. Activité de réparation

Sur les 43 répondants, 77 % font de la réparation au composant.

Selon l'enquête (cf. figure ci-dessous) la réparation au composant est les plus réalisée sur les équipements suivants :

- Équipements Industriels ;
- Outils électriques et électroniques professionnels ;
- Équipements de production, stockage et conversion d'énergie.

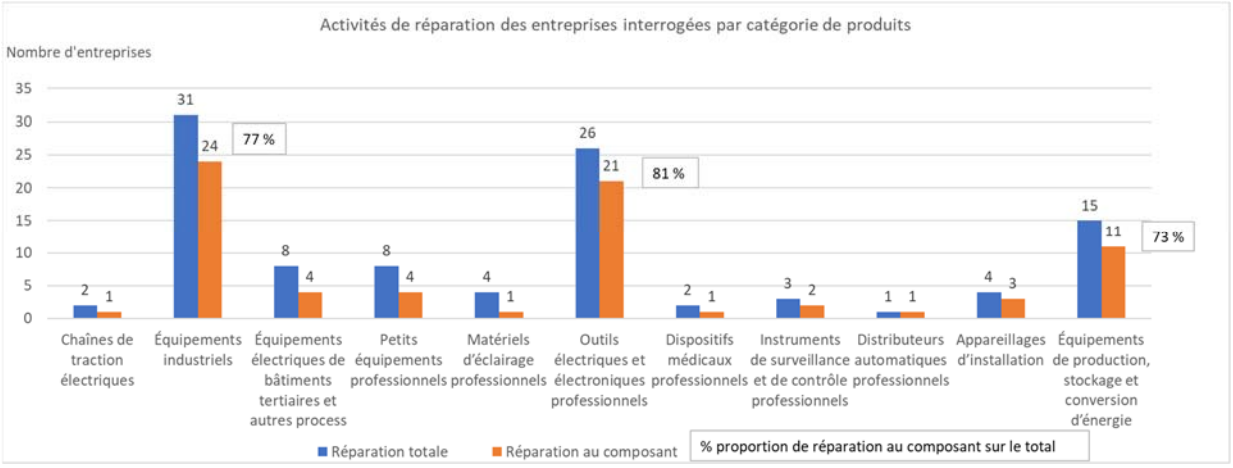


Figure 3: Activité de réparation des entreprises interrogées par catégorie de produits

3.3.1.1.2. Sous-ensembles et composants concernés

Parmi les 33 répondants faisant de la réparation au composant, 79 % ont indiqué faire de la réparation au composant électrique et 21 % ont indiqué faire la réparation au composant électronique (cf. Figure 27 en annexe). Note : les répondants pouvaient indiquer qu'ils réparent les deux types de composants.

Selon les 21 % de répondants faisant de la réparation au composant électronique, la réparation au composant électronique est réalisée sur tous les composants listés dans l'enquête (cf. figure ci-dessous), et un peu moins sur les barres LED.

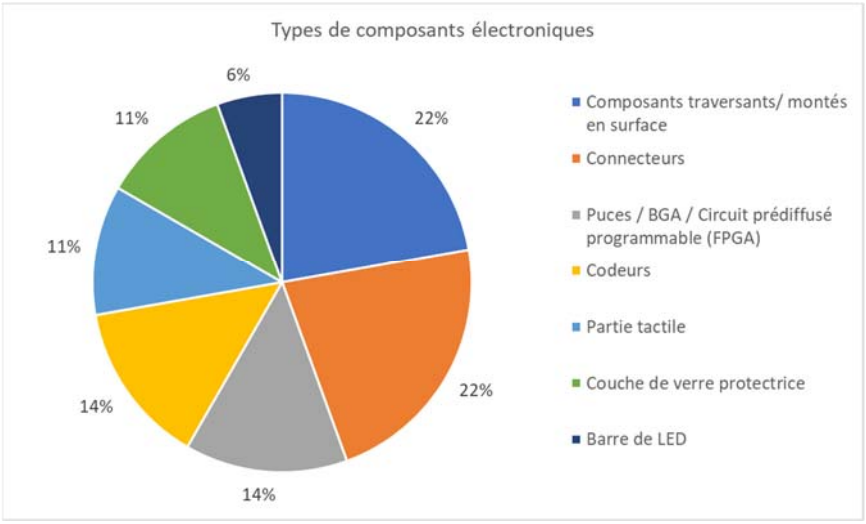


Figure 4: Types de composants électroniques réparés au composant

Parmi les 79 % des répondants faisant la réparation au composant électrique, les sous-ensembles les plus réparés au composant sont les moteurs électriques et les pompes, suivis des transformateurs électriques (cf. figure ci-dessous).

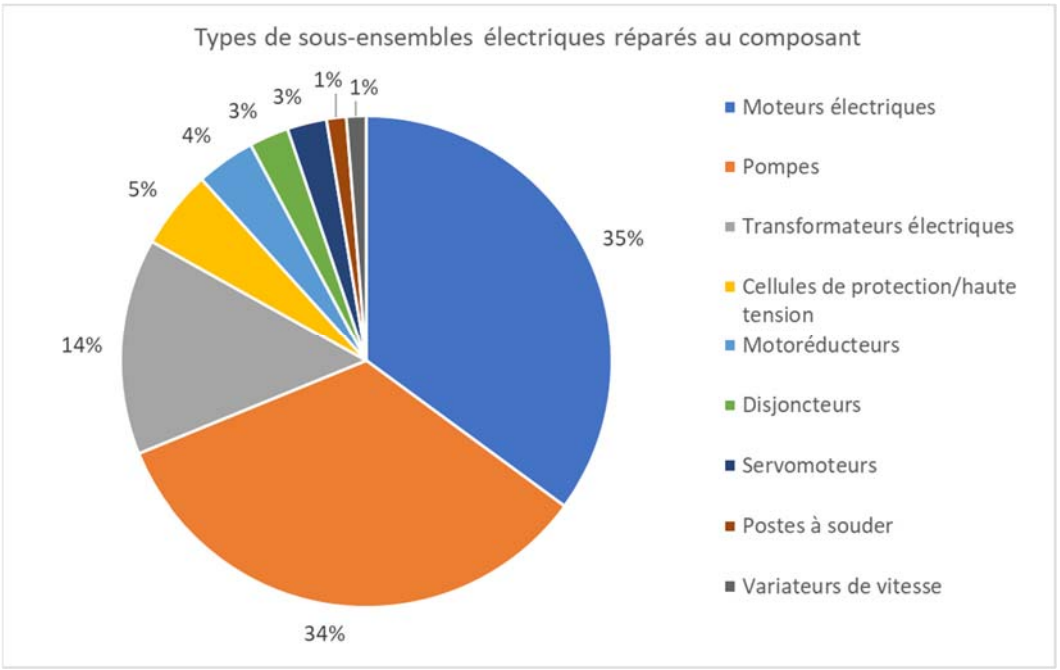


Figure 5: Types de sous-ensembles électriques réparés au composant

La figure ci-dessous montre que la réparation au composant sur les moteurs électriques est réalisée sur tous les composants listés dans l'enquête, et un peu moins sur les circuits magnétiques

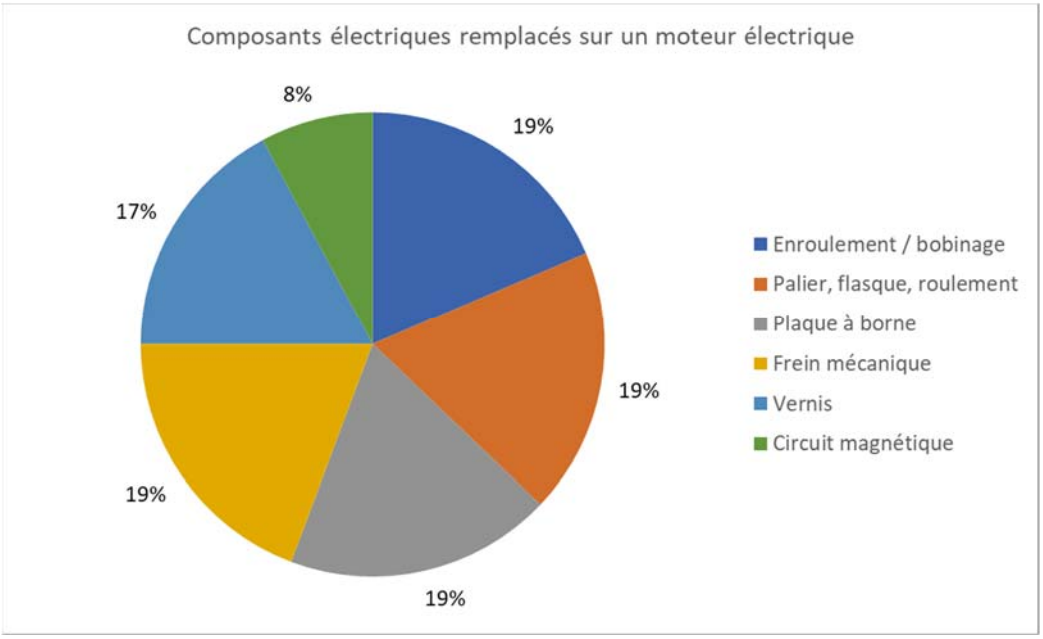


Figure 6: composants électriques remplacés sur un moteur électrique

Les 3 principaux composants électriques remplacés sur une pompe (cf. figure ci-dessous) sont :

- la garniture mécanique ;
- la turbine ;
- l'aube.

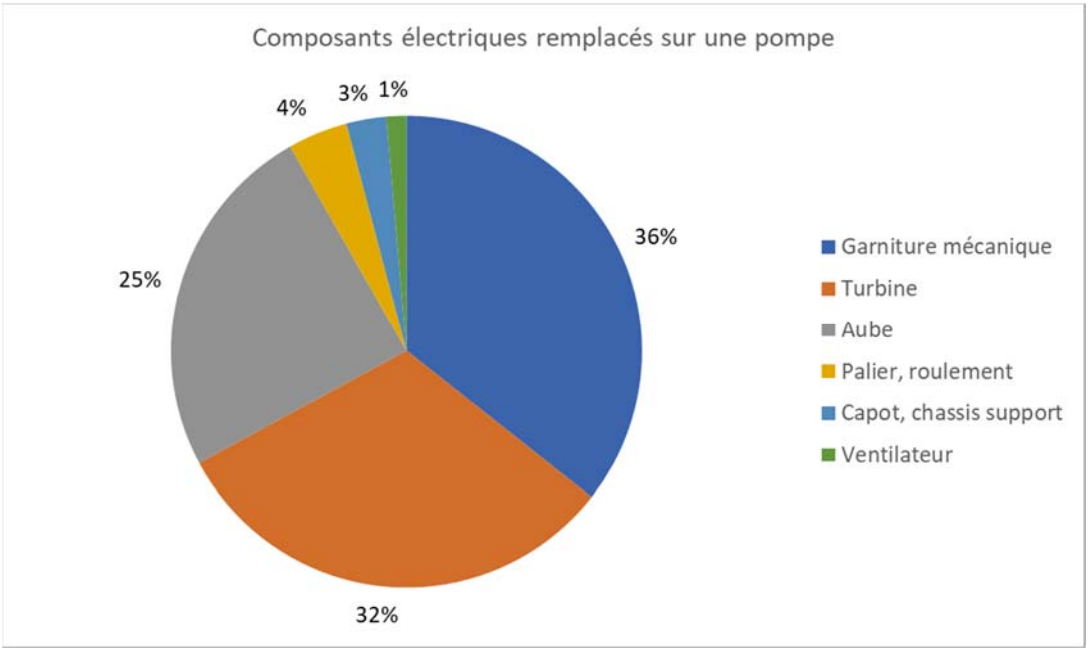


Figure 7: Composants électriques remplacés sur une pompe

La plupart des composants d'un transformateur électrique sont réparés au composant (cf. figure ci-dessous) et les réparations les plus fréquentes concernent l'enroulement/bobinage, le vernis et le commutateur.

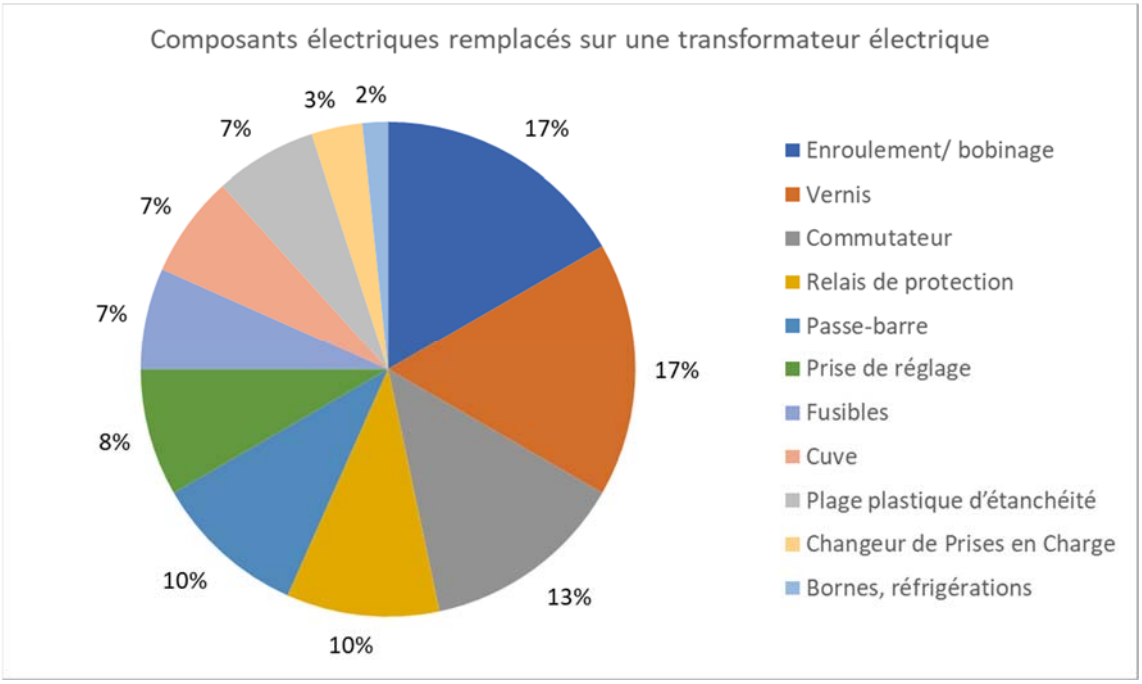


Figure 8: Composants électriques remplacés sur un transformateur électrique

3.3.1.1.3. Raison de réparer au composant

Selon les 8 répondants faisant de la réparation au composant électronique, les trois raisons qui poussent les réparateurs à réparer au composant électronique (cf. Figure 31 en annexe) sont :

L'intérêt environnemental ;

- La demande des clients ;
- Les réparateurs ont les compétences pour le faire.

Selon les 30 répondants faisant de la réparation au composant électrique, les 3 principales raisons de réparer au composant électriques (cf. Figure 32 en annexe) sont :

- Les réparateurs ont les compétences pour le faire ;
- Lorsque c'est la seule option pour réparer l'équipement ;
- Lorsque le délai pour obtenir le sous-ensemble est trop long.

Les besoins des entreprises pour réparer plus souvent au composant électronique sont variés (cf. Figure 33 en annexe) et les principaux besoins indiqués sont de disposer de :

- Une meilleure connaissance de l'électronique ;
- Des réparateurs formés à cette technique et Davantage de possibilité de formation (continue) ;
- Plus de facilité pour se procurer les composants

Les besoins des entreprises pour qu'elles réparent plus souvent au composant électrique sont variés (cf. Figure 34 en annexe) et les principaux besoins indiqués sont de disposer de :

- Réparateurs formés à cette technique et davantage de possibilité de formation (continue) ;
- Plus de facilité pour se procurer les composants ;
- Une documentation technique plus complète.

3.3.1.1.4. *Raisons de ne pas réparer au composant*

Selon les 10 répondants ne faisant pas de la réparation au composant, les principales raisons de ne pas réparer au composant sont :

- Pour les composants électroniques (cf. Figure 35 en annexe) :
  - Le manque de compétences pour le faire ;
  - Les difficultés pour identifier le(s) composant(s) défectueux ;
  - La nécessité d'investir dans de l'outillage adapté.
- Pour les composants électriques (cf. Figure 36 en annexe) :
  - Cela fait augmenter le coût de la réparation pour le client ;
  - Le manque de compétences pour le faire ;
  - Le manque de formation pour le faire ;
  - Remplacer le sous-ensemble renforce la fiabilité de l'objet réparé, voire le rend plus performant ;
  - Le niveau de puissance de l'équipement ne le justifie pas.

3.3.1.2. Vision des fabricants

Sur bases de l'entretien avec GIMELEC

- les freins à la réparation sont :

- Technicité et équipements nécessaires : Certains composants ne peuvent pas être réparés par les acteurs de la réparation car certaines opérations sont techniquement complexes et nécessitent des équipements professionnels, voir industriels (ex : microsoudure BGA et diagnostic via machine à rayons X). Ceci expliquerait un taux de succès des réparations au composant relativement faible.
- Miniaturisation des cartes électroniques : Dans une démarche d'écoconception de leur produit, la plupart des fabricants essayent de miniaturiser leurs cartes électroniques. Cette miniaturisation permet de diminuer le poids des pièces avec un changement de facteur 2 à facteur 4 sur les composants. Ceci rend impossible la réparation au composant. Pour faciliter la réparation au composant, les fabricants seraient contraints de faire des adaptations pour pouvoir remplacer un composant.
- Déséquilibre et inefficacité économique : Il existe des composants qui nécessitent d'une part des équipements professionnels spécifiques et d'autre part nécessitent un temps considérable de main d'œuvre au regard de la complexité et de la technicité de sa réparation. En dessous d'une certaine puissance du sous-ensemble (ex: moteur) pour les EEE professionnels et en dessous d'une certaine valeur d'usage restante du produit pour les EEE grand public, il n'est donc pas rentable pour le consommateur/client de faire réparer au composant d'un point de vue économique. Par ailleurs, une fois que le diagnostic est réalisé, que l'appareil est testé puis réparé, le taux d'échec de la réparation au composant n'est pas négligeable
- Temps d'immobilisation du produit plus important : Lors de réparation sous garantie, les consommateurs/clients ne sont pas souvent disposés à attendre. Et s'il lui faut attendre quelques jours, les consommateurs/clients préfèrent avoir un équipement de remplacement plutôt qu'une réparation. Si la réparation au composant est complexe et prend trop de temps, le consommateur/client ne va pas vouloir attendre ce temps supplémentaire, même si la réparation sera moins chère.
- Difficulté de trouver du personnel qualifié : La réparation nécessite des habilitations et des compétences spécifiques (par ex IPC 7711). Le secteur rencontre des difficultés pour trouver du personnel qualifié pour la réparation.
- La filière de maintenance et de réparation est peu connue ou a mauvaise image auprès des jeunes : Ceci ne permet pas d'attirer des jeunes et de remplacer le personnel qui part en retraite.
- Industries internationales de production d'EEE et nationalisation des règles de réparation: Les fabricants vendent leurs produits dans beaucoup de pays du monde. Les règles de réparation diffèrent selon les continents (ex : règles américaines, européennes, asiatiques). Les règles qui changent d'un continent à un autre sont : la documentation à mettre à disposition, les pièces à mettre à disposition en fonction des produits, le prix qu'un client est prêt à mettre sur une opération de réparation. Les fabricants sont de plus en plus confrontés à des problématiques locales concernant la réparation où chaque pays a ses propres contraintes (ex :

la France). Cela va poser soucis en termes de design car il sera de plus en plus difficile de répondre à toutes les règlementations avec un seul produit.

- Les craintes concernant la réparation au composant par des réparateurs sont :

  - Non-conformité aux normes de sécurité et de risques pour le consommateur : La réparation au composant implique de devoir faire des tests pour valider la réparation et valider la conformité du produit. Les fabricants craignent que cela ne soit pas fait par les réparateurs. En effet, si le réparateur remplace un composant défectueux par un composant similaire mais pas identique, le produit ne sera plus conforme au marquage CE. Le remplacement par un réparateur d'un composant (listé dans les normes comme présentant un risque pour la sécurité des consommateurs) sans réaliser les tests LVD et EMC pourrait représenter un danger pour le consommateur lors de l'utilisation du produit (court-circuit, choc électrique, feu).
  - Enjeu de sécurité lors de l'utilisation par le client/pour le consommateur : Il faut garantir la sécurité des personnes qui utilisent les équipements électriques et électroniques. Les fabricants craignent que les réparateurs ne maitrisent pas les risques inhérents. En effet, si le réparateur remplace un composant défectueux par un composant similaire mais pas identique, le produit ne sera plus conforme au marquage CE. . Le remplacement par un réparateur d'un composant (listé dans les normes comme présentant un risque pour la sécurité des consommateurs) sans réaliser les tests LVD et EMC pourrait représenter un danger pour le consommateur lors de l'utilisation du produit (court-circuit, choc électrique, feu).
  - Non-conformité matière : le REACH et le RoHS sont des règlementations qui évoluent dans le temps. La crainte des fabricants est que les réparateurs ne vérifient pas les mises à jour de ces réglementations.
  - Enjeu de qualité de la réparation et fiabilité des produits : La réparation au composant peut impliquer un risque de dégradation des composants connexes et entrainer une mauvaise réparation sur le produit.
  - Image de la marque: Les fabricants craignent que, lorsque la réparation au composant se passe mal, les consommateurs/clients auront une mauvaise image du produit et donc de la marque, même si c'est la faute du réparateur.

3.3.1. Bilan comparatif des modèles de réparation

3.3.1.1. Acteurs

Selon les acteurs interrogés, la réparation au composant est principalement réalisée par des entreprises de réparation non agréées par les fabricants. Quelques entreprises de réparation agréées par les fabricants et quelques fabricants font également de la réparation au composant mais ceci reste marginal.

3.3.1.2. Produits

3.3.1.2.1. Familles de produits

Selon l'enquête en ligne et les entretiens, les catégories de produits réparés au composant sont (indiquées par ordre d'importance) :

- Équipements Industriels ;
- Équipements de production, stockage et conversion d'énergie : élévateurs de centrales thermiques, hydrauliques ou nucléaires, armoire de commande, transformateurs de puissance élévateurs et abaisseurs (situés dans des postes électriques à haute tension) ;
- Chaînes de Traction électriques : feeders pour les trains (alimentation des caténaires), transformateurs de traction embarqués ;
- Outils électriques et électroniques professionnels ;
- Équipements électriques de bâtiments tertiaires et autres process ;
- Petits équipements professionnels ;
- Distributeurs automatiques professionnels ;
- Dispositifs médicaux professionnels ;
- Appareillages d'installation ;
- Instruments de surveillance et de contrôle professionnels ;
- Matériels d'éclairage professionnels.

3.3.1.2.2. *Composants*

Selon les acteurs interrogés et les résultats de l'enquête en ligne auprès des entreprises de réparation, la réparation au composant est plus souvent réalisée pour des composants électriques que pour des composants électroniques. Il y a peu d'éléments électroniques dans certains équipements (ex : un transformateur) et c'est minoritaire en termes de valeur de l'équipement. Cependant, selon SIRMELEC[11], la réparation au composant se fait actuellement autant sur les composants électriques et électroniques en fonction des métiers. Le bilan issu des entretiens et de l'enquête est donc biaisé selon eux car les acteurs faisant de la réparation au composant électrique sur les EEE professionnels ont été surreprésentés dans les entretiens et dans l'enquête.

Les sous-ensembles qui peuvent être réparés au composant selon les acteurs interrogés sont repris dans le tableau ci-dessous (liste non exhaustive) :

	Sous-ensembles	Composants
Électroniques	Cartes électroniques (de contrôle, de puissance, de commande ou d'alimentation)	Composants traversants/ Composants montés en surface : fusibles, résistances, condensateurs, semi-conducteurs (diodes, transitors, triacs, thyristors, circuits intégrés ; etc.), bobines, trimmers Puces / BGA / Circuit prédiffusé programmable (FPGA) Relais de commande ou de puissance Connecteurs
	Dalles/écrans et panels (interfaces hommes machines - IHM)	Barre de LED Partie tactile Couche de verre protectrice
Électriques	Moteurs électriques	Circuit magnétique Enroulement / bobinage Palier, flasque, roulement Plaque à borne Frein mécanique
	Pompes	Résistance Garniture mécanique Turbine Aube
	Disjoncteurs	Pôles suivant technologies (SF6, VIDE, huile) Chambre de coupure Contacts de puissance Mécanisme de manœuvres Électroaimants servant comme déclencheurs (commande ouverture/fermeture) Moteurs (Armement mécanisme) Embiellement mécanique (liaisons entre pôles et mécanisme d'entrainement) Contacteurs relayages Pinces d'embrochages
	Transformateurs électriques	Circuit magnétique Enroulement/ bobinage Fusibles Relais de protection Commutateur Prise de réglage Changeur de Prises en Charge Cuve Plage plastique d'étanchéité Passe-barre

[11] Le SIRMELEC représente les entreprises de services et de maintenance de matériel électrique.

	Sous-ensembles	Composants
	Cellules de protection/haute tension	Fusibles Disjoncteurs Contacteurs Transformateurs de Tension ou de Courant intégrés Mécanisme de manœuvre de la cellule en elle-même Composante de protection ampèremétrique Wattmétrique (relais) ex = Sepam, MICOM… Liaisons HTA Jeux de barres « VPIS » Voyants de présence tension
	Motoréducteurs	Roulement Joints
	Aéroréfrigérants	ventilateur

Tableau 7: Sous-ensembles qui peuvent être réparés au composant

Différents leviers à la réparation au composant ont été soulevés par les acteurs interrogés :

- Pour des équipements sur mesure (ex : armoire de réfrigération du transformateur), il est plus intéressant de réparer au composant que réparer au sous-ensemble car les sous-ensembles sont spécifiques et ne sont pas disponibles en stock.
- Le remplacement d'un composant d'une carte électronique permet de garder un maximum de cohérence des cartes électroniques de l'appareil. En effet, certains équipements contiennent plusieurs cartes électroniques et le remplacement d'une carte électronique pourrait faire perdre en cohérence l'appareil.

Différents freins à la réparation au composant ont été soulevés par les acteurs interrogés (entreprises de réparation et SIRMELEC) en fonction des types de sous-ensembles, notamment :

- Transformateurs :
  - La Directive européenne 2009/125/CE sur l'écoconception ayant pour objectif de réduire les consommations de certaines catégories de produits (produits d'éclairage, appareils de chauffage et refroidissement, etc.) peut impacter la décision de réparer au composant. Par exemple, pour les transformateurs, le but de la Directive est de diminuer les pertes à vide et les pertes en charge. Cette Directive a pour effet d'interdire les réparateurs de remplacer le bobinage et le circuit magnétique sur certains équipements car trop de perte par rapport au rendement ;
  - Dans le domaine des transformateurs, des conceptions peu durables sont observées par les entreprises de réparation comme l'utilisation des cerclages au lieu de joues acier ou bois. Ces cerclages ne permettent pas d'assurer durablement le maintien électrodynamique, la conservation du bobinage aux chocs électriques, la tenue mécanique durant les transports ou encore la répartition équilibrée des efforts sur les calles. Les entreprises de réparation constatent aussi des calages entre bobines trop fines ou inexistants limitant la durabilité et ne permettant pas d'effectuer des réparations de qualité.

- Moteurs :
  - Sur un moteur comprenant plusieurs bobines et plusieurs phases, l'identification de toutes les bobines défectueuses n'est pas toujours évidente et il est donc parfois plus fiable de remplacer le sous-ensemble.

  - Dans le domaine des machines tournantes (moteurs électriques, ventilateurs, pompes), les entreprises de maintenance sont parfois confrontées à des difficultés

de remise en état dues à des conceptions non propices à la réparation, par exemple :

- ❖ Certaines pièces sont serties, fragiles et impossibles à remonter sur la machine ;
- ❖ des connectiques spécifiques et introuvables sur le marché des pièces détachées, avec des contacts trop légers difficiles à ressouder ;
- ❖ des moteurs de pompes avec variateur de vitesse embarqué non modulaire ;
- ❖ la présence de pièces en plastique ou de moulage dans les moteurs électriques rendant impossibles le démontage sans destruction (la pyrolyse ferait fondre les pièces en plastique) ;
- ❖ des références protégées ou des informations constructrices cachées ;
- ❖ ou encore des moteurs directement encapsulés avec le fluide frigorigène pour les machines réfrigérantes.

- Cartes électroniques : Les cartes électroniques sont miniaturisées dans le cadre de l'écoconception pour diminuer le poids des pièces (changement de facteur 2 à facteur 4 sur les composants). Ceci rend la réparation au composant complexe, voire impossible, dans certains cas.

3.3.1.2.3. *Sous et/ou hors garantie*

La réparation au composant est principalement réalisée sur des produits hors garantie. En effet, lorsqu'un équipement électrique et électronique professionnel est sous garantie :

- le fabricant le répare au sous-ensemble ou au composant selon ses process. Cependant, selon les acteurs interrogés, peu de fabricants réparent au composant.
- Les entreprises de réparation, ayant un accord avec le fabricant pour réparer ses produits sous garantie, les réparent avec les pièces de rechange mis à disposition par le fabricant. Selon les réparateurs interrogés, peu de fabricants mettent à disposition des composants. Les EEE sous garantie sont donc majoritairement réparés au sous-ensemble.

La réparation au sous-ensemble est réalisée sur des EEE sous garantie et hors garantie.

3.3.1.2.4. *Lieu de réparation*

Selon les réparateurs interrogés, la **réparation au composant** est principalement réalisée en atelier ou dans le hall de décuvage[12] du client s'il en possède un. Si le client n'a pas de hall de décuvage et que l'atelier est loin du client, l'entreprise de réparation peut également louer un hall présent non loin du client pour éviter des frais de transport trop important.

Le lieu de la réparation au composant ou au sous-ensemble (à l'atelier ou chez le client) dépend de plusieurs éléments, notamment :

- De la distance entre le client et l'atelier ;
- Des équipements et outils nécessaires pour la réparation ;
- De la présence d'un hall de décuvage chez le client pour les d'équipements lourds comme les transformateurs, alternateurs etc.… ;

L'atelier de l'entreprise de réparation doit être assez grand pour pouvoir stocker des composants, stocker des sous-ensembles reconditionnés et installer les bancs d'essai. Les bancs d'essai peuvent prendre beaucoup de place car il faut un banc d'essai par sous-ensemble et parfois par marque.

La **réparation au sous-ensemble** se fait principalement chez le client.

[12] Un hall de décuvage est un bâtiment industriel muni d'un pont roulant qui permet d'effectuer des opérations de réparation d'équipements lourds comme les transformateurs, alternateurs etc… Le décuvage d'un transformateur consiste à retirer la cuve de l'appareil afin d'avoir accès à sa partie active (bobinages + circuit magnétique) dans le but d'une expertise et/ou réparation. L'huile doit avoir été vidangée préalablement et stockée dans des citernes. La plupart des réparateurs de transformateurs en sont équipées.

3.3.1.3. Pièces, équipement et outillages nécessaire pour la réparation

3.3.1.3.1. Pièces

DISPONIBILITE

Les réparateurs vont d'abord regarder si la pièce est disponible chez le fabricant d'EEE avant d'aller solliciter d'autres acteurs. Cependant, selon les réparateurs interrogés, peu de fabricants d'EEE mettent à disposition des composants.

Les réparateurs vont donc ensuite se retourner vers :

- les fabricants de composants : Par exemple : Trench, Passoni villa, HSP pour les traversées et Boldrocchi pour les équipements de réfrigération. Certaines entreprises de réparation créent des partenariats avec des fabricants pour la production de certains composants. Plusieurs fabricants de composants sont situés en Europe ;
- les distributeurs de pièces détachées ;
- la récupération de composants sur d'autres appareils ou sous-ensembles stockés chez eux :

Note : selon des fabricants interrogés, la pratique de récupération des composants sur d'autres appareils pose des questions concernant la garantie de la qualité et fiabilité des composants réutilisés.

Le délai de commande de composants varie énormément, cela peut aller de 24h, à quelques semaines ou à quelques mois. Cependant, il est généralement identique ou plus rapide que le délai de commande de sous-ensembles (plusieurs mois ou années).

Les fabricants d'EEE et les entreprises de réparation faisant de la réparation font régulièrement des stocks de composants pour anticiper les problèmes d'approvisionnement et raccourir les délais de réactivité pour la réparation.

La stratégie de certaines entreprises de réparation est de regarder ce qui est critique sur les équipements des clients et d'acheter les composants des pannes fréquentes pour les équipements critiques qu'il faut pouvoir réparer rapidement chez leurs clients. En effet, dans la réparation d'EEE industriels, il faut pouvoir être réactif et travailler en urgence.

Les sous-ensembles sont généralement facilement disponibles auprès des fabricants d'EEE ou des distributeurs de pièces détachées. En effet, selon le GIMELEC, la grande majorité des fabricants d'EEE conçoivent leurs cartes électroniques.

Cependant, parfois certains sous-ensembles défectueux ne sont pas disponibles sur le marché car :

- L'équipement est fait sur mesure pour un client (ex : armoire de réfrigération d'un transformateur, moteur) ;
- L'équipement est trop ancien (ex : la durée de vie moyenne d'un transformateur est de 40 ans) le sous-ensemble n'est plus fabriqué ou le fabricant n'existe plus.

Dans ces deux cas, la réparation au composant permet de sauver l'équipement.

CONFORMITE EUROPEENNE

Les équipements électriques et électroniques vendus sur le marché européen doivent être soumis au marquage CE (conformité européenne), garantissant aux consommateurs la sécurité du produit. Pour pouvoir apposer ce marquage, les fabricants doivent réaliser des contrôles pour s'assurer de la conformité de leurs produits, sur base d'un ensemble de Règlements et Directives européennes couvrant de nombreuses catégories de produits.

Par ailleurs, des normes industrielles (cf. Annexe A) concernant la sécurité des appareils électriques indiquent les composants électriques spécifiques à chaque produit qui peuvent présenter un risque en termes de sécurité pour les consommateurs. Les réparateurs doivent donc en tenir compte lors de la réparation des composants électroniques à risque.

Les fabricants ont exprimé leurs craintes concernant le respect de la conformité européenne et la sécurité de la réparation au composant. Selon eux, le remplacement d'un composant critique par un composant similaire mais pas identique en termes de performance et de référence comporte un risque. S'il n'a pas été testé et validé pour le produit, le composant similaire pourrait engendrer une dégradation du

fonctionnement de l'appareil, une dégradation de la fiabilité de l'appareil, un déclenchement d'un feu ou la création d'un choc électrique sur le client.

PRIX

En matière de prix, dans la majorité des cas, les **composants** électroniques et électriques coûtent moins chers que les **sous-ensembles**. Selon les acteurs interrogés, les composants électroniques coûtent généralement quelques centimes ou quelques euros et les composants électriques quelques dizaines d'euros alors que les sous-ensembles généralement quelques centaines ou milliers d'euros.

Selon les acteurs interrogés, durant les dernières années, le prix des sous-ensembles neufs a augmenté de 50 %. Les clients seraient donc plus intéressés actuellement à la réparation au composant.

3.3.1.3.2. Équipements et l'outillage nécessaires à la réparation

Selon les acteurs interrogés, les équipements qui peuvent être nécessaires **pour la réparation au composant électrique** sont :

- Un **banc de test** pour faire tourner un moteur et identifier la panne.
- Un **outil d'onde de choc** pour vérifier les continuités électriques des bobinages et la porosité des isolants.
- Un **contrôle du bobinage** permet de faire une radio de l'appareil à l'instant du t. Cela s'appelle contrôle électrique du matériel. Cet équipement coûte environ 10 000€ et voire plus.
- Un **four à débobiner** permet de débobiner le moteur de manière automatique sans l'intervention de techniciens. Cela permet de préserver la santé des techniciens et de gagner du temps car le four peut être lancé la nuit. Cet équipement coûte plus que 10 000 € ;
- Une **machine à bobiner** : cela coûte entre 5 000 et 15 000 € ;
- Un **arrache roulement** : cet outil permet d'extraire le roulement du moteur ou de la pompe ;
- Du matériel d'essai pour le diagnostic et le post-réparation : Il existe différents types de matériel d'essai pour calculer les ratios, pour injecter de l'énergie pour faire les mesures. Un **pont de mesure** est parfois utilisé pour contrôler certaines cotes de dépassement importantes sur des composants. Cela coûte environ 30 000€ - 40 000 € ;
- Un **pont roulant** est un appareil de manutention permettant le levage et le transfert de charges lourdes. Il peut supporter une charge pesant jusqu'à 3,2 tonnes.

Selon les acteurs interrogés, les équipements qui peuvent être nécessaires pour la **réparation au composant électronique** sont :

- Un **oscilloscope** : Cela coûte entre 1 000 et 4 000 € mais il est amorti après un certain nombre de réparations ;
- Un **multimètre** ;
- Un **banc d'essai** qui est un système physique qui fournit de l'électricité à l'équipement pour le mettre en condition d'utilisation paramétrables et contrôlées afin d'observer et mesurer son comportement pour diagnostiquer la panne ou valider la réparation. Un banc de test permet de reproduire le fonctionnement de la carte électronique comme si elle était en fonctionnement chez le client (=test dynamique). Pour concevoir un banc de test efficace, une analyse du fonctionnement de la carte électronique doit être réalisée. Étant donné qu'un banc de test est dédié au diagnostic d'un type d'équipement, lorsqu'une entreprise de réparation répare une diversité d'équipement, elle doit développer beaucoup de bancs de test différents. La création de banc de test nécessite un vrai savoir-faire et il y a très peu de systèmes disponibles dans le commerce. C'est un assemblage de plusieurs systèmes. Le prix peut varier énormément. Cela dépend si le réparateur fait le banc d'essai lui-même ou s'il l'a acheté. La gamme de prix se situe entre 300 € et 100 000 €. Un banc d'essai pour les pompes coûte environ 10 000 €.
- Une **machine à rayons X** : Cette machine peut être utilisée pour un mapping de cartes électroniques multicouches, alors la tomographie (rayons x) permet de « couper en tranche » la carte pour voir les différents niveaux et identifier les pannes potentielles. Cela permet de voir la perte de continuité électrique dans des éléments très fins (microcomposants). L'utilité de cette machine a uniquement été mentionnée par les fabricants. Cependant, selon un réparateur interrogé, son utilisation ne marche que dans 0,05 % des cas. Il n'a pas été possible

de valider l'utilisation de machine à rayons X par des réparateurs lors des entretiens avec les acteurs de la réparation. Cette machine coûte entre 100 000 € et 150 000 €.

- Un **Pinpoint** : Ce système permet de faire du tracé de carte électronique et des tests statiques et dynamiques. Cet appareil permet de stimuler les composants sur la carte électronique. Cependant, avec la miniaturisation des composants, il n'est plus forcément possible de se brancher physiquement sur les « pattes » des composants. Un appareil à pinpoint tient sur un bureau.
- Un **protocole numérique** : Cela consiste à « détourner » des bus de données existantes pour le fonctionnement des cartes et pour lancer des protocoles de tests. Le protocole JTAG est conçu pour faciliter et automatiser le test des cartes électroniques numériques. Il consiste à appliquer un ensemble de signaux et vecteurs de données en entrée de certains composants et on relève les niveaux logiques sur les sorties des composants qui y sont connectés, pour s'assurer qu'ils correspondent aux valeurs attendues. Cela s'opère via un ordinateur portable. Le protocole VME est également utilisé.
- Un **poste à dessouder/souder** pour enlever un composant défectueux et le remplacer par un nouveau composant. Il existe des équipements portables.

Selon un acteur interrogé, le coût des équipements pour la réparation au composant ne représente pas un frein. Même si une partie des équipements nécessaire coûte cher mais, cela serait rapidement rentabilisé.

Les équipements **pour la réparation au sous-ensemble** n'ont pas été identifiés.

3.3.1.4. Documents techniques

Selon les acteurs interrogés, la documentation technique nécessaire à la **réparation au composant** sont :

- le diagramme/schéma du sous-ensemble qui montre le fonctionnement du sous-ensemble. Par exemple, le schéma de la carte électronique et le plan du bobinage ;
- le schéma de programmation d'un sous-ensemble électronique (ex : contrôleur d'un groupe électrogène).

Tandis que la documentation technique nécessaire à la **réparation au sous-ensemble** est une vue éclatée du produit.

L'accès à la documentation nécessaire à la réparation au composant dépend de :

- la volonté du fabricant à la transmettre ;
- l'équipement à réparer. Selon certains réparateurs, les fabricants de pompes vont plus facilement donner des schémas ou des vues éclatées de la pompe ;
- l'ancienneté de cet équipement. Ce n'est pas rare que l'équipement en panne soit très ancien (40-50 ans) et que la documentation ne soit pas numérisée.

Lorsque les entreprises de réparation sont confrontées à une absence de plans ou de documentation technique, certaines vont :

- utiliser des forums pour obtenir des schémas ou pour comprendre la panne de l'équipement ;
- trouver des confrères pour leur transmettre le document, par le biais de SIRMELEC ;
- capitaliser sur leurs connaissances pour reconstituer les informations (ex plan de bobinage ou plan d'une carte électronique) et travailler par analogie pour recréer le plan (ex : reproduire le schéma complet d'une armoire électrique) ;
- faire de la rétro-ingénierie. Les grandes entreprises de réparation achètent les équipements avec les nouveaux systèmes/technologies développés par les fabricants et les techniciens de leur service R&D les analysent pour comprendre le fonctionnement interne, la méthode de fabrication pour pouvoir ensuite faire de la maintenance et de la réparation sur ces nouveaux systèmes.
- acheter les plans via la librairie de l'Electrical Apparatus Service Association (EASA). Cette organisation commerciale internationale offre des services de conseil en ingénierie, des bases de données, des manuels et des références aux entreprises de vente et d'entretien d'appareils électromécaniques membres d'EASA. Cependant, l'accès à un plan a un coût important, compris entre 3000 € et 5000 € le plan.

Note : il y a quelques années, le SIRMELEC a voulu créer une version française de la librairie EASA. Cependant, ce projet n'a pas été approuvé par certains réparateurs. En effet, même si les réparateurs se donnent des coups de main ponctuels, ceux ayant déjà accès à des plans ne sont pas prêts à ce que le SIRMELEC partage de manière ouverte avec les autres réparateurs concurrents.

Selon les fabricants interrogés, ils ne peuvent pas diffuser la documentation technique lié aux sous-ensembles électroniques (ex : contrôleur d'un groupe électrogène) nécessaire à la réparation au composant car la programmation des composants hardware des cartes électroniques fait partie du secret industriel.

3.3.1.5. Durée et complexité de la réparation

3.3.1.5.1. Diagnostic

Le temps de diagnostic d'une **réparation au composant** est variable. Selon les acteurs interrogés, il est facile d'identifier où se trouve la panne mais parfois plus difficile de comprendre l'origine de la panne pour la réparer. Le temps de diagnostic va dépendre de l'expérience et des compétences du réparateur.

Les étapes de diagnostic d'une panne diffèrent en fonction du type de sous-ensemble (électronique ou électrique).

Le diagnostic de panne des composants sur un **sous-ensemble électronique** (ex : carte électronique) comporte deux étapes :

- L'**examen visuel** du sous-ensemble défectueux. Cet examen visuel permet de voir s'il y a des éléments brulés ou oxydés. Si un composant est brulé ou oxydé, alors on va remplacer le sous-ensemble, car le PCB (circuit imprimé) a été attaqué il n'est plus possible de s'assurer de la fiabilité des autres composants. Si rien n'est oxydé ou brulé, alors on réaliser le test statique pour identifier le composant défectueux.
- Le **test statique,** selon un protocole défini par chaque entreprise de réparation. Selon un acteur interrogé, 70 % des pannes sont détectées à cette étape. Plusieurs actions sont menées sur le sous-ensemble :
  - On vient tester l'intégralité du sous-ensemble (ex : carte électronique) avec un oscilloscope pour repérer les différentes signatures anormales.
  - On prend également les mesures avec multimètre. On prend une mesure des composants et ceci permet d'identifier ceux qui sont défectueux.
  - D'autres moyens sont utilisés pour tester le sous-ensemble (testeurs VI, bancs de tests, …).

Quand un **sous-ensemble électrique** (ex : pompes, moteur) tombe en panne et que le client désire le réparer, le réparateur va d'abord identifier la technologie (ex: moteur ancien à courant continu, moteur intelligent/servo moteur, variateur de vitesse ou commande numérique) et l'ancienneté du sous-ensemble avant de décider du type de diagnostic à réaliser (diagnostic poussé pour réparation au composant ou diagnostic pour réparation au sous-ensemble).

Le diagnostic de panne des composants sur un **sous-ensemble électrique** comporte plusieurs étapes :

1) Avant démontage (généralement fait sur site) :

   - Test mécanique : tester la mécanique (ex : rotor est bloqué ou non), regarder l'état visuel à la réception (ex : chocs sur accouplement du moteur, jeu dans l'arbre à cames du moteur, …)
   - Test électrique : brancher et tester si le sous-ensemble est en état (ex : vérification des conditions types consommation courant, vitesse de rotation nominale, …)

À cette étape, on peut déjà établir l'importance de la panne et si la réparation au composant n'est pas possible. Un premier devis est donné au client. Le client doit valider la réparation avant de faire une analyse plus poussée de la panne.

2) Après démontage :

   - Test mécanique : vérifier les ajustements et les cotes (jeux fonctionnels), les garnitures, les bruits éventuels.
   - Test électrique : vérifier les continuités électriques, l'état d'isolement, les points de chauffes éventuels sur les bobinages, …

Les réparateurs utilisent du matériel d'essai pour faire des mesures et identifier la panne (cf. section équipements et l'outillage nécessaires à la réparation). Après analyse, un devis plus poussé avec une estimation du budget est envoyé au client.

La **réparation au sous-ensemble** nécessite moins de temps de diagnostic que la réparation au composant. Le sous-ensemble défectueux est généralement plus facilement identifiable et démontable.

3.3.1.5.2. Opérations de réparation

Les opérations de réparation consistent à remplacer la pièce (composant ou sous-ensemble) et à tester la sécurité et fiabilité de la réparation.

L'organisation de la réparation va dépendre de la situation du client : s'il est en arrêt de production à cause d'une panne ou s'il est en arrêt pour maintenance. En fonction des besoins de réactivité, les réparateurs proposent généralement trois possibilités :

- une **réparation au composant** en atelier ou dans le hall de décuvage du client : La réparation au composant peut prendre un jour ou une quinzaine de jours. Le temps de réparation va dépendre de l'expérience et compétences du réparateur et du temps de la recherche de composant (si pas disponible auprès du fabricant).
- un **échange standard de sous-ensemble** : Le client envoie le sous-ensemble défectueux au réparateur et reçoit en échange un sous-ensemble déjà reconditionné qui était en stock chez le réparateur. Cet échange permet au réparateur d'avoir plus de temps pour réparer au composant le sous-ensemble reçu et au client d'être dépanné rapidement et de remettre son équipement en marche. Le temps de l'intervention est alors réduit à environ 5-6h, c'est-à-dire le temps nécessaire pour la logistique. Ceci est uniquement possible pour des sous-ensembles standards et disponibles en stock.
- Une **réparation au sous-ensemble** (si pas un produit standard) : Elle est généralement plus rapide car le réparateur ne doit pas comprendre d'où vient la panne et comment la réparer. Cependant, dans certains cas (ex : panne de l'aéroréfrigérant), la réparation au sous-ensemble est moins rapide car elle demande de devoir fermer des vannes, changer l'huile et faire d'autres manipulations alors que la réparation au composant est plus rapide (ex : changement du ventilateur).

Selon les acteurs de la réparation interrogés, la réparation au composant comprend les mêmes tests de sécurité et fiabilité pour la **réparation au sous-ensemble**. Cela consiste à réaliser

- un test statique ;
- un test dynamique. Le sous-ensemble (ex : carte électronique) est relié à un banc d'essai pour le tester en condition d'utilisation. Cette opération permet de tester la fiabilité post-réparation ainsi que la fiabilité des soudures en fonction des températures. Ce test dure entre 1 h et 4 h.

Selon les fabricants interrogés, lorsqu'on remplace un composant d'une carte électronique, il faut retester la carte électronique pour vérifier qu'aucun autre composant n'a été endommagé. Ces tests ne seraient pas faits avec un oscilloscope mais avec des moyens de posage spécifiques pour aller vérifier, tels que :

- Moyen de posage pour test in-situ (planche à clous) ;
- Moyen de posage pour tests fonctionnels avec les protections électriques adaptées pour assurer la protection des opérateurs ;
- Moyen de posage pour des tests diélectriques dans le cadre de remplacement de composants participants à la sécurité électrique (LVD – Directive basse tension).

Ces moyens de posage requièrent des compétences spécifiques que tous les réparateurs n'auraient pas.

3.3.1.6. Coût de la réparation

Le coût de la réparation pour les clients comprend notamment les frais liés à :

- Le devis de réparation, comprenant le temps de démontage et le diagnostic ;
- L'achat des pièces (composants ou sous-ensemble) ;
- La main d'œuvre pour la réparation ;
- Le transport de l'équipement : la réparation au composant est majoritairement faite en atelier et nécessite un transport aller-retour alors que pour la réparation au sous-ensemble se fait sur place et ne nécessite qu'un trajet. En fonction du type de sous-ensemble

(électrique ou non), du poids du sous-ensemble, et de la distance jusqu'à l'atelier, le transport aller-retour peut coûter jusqu'à 100 000 €.

Selon les acteurs interrogés et les résultats de l'enquête, le coût de la réparation au composant pour les clients est généralement inférieur au coût de la réparation au sous-ensemble pour les composants réparés actuellement (cf. section 0). Le coût de la main d'œuvre est généralement plus élevé pour la réparation au composant (temps pour le diagnostic et la réparation), mais reste généralement plus faible que la différence de prix d'achat entre le sous-ensemble et le composant. Par exemple, la réparation au composant d'une carte électronique coûte environ 300€ - 500€ (composants, transport, main d'œuvre) au lieu d'un remplacement du sous-ensemble qui peut coûter bien plus cher (plusieurs milliers d'euros).

Pour le réparateur, il est généralement plus intéressant de réparer au composant car il va plus valoriser son travail au lieu de valoriser uniquement le prix de la pièce lors d'une réparation au sous-ensemble. Par ailleurs, le réparateur augmente généralement sa marge par rapport à une réparation au composant. Ceci n'est pas valable lors des actes de maintenance réalisées par les techniciens réparateurs internes à l'entreprise qui utilisent l'EEE.

Différents leviers à la réparation au composant ont été soulevés par les acteurs interrogés en fonction des types de sous-ensembles, notamment :

- Certains sous-ensembles sont couplés à d'autres sous-ensembles d'un produit et la réparation au composant permet d'éviter de remplacer deux sous-ensembles pour un coût de réparation plus important. Par exemple, si un variateur de vitesse tombe en panne et que celui-ci n'est plus fabriqué, la réparation au sous-ensemble impliquerait de devoir également remplacer le moteur associé pour que les deux pièces soient compatibles. Dans ce cas, il est préférable de réparer au composant pour éviter un investissement plus coûteux.
- Le prix de certains sous-ensembles électriques neufs (dont ceux ayant une faible puissance) ayant augmenté, le prix de la réparation au composant sur ces sous-ensembles devient plus compétitif. Par exemple, auparavant, le coût de main d'œuvre du rebobinage d'un moteur en dessous de 11 kW était trop élevé par rapport au prix du produit neuf.

Différents freins à la réparation au composant ont été soulevés les acteurs interrogés (SIRMELEC et entreprises de réparation) :

- L'investissement dans un sous-ensemble neuf (ex : pompe, moteur, transformateur) est souvent associé à des avantages comptables. En effet, les investissements dans des équipements neufs sont des immobilisations permettant un amortissement comptable. Les prestations de réparation et de maintenance sont des charges dans le compte de résultats des entreprises et les cas permettant de passer les dépenses d'entretien et de maintenance en investissement sont très restreints et méconnus des entreprises.
- Les entreprises achetant des nouveaux EEE professionnels neufs ou des sous-ensembles moins énergivores peuvent obtenir une aide financière via le certificat d'économie d'énergie entreprise (CEE) . Cette aide ne permet pas de valoriser les produits reconditionnés et la réparation des équipements, à niveau performance égal aux produits neufs.
- En fonction du produit et de la panne, la réparation peut nécessiter de remplacer un composant ou plusieurs composants en même temps. Si plusieurs composants électriques doivent être changés, le prix de réparation pour le client peut parfois coûter plus cher que le prix de la réparation au sous-ensemble.

3.3.1.7. Compétences et formations nécessaires

Selon un acteur interrogé, même si un technicien a de l'expérience dans la maintenance classique, il doit être formé à la réparation plus poussée pour savoir faire de la réparation au composant. Pour opérer les outils il faut avoir des compétences d'ingénieur et de technicien électronique et électromécanique. Par exemple, pour le rebobinage, il est nécessaire d'avoir un technicien qualifié (métier de bobinier ou bobinière).

Selon les acteurs interrogés, trois axes formations sont utilisés pour former les réparateurs :

- Formation/Certification via un organisme externe : Formations spécifiques via verticaux métiers comme Cap Tronic. Le SIRMELEC a redémarré une formation de bobiniers avec le pôle de formation de l'UIMM et certaines écoles (Nantes, Lyon et Alsace) ;
- Formation interne ;
- Compagnonnage/formation d'apprentis.

SIRMELEC et les entreprises de réparation interrogées constatent un manque de compétence pour la réparation au composant dans la filière dû à :

- Un manque de personnes formées : Les jeunes techniciens recrutés apprennent la fonction globale de la carte électronique mais pas le fonctionnement de chaque composant. Les entreprises doivent souvent former elles-mêmes leurs techniciens et cela prend du temps.
- le départ en retraite des techniciens qualifiés : Ceci induit une perte de connaissance et d'expérience dans la réparation au composant.
- un manque de formations en France :
    - Par exemple, pour la formation d'électro bobiner (CQPM), il n'y a que 3 formations en France. En fonction de la situation géographique, il peut être difficile pour les candidats des suivre une formation si elle est loin de leur domicile.
    - Des formations à la carte, pour un besoin ponctuel, par des centres de formation existent mais ne sont pas à l'avantage des petites entreprises car elles ne sont réalisées qu'à partir de minimum 10 techniciens à former.
- la mauvaise image de la profession : La maintenance et la réparation sont vu comme un travail lourd et peu attrayant. De plus, c'est un métier parfois exigeant pour répondre aux urgences des clients. Il faudrait restimuler le secteur.

3.3.1.8. Responsabilité

Les entreprises de réparation donnent une garantie sur les réparations réalisées au composant et au sous-ensemble. La plupart du temps, elles s'alignent sur les durées des garanties commerciales du fabricant de produits neufs pour rendre leur activité attractive. La durée des garanties de réparation :

- sur l'électronique : de 6 à 24 mois ;
- sur le moteur : 6 à 12 mois.

Selon les acteurs interrogés, il n'y a pas d'enjeu en matière de responsabilité lors de la réparation au composant. La responsabilité civile professionnelle des entreprises de réparation couvre tous type de réparation. Si un arrêt de production a lieu après une réparation faite par l'entreprise de réparation, alors l'assurance va couvrir les pertes de chiffre d'affaires du client.[13]

Les fabricants interrogés ne sont pas favorables à la réparation au composant faite par les réparateurs car leur crainte est que, lorsque la réparation au composant se passe mal, les clients auront une mauvaise image du produit et donc de la marque, même si c'est la faute du réparateur.

3.4. Gains environnementaux

La réparation permet de faire des gains environnementaux car l'acte d'achat d'équipements neufs (au lieu de la réparation) est repoussé et ses impacts avec. Lorsqu'on calcule les gains environnementaux de la réparation, on prend notamment en compte la production des pièces qui vont être remplacées et les outils spécifiques utilisés pour la réparation **Ce sont les remplacements des pièces qui ont le plus d'impacts dans les impacts de la réparation.** Les consommations d'énergie du réparateur et les étapes de logistique amont et aval sont négligeables.

[13] Le plafond de l'indemnisation de garantie varie entre 5 et 8 millions €. La franchise à payer pour l'entreprise de réparation se situe autour de 150 000 €.

La réparation au composant permettrait donc de générer plus de gains environnementaux que la réparation au sous-ensemble puisque le composant qui est remplacé est une partie du sous-ensemble (pièce détachée) qui aurait pu être remplacé.

3.4.1. Sources d'impact du reconditionnement un équipement électronique

L'ADEME a réalisé une étude sur l'évaluation de l'impact environnemental d'un ensemble de produits reconditionnés[14]. Cette étude montre que le reconditionnement des équipements représente la majorité des impacts (25% à 95%). Comme pour les équipements neufs et malgré un impact plus faible de la phase de production, la phase d'usage présente des impacts moindres (hors radiations ionisantes et épuisement des ressources fossiles). La part des logistiques amont et aval représente 14 à 30% (pour les indicateurs où elle a un impact significatif). L'étude indique également que **plus on ajoute d'accessoires et plus on change les pièces détachées, plus l'impact du reconditionnement est important**. En effet, le changement d'un écran entraîne une augmentation de l'impact d'une opération de reconditionnement allant de +15 à +75% d'impacts/référence en fonction de l'indicateur étudié et de la technologie d'écran considérée, un changement de batterie entraîne une variation de +5 à +65% d'impacts. Ainsi, bien que tous les scénarios de reconditionnement représentent un avantage significatif vis à vis du neuf, il est possible d'optimiser les impacts du reconditionnement. Pour ce faire, il convient de :

- Mener une **politique raisonnée de changement de pièces**
- Utiliser des pièces de seconde main

Ajouter le moins possible d'accessoires et, a fortiori, d'accessoires neufs.

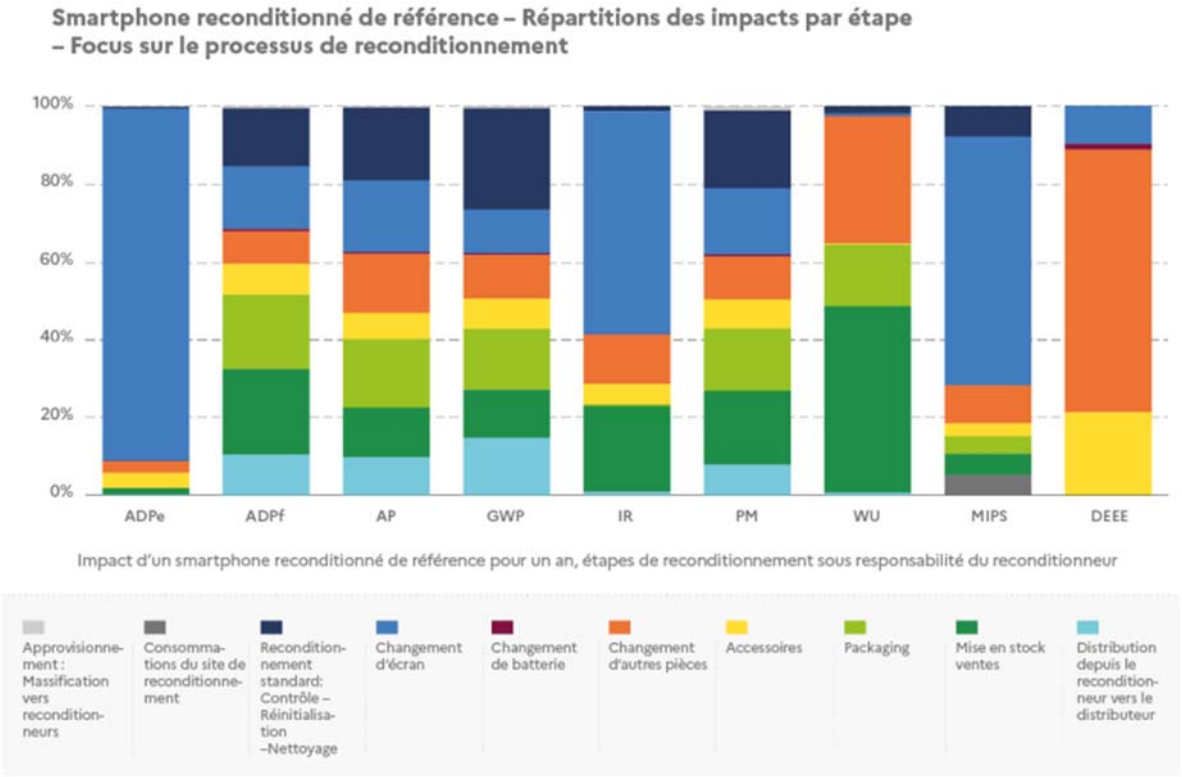


Figure 9 - Smartphone reconditionné de référence - Répartitions des impacts par étape - Focus sur le processus de reconditionnement

Figure 9: Smartphone reconditionné de référence – Répartition des impacts par étape – focus sur le processus de reconditionnement

[14] Auteurs : FANGEAT Erwann, ADEME, Laurent ESKENAZI, Eric FOURBOUL, Hubblo, Julie ORGELETDELMAS, DDemain, Etienne LEES PERASSO, Firmin DOMON, LCIE Bureau Veritas 2022. Evaluation de l'impact environnemental d'un ensemble de produits reconditionnés

3.4.2. Sources d'impact d'un équipement électrique et électronique

Selon deux études ADEME sur l'analyse du cycle de vie de différents équipements électriques et électroniques[15], l'extraction et la production de matières premières et de composants est dominante pour l'indicateur « changement climatique » et l'indicateur « épuisement des ressources minérales et fossiles ».

Pour l'indicateur de changement climatique, les procédés contributeurs de la phase de production des matières premières sont :

- **La production des métaux et** notamment de l'acier ou l'aluminium qui sont généralement les métaux en plus grande quantité dans les produits.
- **Les composants électroniques**. Plus l'équipement contient de composants électroniques plus l'impact du produit est élevé. Par exemple, l'or et le platine dans les cartes électroniques ont une contribution élevée sur le changement climatique et l'utilisation de ressources minérales. Le type de composant et leur nombre sur une carte électronique influencent fortement les résultats.
- **La batterie** est également un contributeur important lorsqu'elle est présente dans le produit.
- **La production des plastiques** (PS, PU, PP, ABS) dans une moindre mesure.

Les résultats présentés dans les diagrammes ci-dessous montrent que l'indicateur « changement climatique » pour les petits équipements informatiques et de télécommunications, le matériel grand public et les outils électriques et électroniques, est dominé par la phase d'extraction et de production des matières premières et des composants. En effet, les composants électroniques nécessitent pour leur fabrication une grande quantité d'énergie et de matériaux rare dont l'extraction est complexe et génératrice d'impacts. L'impact est moins grand pour les petits et gros électroménagers.

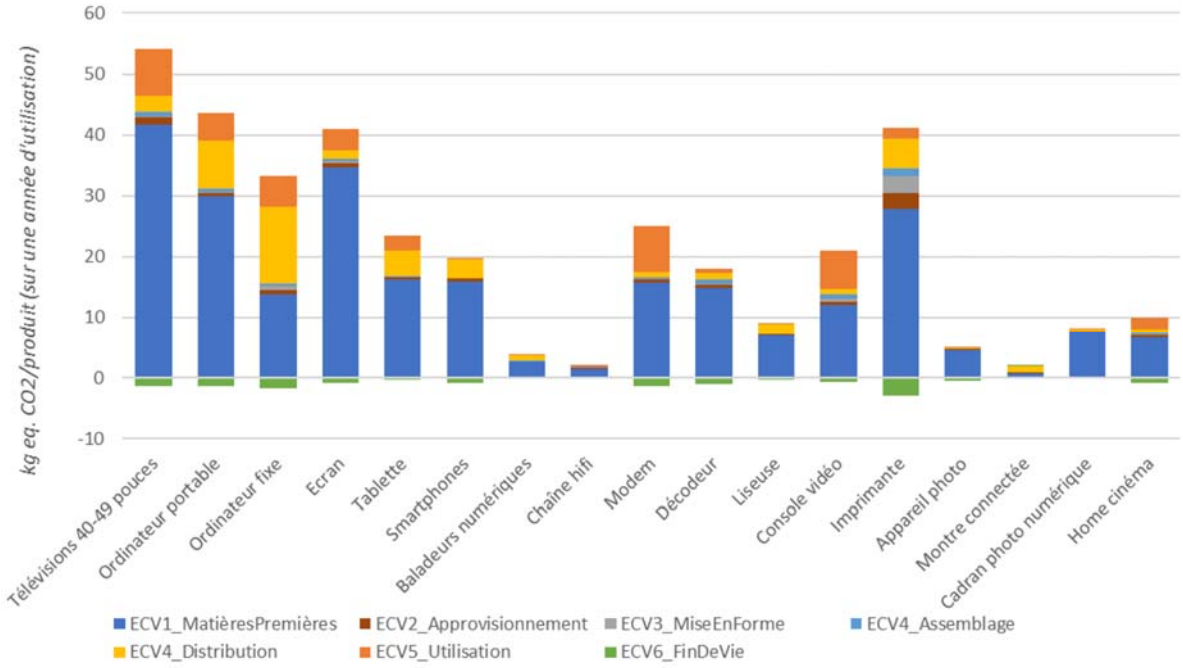


Figure 10: Contribution des appareils électriques à forte composante électronique domestiques au changement climatique en cradle-to-grave

[15] ADEME. J.Lhotellier, E.Less, E.Bossanne, S.Pesnel. Mars 2018. Modélisation et évaluation ACV de produits de consommation et biens d'équipements – Rapport. 188 pages.
ADEME. J.Lhotellier RDC Environment. Décembre 2019. Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement – Rapport. 180 pages.

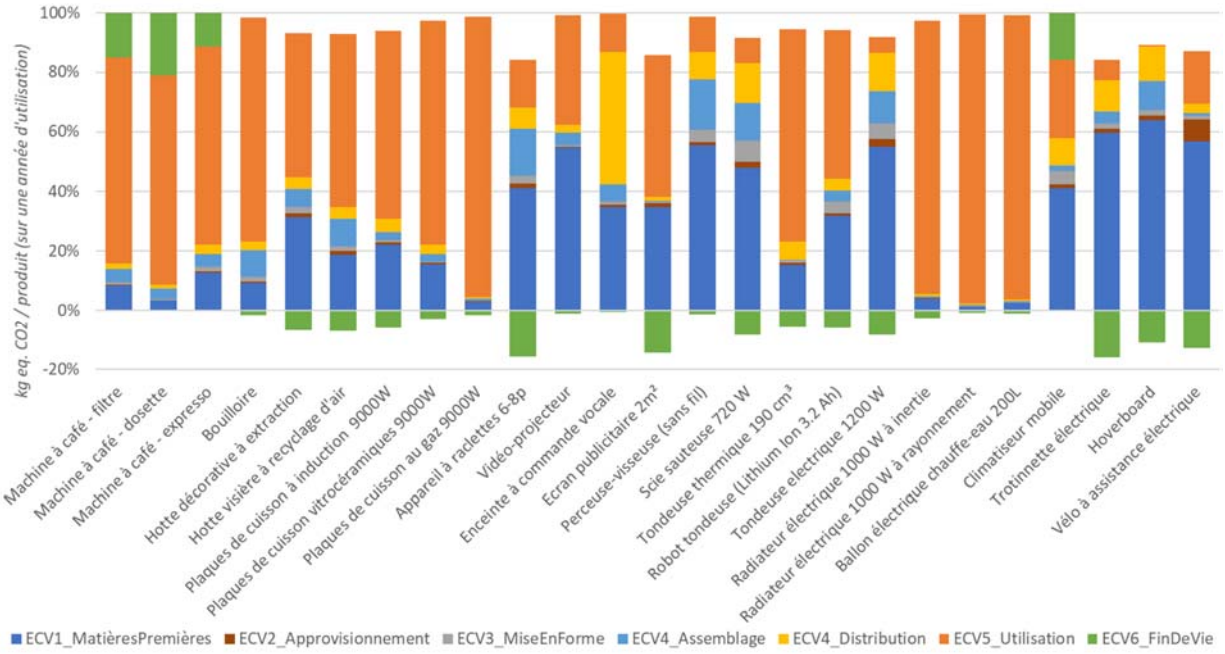


Figure 11: Contribution (en pourcentage) au changement climatique par année d'utilisation

Le diagramme ci-dessous montre que l'indicateur « épuisement des ressources minérales et fossiles » est dominé par la phase d'extraction et de production des matières premières et des composants pour les équipements à fort composant électronique (petits équipements informatiques et de télécommunication et le matériel grand public). En effet, cette catégorie d'impact considère l'extraction des matériaux, or les produits électroniques contiennent de nombreux matériaux rares (or, argent, étain, indium, terres rares, etc.). L'impact est moins grand pour les petits et gros électroménagers.

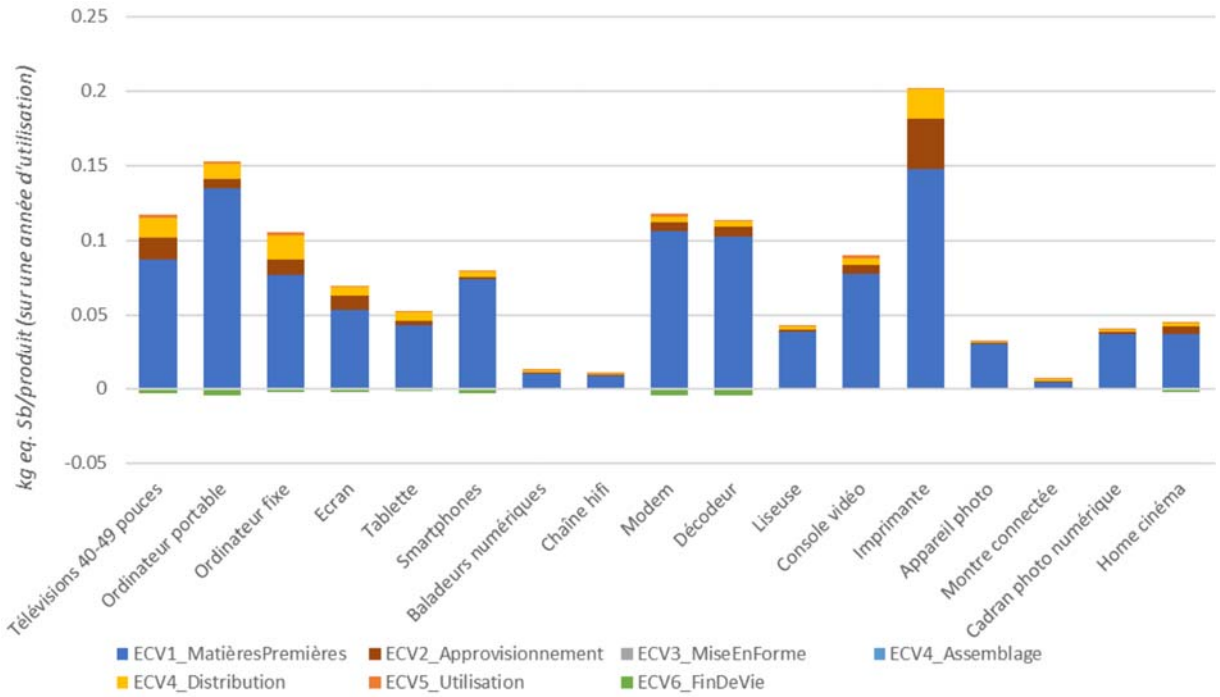


Figure 12: Contribution des appareils électriques à forte composante électronique domestiques à l'épuisement des ressources minérales et fossiles en cradle-to-grave

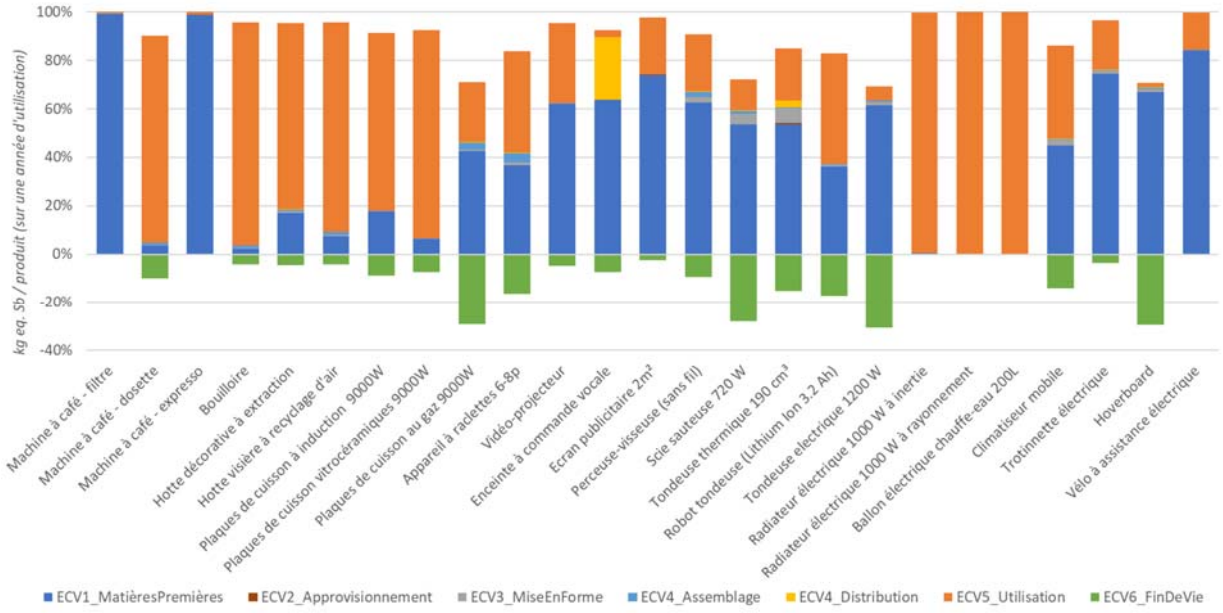


Figure 13: Contribution (en pourcentage) à l'épuisement des ressources minérales et fossiles

La réparation au composant permet donc d'économiser des consommations inutiles de matières premières. Les bénéfices de ce type de réparation sont particulièrement élevés pour la réparation des cartes électroniques.

3.4.3. Gains associés à l'augmentation de la durée d'usage

Les résultats de la réparation des barres LED d'une télévision hors domicile sont présentés pour illustrer les gains associés à l'augmentation de la durée d'usage[16].

Le scénario d'allongement de la durée d'usage pour les télévisions comprend :

- La fabrication, distribution et utilisation pendant x années ;
- 2 Aller-retours domicile-réparateur/magasin ;
- La réparation ;
- L'utilisation pendant y ans ;
- Le transport et fin de vie de l'équipement.

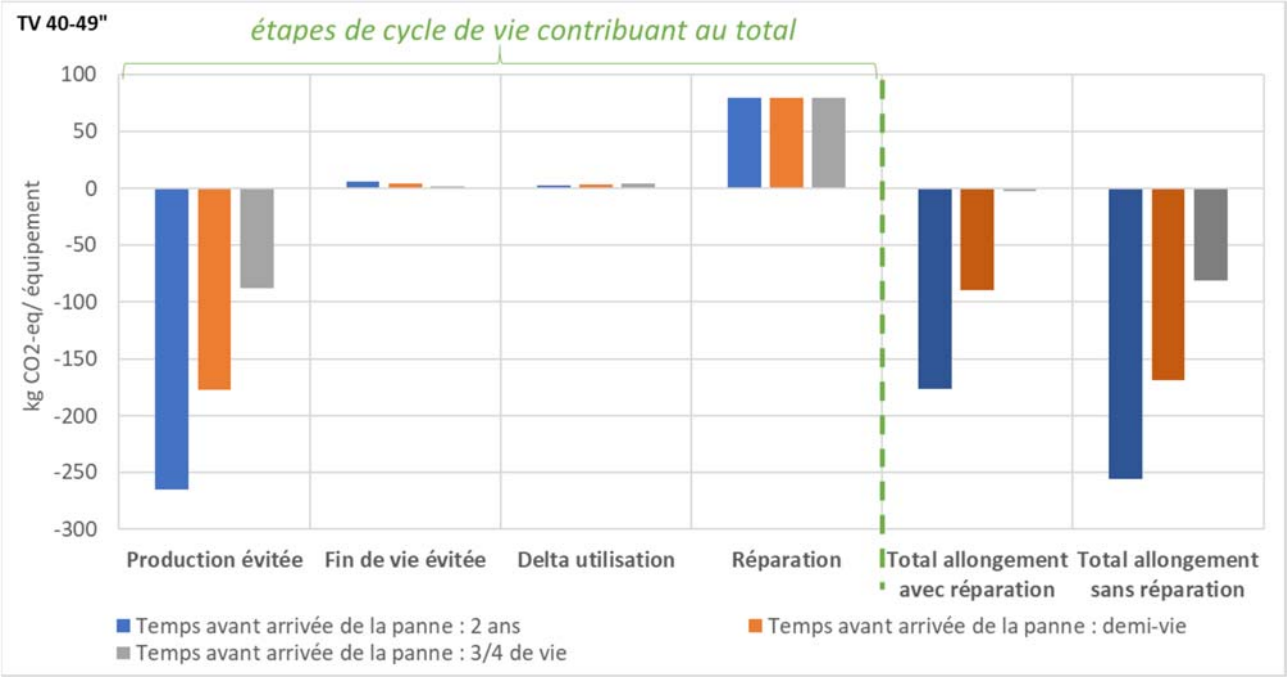


Figure 14: Résultats du scénario d'allongement de la durée d'usage pour les télévisions sur l'indicateur de changement climatique

Comme présenté dans le graphique ci-dessus, il y a toujours un bénéfice à allonger la durée d'usage de la télévision pour les scénarios étudiés :

- La production évitée de l'équipement neuf et l'impact de la réparation sont les deux principales étapes contributrices au total ;
- Les impacts de la réparation sont identiques dans toutes les situations puisqu'un seul scénario de réparation est retenu. Ils se répartissent entre :
    - Le transport du consommateur (entre 7 et 14% des impacts de réparation),
    - La production de la nouvelle pièce et sa distribution (entre 85 et 92% des impacts de réparation),
    - La fin de vie de l'ancienne pièce (1% des impacts de réparation).
- Si l'étude avait comparé différents scénarios de réparation, on aurait pu observer que la réparation au sous-ensemble (changer la dalle) aurait eu un plus grand impact que la réparation au composant (changer une ou plusieurs barres LED) car la production de la dalle aurait augmenté l'impact de la production de la nouvelle pièce.

Remarque : le delta utilisation représente la différence entre la consommation énergétique d'un équipement neuf et la consommation énergétique de l'ancien équipement réparé.

[16] ADEME. J.Lhotellier RDC Environment. Décembre 2019. Modélisation et évaluation environnementale de produits de consommation et biens d'équipement – Rapport. 180 pages.

3.5. Bilan de l'étude exploratoire

3.5.1. Analyse AFOM

Le tableau ci-dessous présente l'analyse AFOM (atouts, faiblesses, opportunités et menaces) pour la réparation au composant par rapport à réparation au sous-ensemble. Les éléments spécifiques au EEE grand public sont indiqués en vert et les éléments spécifiques pour les EEE professionnels sont indiqués en bleu.

Atouts	Faiblesses
• La possibilité de sauver un équipement pour lequel le sous-ensemble n'est plus disponible (ex : équipement trop ancien ou équipement fait sur mesure) et allonger la durée d'usage des produits (notamment contrer l'obsolescence programmée) • Le prix plus faible des composants par rapport au prix de la plupart des sous-ensembles et donc baisse du coût de la réparation hors main d'œuvre • La disponibilité des composants standards et l'indisponibilité de certains sous-ensembles • L'intérêt économique pour le réparateur car il valorise généralement plus son travail que la vente de pièces détachées pour les sous-ensembles et augmente généralement ses marges • Les compétences techniques de certains réparateurs pour faire de la réparation au composant, notamment les compétences permettant de faire du reverse engineering pour recréer les schémas et plans nécessaires à la réparation au composant • L'intérêt technique des réparateurs pour la réparation au composant • L'intérêt environnemental de la réparation au composant par rapport à la réparation au sous-ensemble, mis en avant par les réparateurs	• Le manque de formation des techniciens en France (électronique, électricité, réparation au composant) • Les compétences nécessaires pour utiliser les équipements de soudure, micro-soudure • La disparition des formations spécifiques données par les fabricants aux réparateurs agréés et indépendants • Le départ en retraite de nombreux techniciens qualifiés • La filière de maintenance et de réparation est peu connue par les jeunes et les jeunes qui connaissent son existence n'ont pas une bonne image de celle-ci. • Le problème d'approvisionnement pour certains composants moins standards • La difficulté d'identifier le(s) composant(s) défectueux • Le temps de diagnostic plus long lors de nouvelles pannes des composants que pour des sous-ensembles et donc augmentation du coût de la main d'œuvre • Le coût d'investissement de certains équipements et outils pour réparer au composant

Opportunités	Menaces
• L'indice de réparabilité valorisant la mise à disposition du schéma de la carte électronique. • Les Règlements européens sur l'écoconception obligeant les fabricants de certaines catégories de produits à mettre à disposition des réparateurs des pièces de rechange (dont certains composants) et de la documentation technique pendant une certaine durée. • La crise d'approvisionnement des équipements et sous-ensembles neufs • L'existence de plateformes et forums permettant aux réparateurs d'obtenir de la documentation technique (ex : schémas des sous-ensembles), identifier les pannes fréquentes par appareil, identifier les références des composants et s'échanger des informations. • La demande de réparation au composant venant de certains clients • L'intérêt économique pour les clients/consommateurs car la réparation au composant fait généralement baisser le coût de la réparation pour le client	• Notion de responsabilité de la réparation au composant (fournisseur de composant, réparateurs, fabricants, etc.) pas claire pour la plupart des acteurs • L'indisponibilité de la documentation technique (schémas de cartes électroniques, plans de bobinage, nomenclature des composants) auprès des fabricants • La présence de logiciel dans les composants électroniques de type software (les réparateurs n'ont pas les clés pour réinitialiser les logiciels des composants) • Les produits pas toujours conçus pour pouvoir atteindre et/ou séparer les composants (ex : miniaturisation des composants de carte électronique, impressions multicouches, résines sur carte électronique, pâtes de soudure en dessous du composant, vernis/silicone sur les cartes électroniques, circuits intégrés billés sur la carte, dalles de TV collées, rivets sertis sur les moteurs, variateur de vitesse embarqué non modulaire, moteurs encapsulés etc.) • Industries internationales de production d'EEE et règlementations nationales en matière de réparation. Cela va poser soucis en termes de design car il sera de plus en plus difficile pour les fabricants de répondre à toutes les règlementations avec un seul produit. • Les critères principaux de l'indice de réparabilité se concentrant à l'échelle des sous-ensembles • La vitesse d'évolution des technologies avec plus de fonctions (donc plus de pièces et/ou de logiciels) et des produits de plus en plus petits (miniaturisation), empêche la création de marché de composant et rend difficile la formation continue sur ces nouvelles technologies • Mauvaise utilisation de l'appareil par le consommateur pouvant endommager le sous-ensemble et empêcher la réparation au composant • L'argument écologique n'est pas le moteur principal des clients et des industriels pour la réparation au composant • Concurrence entre le marché des sous-ensembles neufs et des composants si la crise d'approvisionnement se résorbe

Tableau 8: Analyse AFOM de la réparation au composant d'EEE grand public et EEE professionnels

3.5.3. Champs d'applications

Actuellement, la réparation au composant est principalement réalisée :

- Pour les EEE grand public
    - Principalement sur des composants électroniques (composants traversants, composants montés en surface, bobines, trimmers, puces / BGA / Circuits prédiffusés programmables (FPGA, relais de commande ou de puissance, connecteurs, optocoupleurs, barres de LED, etc.) ;
    - Principalement pour les catégories de produits suivantes : les gros électroménagers, l'électronique grand public, les petits équipements informatiques et de télécommunication et les petits électroménagers.
- Pour les EEE professionnels
    - Principalement sur des composants électriques (circuits magnétiques, enroulements, bobinages, paliers, résistances, freins mécaniques, garnitures mécaniques, turbines, aubes, contacts de puissance, moteurs, embiellements mécaniques, prises de réglage, commutateurs, disjoncteurs, etc.)[17] ;
    - Principalement pour les catégories de produits suivantes : les équipements industriels, les outils électriques et électroniques professionnels, les équipements de production, stockage et conversion d'énergie et les chaînes de traction électriques.

3.5.4. Intérêts de la réparation au composant

La réparation au composant pour les EEE grand public et les EEE professionnels est **généralement favorable** d'un point de vue économique et environnemental pour les composants électroniques et électriques réparés actuellement.

Les principaux intérêts économiques et techniques de la réparation au composant sont :

- La réduction du prix de la réparation pour le consommateur/client ;
- La possibilité de sauver un équipement qui n'est pas réparable au sous-ensemble (ex : équipement trop ancien, équipement fait sur mesure ou obsolescence) ;
- La réparation de l'équipement professionnel dans un délai plus rapide (car pièce du composant en stock mais pas le sous-ensemble) permettant de limiter les arrêts de production / exploitation sur le site du client.

3.5.5. Freins de la réparation au composant

Les principaux freins identifiés pour la réparation au composant via les enquêtes et les entretiens avec les acteurs de la réparation sont (par ordre décroissant d'importance) :

Pour les EEE grand public :

- L'indisponibilité de la documentation technique auprès des fabricants ;
- Le manque de formation (électronique, électricité, réparation au composant) des réparateurs, et donc le manque de compétences des réparateurs ;
- La conception des produits qui ne permet pas toujours d'atteindre et/ou de séparer les composants (ex : miniaturisation des composants de carte électronique, impressions multicouches,

[17] Selon SIRMELEC (représentant les entreprises de services et de maintenance de matériel électrique)., la réparation au composant se fait actuellement autant sur les composants électriques et électroniques pour les EEE professionnels en fonction des métiers. Le bilan issu des entretiens et de l'enquête est biaisé car les acteurs faisant de la réparation au composant électrique sur les EEE professionnels ont été surreprésentés dans les entretiens et dans l'enquête.

résines sur carte électronique, pâtes de soudure en dessous du composant, vernis/silicone sur les cartes électroniques, circuits intégrés billés sur la carte, dalles de TV collées) ;

- Le temps de diagnostic plus long lors de nouvelles pannes des composants que pour des sous-ensembles ;
- Le coût d'investissement de certains équipements et outils pour réparer au composant ;
- La vitesse d'évolution des technologies avec plus de fonctions (donc plus de pièces ou plus de logiciels) et des produits de plus en plus petits (miniaturisation), empêchant la création de marché de composant et rendant difficile la formation sur ces nouvelles technologies ;
- La difficulté d'identifier le(s) composant(s) défectueux.

Pour les EEE professionnels :

- Le manque de formation (électronique, électricité, réparation au composant) des réparateurs et, donc le manque de compétences des réparateurs ;
- Le manque de ressources humaine dû à la mauvaise image de la filière de maintenance et réparation des équipements électriques et électroniques auprès des jeunes et au manque de connaissance de la filière de réparation au composant par les jeunes ;
- La conception des produits qui ne permet pas toujours d'atteindre et/ou de séparer les composants (ex : miniaturisation des composants de carte électronique, impressions multicouches, résines sur carte électronique, pâtes de soudure en dessous du composant, vernis/silicone sur les cartes électroniques, circuits intégrés billés sur la carte, dalles de TV collées, rivets sertis sur les moteurs, variateur de vitesse embarqué non modulaire, moteurs encapsulés etc.) ;
- L'indisponibilité de la documentation technique auprès des fabricants ;
- La difficulté d'identifier le(s) composant(s) défectueux.

4. Phase 2 – pistes d'actions

Les discussions en sous-groupes et ensuite en séance plénière lors du GT le 1 juin ont permis de lister et qualifier toute une série d'actions à mener pour favoriser la réparation au composant.

Certaines actions favorisent la réparation au composant par rapport à la réparation au sous-ensemble (pièce détachée) et d'autres actions sont plus larges et favorisent la réparation en général.

4.1. Actions favorisant la réparation au composant par rapport à la réparation au sous-ensemble

N°	Action	Champs de l'action	Type d'action (réglementaire, technique, formation, financier, communication/ sensibilisation)	Niveau d'impact *(faible, moyen, élevé)*	Facilité de mise en œuvre *(facile, moyen, difficile)*	Acteurs concernés
1	Étudier la faisabilité et l'impact sur la durée de vie de l'interdiction de nouvelles techniques limitant la réparation au composant en veillant à une cohérence avec d'autres caractéristiques (taille, poids, place, …). Ex : supprimer la colle sur les cartes électroniques empêchant la réparation au composant, interdire de souder 2 cartes mères, …	EEE grand public et professionnels	Réglementaire	Élevé	Difficile	Fabricants, fédérations, réparateurs
2	Imposer la mise à disposition de documentation technique (plan de bobinage, schéma de puissance, nomenclature des composants de puissance et d'alimentation) aux réparateurs professionnels qui le demandent dans le Règlement Européen Ecodesign => besoin d'identifier quelles informations sont nécessaires pour la	EEE grand public et professionnels	Réglementaire	Élevé	Moyen	Fabricants, réparateurs, Commission européenne

N°	Action	Champs de l'action	Type d'action (réglementaire, technique, formation, financier, communication/ sensibilisation)	Niveau d'impact *(faible, moyen, élevé)*	Facilité de mise en œuvre *(facile, moyen, difficile)*	Acteurs concernés
	réparation tout en respectant la propriété intellectuelle					
3	Savoir identifier/ avoir accès aux composants qualifiés des fabricants avec les caractéristiques des tolérances et nominales	EEE grand public et professionnels	Technique	Élevé	Difficile	Fabricants, réparateurs
4	Universaliser certains composants au sein des marques	EEE grand public et professionnels	Technique	Moyen : nombre de pièces limité	Difficile	Fabricants, Institutions, ONG
5	Mettre en place une formation à la réparation au composant dédiée aux métiers d'atelier (petit ou industriel) dans le programme des formations professionnelles	EEE grand public et professionnels	Formation	Moyen	Facile	France Compétences, CFA, CF Continu, Ecole BTS
6	Élargir les critères comptables pour pouvoir inclure les coûts de prestations de réparation au compte d'actifs des entreprises afin que les réparations au composant bénéficient d'un traitement comptable équivalent à celui des équipements neufs (amortissement possible au lieu de charge directe)	EEE professionnels	Réglementaire, financier	Moyen	Facile	Ministère de l'Économie et des Finances,
7	Subventionner les formations de réparation au composant	EEE grand public et professionnels	Financier	Faible	Moyen	France Compétences, ministère de l'Éducation,

N°	Action	Champs de l'action	Type d'action (réglementaire, technique, formation, financier, communication/ sensibilisation)	Niveau d'impact *(faible, moyen, élevé)*	Facilité de mise en œuvre *(facile, moyen, difficile)*	Acteurs concernés
	Note : les formations reconnues par France Compétences sont plus faciles à faire financer => il est donc recommandé de les contacter et de les impliquer					Ministère du travail, ministère de l'Environnement

Tableau 9: Qualification des actions recommandées pour favoriser la réparation au composant

4.2. Actions favorisant la réparation en général

N°	Action	Champs de l'action	Type d'action (réglementaire, technique, formation, financier, communication/ sensibilisation)	Niveau d'impact *(faible, moyen, élevé)*	Facilité de mise en œuvre *(facile, moyen, difficile)*	Acteurs concernés
8	Intégrer des critères de réparabilité dans le règlement européen d'écoconception, en veillant à une cohérence avec d'autres critères d'écoconception dans les règlements (Ex : miniaturisation permettant de réduire le poids et la taille mais limitant la réparation)	EEE grand public et professionnels	Réglementaire	Élevé	Moyen : le règlement existe déjà mais c'est au niveau de l'UE donc plus long	Fabricants, réparateurs, Pouvoirs publics (France et EU)
9	Définir les qualifications attendues dans les formations diplômantes et les faires certifier par l'Etat afin d'éviter les formations non qualifiées	EEE grand public et professionnels	Formation, réglementaire	Moyen	Moyen	Ministère de l'éducation nationale, France Compétences
10	Réduire les charges sociales suite à l'embauche d'un jeune professionnel	EEE professionnels	Réglementaire, financier	Moyen	Facile	Ministère de l'Économie et des Finances
11	Intégrer dans les Certificats d'Économie d'Energie (CEE) les EEE reconditionnés/remanufacturés/réparés à niveau de performance égal	EEE professionnels: moteurs	Financier	Élevé	Moyen	PP (DGEC du Ministère de la transition écologique)
12	Imposer un pourcentage d'EEE réparés /reconditionnés (avec étape de réparation au composant) dans les achats publics	EEE professionnels	Réglementaire	Moyen	Moyen	Pouvoirs publics
13	Élaborer un label « réparé en France » ou l'intégrer dans le label Coq Vert	EEE professionnels	Communication/sensibilisation	Moyen	Facile	Syndicat, ADEME, BPI France

N°	Action	Champs de l'action	Type d'action (réglementaire, technique, formation, financier, communication/ sensibilisation)	Niveau d'impact *(faible, moyen, élevé)*	Facilité de mise en œuvre *(facile, moyen, difficile)*	Acteurs concernés
14	Sensibiliser dès la petite enfance, via des ateliers dans les écoles pour favoriser le plaisir et la fierté de réparer	EEE grand public	Communication/sensibilisation	Faible	Facile	Ministre de l'éducation, fabricants, réseau Ducretet
15	Investir les réseaux sociaux pour mettre en avant les métiers de la réparation (Ex : campagne d'influence sur les makers et le Do It Yourself)	EEE grand public	Communication/sensibilisation	Faible	Facile	ADEME, réparateurs, ONG, Chambre des métiers
16	Promouvoir le métier de réparateur par les Chambres de métier dans les collèges	EEE grand public et professionnels	Communication/sensibilisation	Faible	Facile	Chambre des métiers

4.3. Niveau d'impact et facilité de mise en œuvre des actions

La figure ci-dessous présente ces actions en fonction de deux axes : le niveau d'impact et la facilité de mise en œuvre.

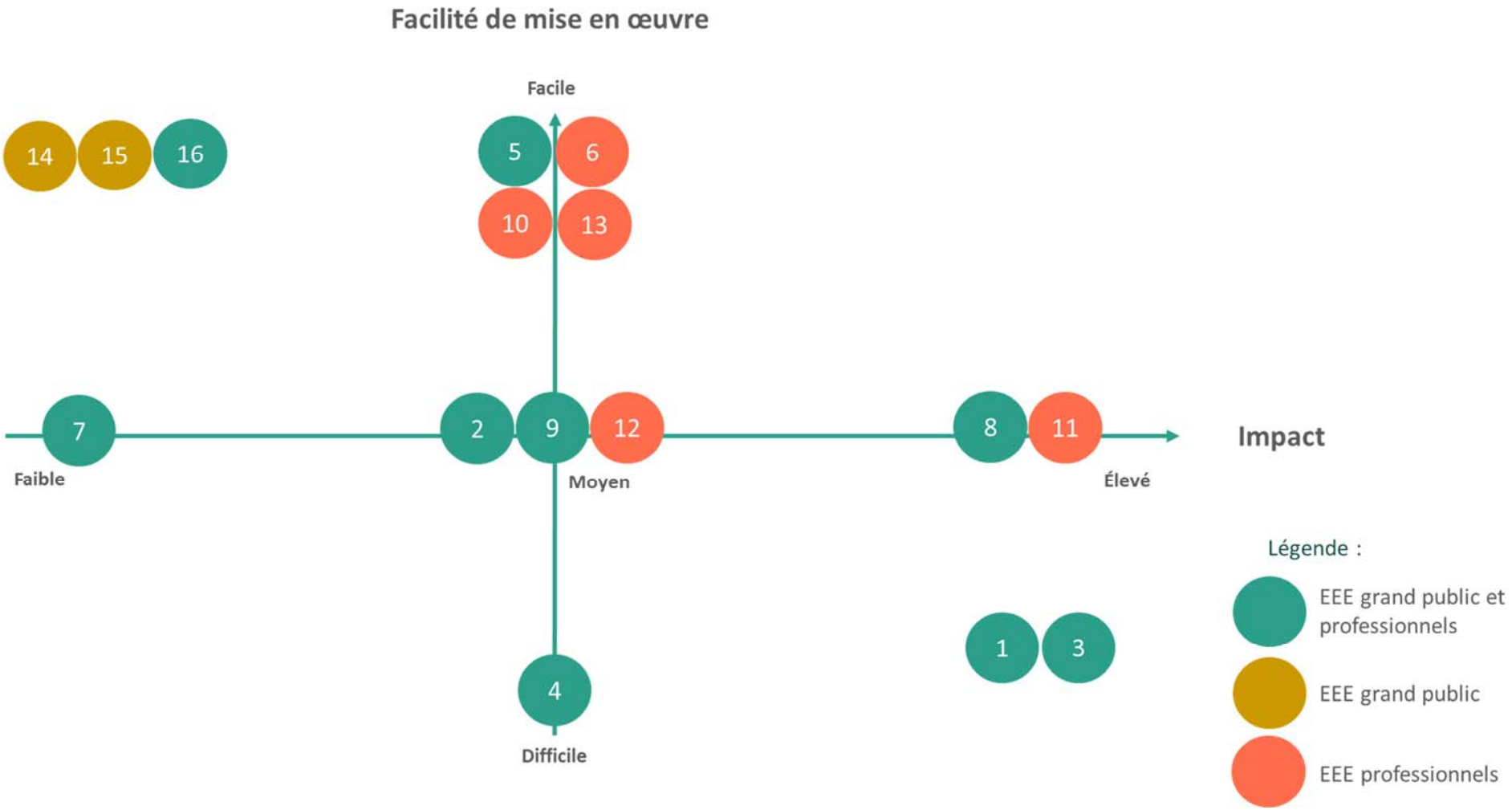


Figure 15: Matrice Facilité de mise en œuvre / Impact des actions recommandées pour favoriser la réparation au composant

5. Conclusions

- **Une notion générale de réparation au composant a été définie, même si la définition peut varier d'une catégorie d'EEE à une autre.**

La réparation au composant d'un équipement électrique et électronique nécessite de réparer ou remplacer une ou plusieurs pièces (composants) électrique(s) ou électronique(s) d'un sous-ensemble (pièce détachée) faisant partie de l'équipement électrique et électronique, dans un ou des cas suivants :

- via une technique de démontage complexe et/ou longue (ex : soudure, micro-soudure) qui peut détruire ou nuire à l'utilisation prévue du composant;
- nécessitant un diagnostic complexe et du matériel spécifique ;
- pour lesquelles les pièces de rechange (=composants) ne sont pas mises sur le marché et/ou en service par les fabricants des équipements électriques et électroniques sous forme de pièces détachées destinées aux utilisateurs finaux.

- **Une première vision des activités de réparation au composant réalisées à ce jour et de leurs intérêts a été définie, même si les résultats ne sont pas représentatifs de l'ensemble des activités de réparation d'EEE**

Selon les entretiens menés et les 2 enquêtes réalisées auprès de réparateurs d'EEE grand public et professionnels, la réparation au composant est principalement réalisée actuellement :

- Pour les EEE grand public
    - Principalement sur des composants électroniques (composants traversants, composants montés en surface, bobines, trimmers, puces / BGA / Circuits prédiffusés programmables (FPGA, relais de commande ou de puissance, connecteurs, optocoupleurs, barres de LED, etc.) ;
    - Principalement pour les catégories de produits suivantes : les gros électroménagers, l'électronique grand public, les petits équipements informatiques et de télécommunication et les petits électroménagers.
- Pour les EEE professionnels
    - Principalement sur des composants électriques[18] (circuits magnétiques, enroulements, bobinages, paliers, résistances, freins mécaniques, garnitures mécaniques, turbines, aubes, contacts de puissance, moteurs, embiellements mécaniques, prises de réglage, commutateurs, disjoncteurs, etc.);
    - Principalement pour les catégories de produits suivantes : les équipements industriels, les outils électriques et électroniques professionnels, les équipements de production, stockage et conversion d'énergie et les chaînes de traction électriques.

La réparation au composant pour les EEE grand public et les EEE professionnels est **généralement favorable** d'un point de vue économique et environnemental pour les composants électroniques et électriques réparés actuellement. Les principaux intérêts économiques et techniques de la réparation au composant sont :

- La réduction du prix de la réparation pour le consommateur/client ;
- La possibilité de sauver un équipement qui n'est pas réparable au sous-ensemble (ex : équipement trop ancien, équipement fait sur mesure ou obsolescence) ;
- La réparation de l'équipement professionnel dans un délai plus rapide (car pièce du composant en stock mais pas le sous-ensemble) permettant de limiter les arrêts de production / exploitation sur le site du client.

[18] Selon SIRMELEC (représentant les entreprises de services et de maintenance de matériel électrique)., la réparation au composant se fait actuellement autant sur les composants électriques et électroniques pour les EEE professionnels en fonction des métiers. Le bilan issu des entretiens et de l'enquête est biaisé car les acteurs faisant de la réparation au composant électrique sur les EEE professionnels ont été surreprésentés dans les entretiens et dans l'enquête.

- **De nombreux freins à la réparation au composant ont été identifiés, qui peuvent varier d'une catégorie d'EEE à un autre.**

Les principaux freins identifiés pour la réparation au composant via les enquêtes et les entretiens avec les acteurs de la réparation sont (par ordre décroissant d'importance) :

Pour les EEE grand public :

- L'indisponibilité de la documentation technique auprès des fabricants ;
- Le manque de formation (électronique, électricité, réparation au composant) des réparateurs, et donc le manque de compétences des réparateurs ;
- La conception des produits qui ne permet pas toujours d'atteindre et/ou de séparer les composants (ex : miniaturisation des composants de carte électronique, impressions multicouches, résines sur carte électronique, pâtes de soudure en dessous du composant, vernis/silicone sur les cartes électroniques, circuits intégrés billés sur la carte, dalles de TV collées) ;
- Le temps de diagnostic plus long lors de nouvelles pannes des composants que pour des sous-ensembles ;
- Le coût d'investissement de certains équipements et outils pour réparer au composant ;
- La vitesse d'évolution des technologies avec plus de fonctions (donc plus de pièces ou plus de logiciels) et des produits de plus en plus petits (miniaturisation), empêchant la création de marché de composant et rendant difficile la formation sur ces nouvelles technologies ;
- La difficulté d'identifier le(s) composant(s) défectueux.

Pour les EEE professionnels :

- Le manque de formation (électronique, électricité, réparation au composant) des réparateurs et, donc le manque de compétences des réparateurs ;
- Le manque de ressources humaine dû à la mauvaise image de la filière de maintenance et réparation des équipements électriques et électroniques auprès des jeunes et au manque de connaissance de la filière de réparation au composant par les jeunes ;
- La conception des produits qui ne permet pas toujours d'atteindre et/ou de séparer les composants (ex : miniaturisation des composants de carte électronique, impressions multicouches, résines sur carte électronique, pâtes de soudure en dessous du composant, vernis/silicone sur les cartes électroniques, circuits intégrés billés sur la carte, dalles de TV collées, rivets sertis sur les moteurs, variateur de vitesse embarqué non modulaire, moteurs encapsulés etc.) ;
- L'indisponibilité de la documentation technique auprès des fabricants ;
- La difficulté d'identifier le(s) composant(s) défectueux.

- **Des actions favorisant la réparation au composant ont été identifiées**

Les entretiens menés ainsi qu'une réunion de travail organisée avec les acteurs de la filière ont permis de lister 16 actions favorisant la réparation au composant dont 7 actions permettent de favoriser la réparation au composant par rapport à la réparation au sous-ensemble comme par exemple la mise en place de formations dédiées ou un travail sur la facilité d'identification des caractéristiques composants en vue d'un remplacement (pièce détachée) et 9 actions sont plus larges et favorisent la réparation en général.

Etant donné les spécificités de chacune des catégories de produits électriques et électroniques, il est recommandé de d'étudier le sujet de manière plus approfondie par catégorie de produits.

Tableaux

Tableau 1: Entretiens réalisés avec les représentants sectoriels....12
Tableau 2: Entretiens réalisés avec les acteurs de la réparation....13
Tableau 3: Participants au GT....14
Tableau 4: La réparation au composant permet de diminuer le prix des réparations....18
Tableau 5: La réparation au composant permet de sauver des appareils condamnés (pièce introuvable, trop chère, etc.)....18
Tableau 6: Sous-ensembles qui peuvent être réparés au composant....23
Tableau 7: Sous-ensembles qui peuvent être réparés au composant....45
Tableau 8: Analyse AFOM de la réparation au composant d'EEE grand public et EEE professionnels....60
Tableau 9: Qualification des actions recommandées pour favoriser la réparation au composant....65
Tableau 10: Activités de réparation par code NAF....75
Tableau 11: Raisons de réparer au composant....77
Tableau 12: Raisons de réparer au composant, par code NAF....79
Tableau 13: Répareriez-vous plus souvent au composant si vous disposiez....80
Tableau 14: Raisons de ne pas réparer au composant....82

Figures

Figure 1: Catégories de produits réparés au composant....17
Figure 2: Part de produits réparés au composant sur l'ensemble des réparations par catégorie de produit....17
Figure 3: Activité de réparation des entreprises interrogées par catégorie de produits....38
Figure 4: Types de composants électroniques réparés au composant....39
Figure 5: Types de sous-ensembles électriques réparés au composant....39
Figure 6: composants électriques remplacés sur un moteur électrique....40
Figure 7: Composants électriques remplacés sur une pompe....40
Figure 8: Composants électriques remplacés sur un transformateur électrique....41
Figure 9: Smartphone reconditionné de référence – Répartition des impacts par étape – focus sur le processus de reconditionnement....54
Figure 10: Contribution des appareils électriques à forte composante électronique domestiques au changement climatique en cradle-to-grave....55
Figure 11: Contribution (en pourcentage) au changement climatique par année d'utilisation....56
Figure 12: Contribution des appareils électriques à forte composante électronique domestiques à l'épuisement des ressources minérales et fossiles en cradle-to-grave....57
Figure 13: Contribution (en pourcentage) à l'épuisement des ressources minérales et fossiles....57
Figure 14: Résultats du scénario d'allongement de la durée d'usage pour les télévisions sur l'indicateur de changement climatique....58
Figure 15: Matrice Facilité de mise en œuvre / Impact des actions recommandées pour favoriser la réparation au composant....68
Figure 16: L'entreprise pratique-t-elle la réparation au composant ?....75
Figure 17: La réparation au composant permet de sauver des appareils condamnés (pièce introuvable, trop chère, etc.)....76
Figure 18: La réparation au composant permet de diminuer le prix des réparations....76
Figure 19: Les fabricants facilitent-ils la réparation au composant des PEM, GEM, ordinateurs et smartphones ?....80
Figure 20: Les fabricants facilitent-ils la réparation au composant des TV ?....81
Figure 21: Pensez-vous continuer à réparer au composant dans les années futures ?....81
Figure 22: Raisons de ne pas réparer au composant par code NAF....82
Figure 23: Que pensez-vous globalement de la réparation au composant ?....83
Figure 24: type de formation suivie....83
Figure 25: Réparation au composant....84
Figure 26: Part des produits réparés au composant électronique sur l'ensemble des réparations effectuées....84
Figure 27: Types de sous-ensembles réparés au composant....85
Figure 28: Part des produits réparés au composant électrique sur l'ensemble des réparations de moteurs électriques effectuées....85

Figure 29: Part des produits réparés au composant électrique sur l'ensemble des réparations de pompes effectuées 85
Figure 30: Part des produits réparés au composant électrique sur l'ensemble des réparations de transformateurs électriques effectuées 86
Figure 31: Raisons de réparer au composant électronique 86
Figure 32: Raisons de réparer au composant électrique 87
Figure 33: Les entreprises répareraient plus souvent au composant électronique si elles disposaient de 87
Figure 34: Les entreprises répareraient plus souvent au composant électrique si elles disposaient de ... 88
Figure 35: Raisons de ne pas réparer au composant électronique 88
Figure 36: Raisons de ne pas réparer au composant électrique 89

Glossaire

Carte électronique	= platine, module

Sigles et acronymes

EEE	Équipement électrique et électronique
PEM	Petit électroménager
GEM	Gros électroménager
SAV	Service après-vente
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light-Emitting Diode
OLED	Organic Light-Emitting Diode
CEM	Directive sur la compatibilité électromagnétique
LVD	Low Voltage Directive

ANNEXE A – DEFINITIONS

La norme européenne EN 4555[19] précise les définitions suivantes :

- « pièce » : un constituant du produit qu'ils soit matériel ou soft (Norme EN 45554)
- « Composant » : un constituant matériel d'un produit qui ne peut pas être démonté, isolé sans destruction ou détérioration de son utilisation attendue. (Norme EN 45556)
- « Réutilisation de composant » : la capacité à réutiliser certains composants des produits (Norme EN 45556)

L'IEC[20] (International Electrotechnical Commission) précise la définition suivante d'un composant (IEV ref 151-11-21) dans son dictionnaire IEV (International Electrotechnical Vocabulary) :

- Composant : « partie constitutive d'un dispositif ne pouvant être fractionnée matériellement sans perdre sa fonction particulière » (IEV ref 151-11-21)
- Composant électronique : « dispositif électronique qui ne peut pas être démonté sans le détruire ou nuire à son utilisation prévue. Exemple : Résistances, condensateurs, diodes, circuits intégrés, hybrides, circuits intégrés spécifiques, composants enroulés et relais » (IEV ref 904-01-09)

[19] Source : GIFAM - ces normes ne sont pas dans le domaine public, il n'a pas été possible de consulter ces normes dans le cadre de cette étude.

[20] L'IEC est une organisation mondiale à but non lucrative qui rassemble plus de 170 pays et coordonne les travaux de 20 000 experts dans le monde. Les membres de IEC sont les comités nationaux de la CEI. Ceux-ci désignent des experts pour participer aux travaux de normalisation et d'évaluation de la conformité de la CEI. En France, l'AFNOR a été désignée.

ANNEXE B – NORMES EUROPEENNES CEI NF 60335

Quand un appareil électrique est conçu, il répond à des normes européennes de sécurité CEI NF EN 60335 :

- CEI NF EN 60335-1 : C'est une norme concernant les appareils électrodomestiques et analogues. Cette Norme traite de la sécurité des appareils électriques pour environnement domestique et usage collectif. La Norme traite des risques raisonnablement prévisibles présentés par les appareils et machines, et qui sont encourus par tous les individus. Il spécifie les modalités de vérification de la conformité aux règles.
- CEI NF 60335-2-x : Ces Normes traitent des exigences particulières à une catégorie de produits. Dans ces normes se trouve une liste des composants électriques qui peuvent présenter un risque en termes de sécurité pour les consommateurs. La liste des composants à risque est spécifique à chaque conception de produits car un composant peut ou ne peut pas assurer la fonction de sécurité électrique/ou intervient dans la chaine de sécurité du produit en fonction de la conception du produit. Ces normes viennent guider les fabricants pour la preuve de conformité CE des produits.

Ces normes garantissent la sécurité de l'utilisateur. Par exemple :

- Cela concerne certaines résistances dont le revêtement peut être « flame retardant ou ininflammable » d'autres résistance sont dite haute tension afin d'assurer un mode de défaillance contrôlé ;
- Certaines matières plastiques utilisées sur des relais sont testées glow wire à des températures particulières (250° ou 350°) ;
- Certaines classes de condensateur (X1, X2 Y1 Y2) ;
- Certains transformateurs sont garantis à isolation renforcée alors que d'autres ont juste une isolation fonctionnelle ;
- Sur certain triac la puce silicium est électriquement connectée à la semelle du boitier et sur d'autres une isolation 500 V est garantie.

ANNEXE C – RÉSULTATS ENQUÊTE EEE GRAND PUBLIC

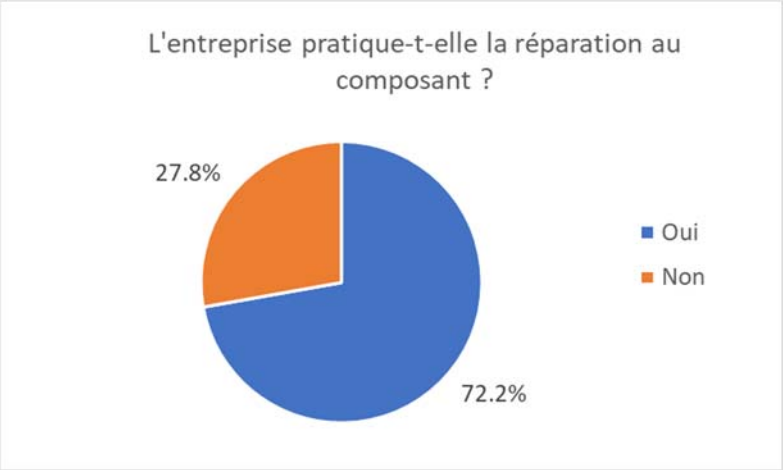


Figure 16: L'entreprise pratique-t-elle la réparation au composant ?

Code APE	Nombre d'entreprises	Répare au composant	Ne répare pas au composant
Réparation de matériels électroniques et optiques 3313Z	10	90%	10%
Réparation d'ordinateurs et d'équipements périphériques 9511Z	150	58%	42%
Réparation d'équipements de communication 9512Z	24	54%	46%
Réparation de produits électroniques grand public 9521Z	100	95%	5%
Réparation d'appareils électroménagers 9522Z	126	79%	21%
Commerce de détail ordinateurs, unités périph, logiciels en magasin spécialisé 4741Z	6	17%	83%
Commerce de détail de matériels de télécommunication en magasin spécialisé 4742Z	1	100%	0%
Commerce de détail de matériel audio et vidéo en magasins spécialisés 4743Z	2	100%	0%
Commerce de détail d'appareils électroménagers en magasins spécialisés 4754Z	17	65%	35%

Tableau 10: Activités de réparation par code NAF

En faisant une analyse par code NAF, on remarque qu'il y a peu de différences en fonction de l'activité de l'entreprise (cf. figure ci-dessous).

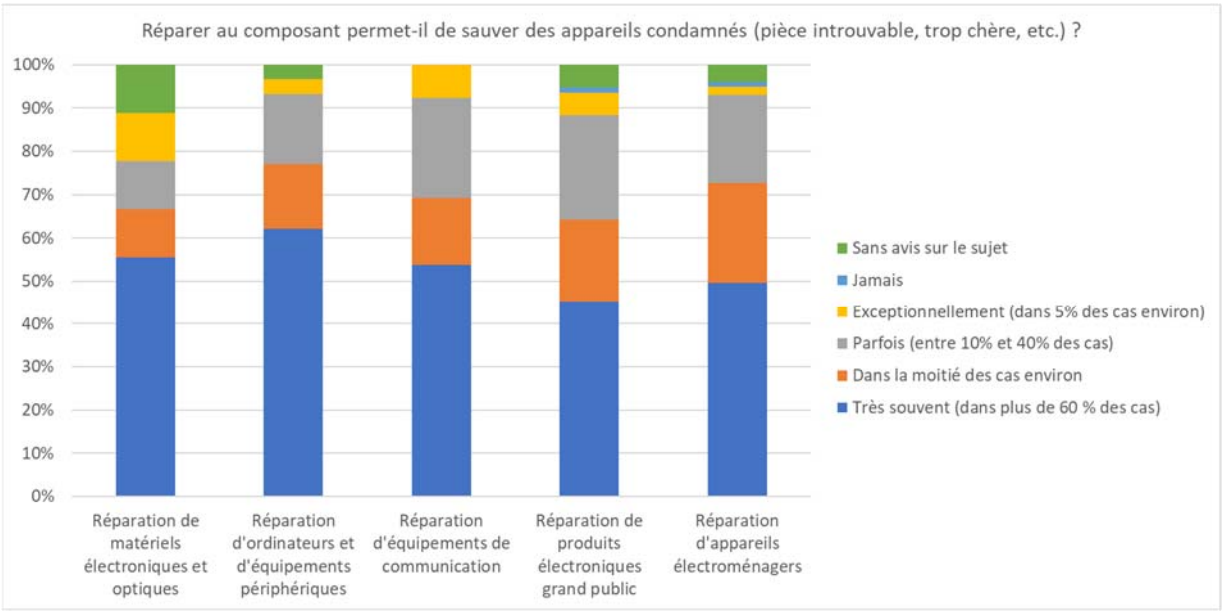


Figure 17: La réparation au composant permet de sauver des appareils condamnés (pièce introuvable, trop chère, etc.)

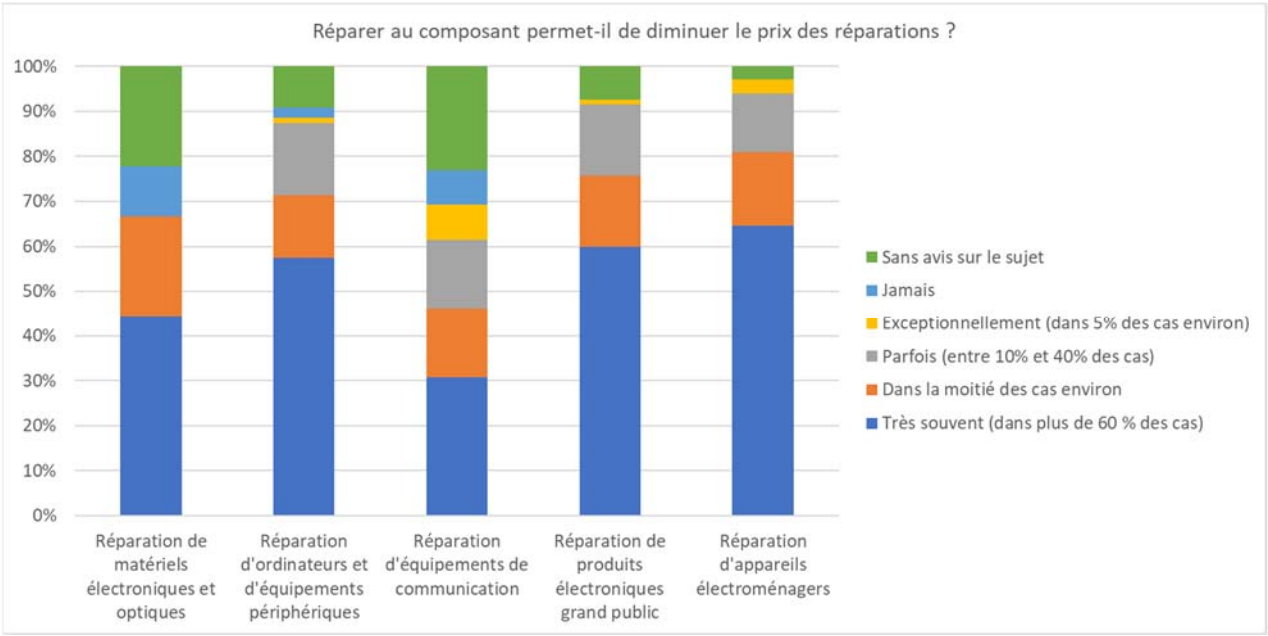


Figure 18: La réparation au composant permet de diminuer le prix des réparations

Raisons de réparer au composant	Pourcentage
J'ai les compétences pour le faire	14.4%
Cela fait baisser le coût de la réparation pour le consommateur	13.9%
C'est motivant sur le plan environnemental	11.7%
Lorsque c'est la seule solution pour réparer l'appareil	9.9%
Lorsque les sous-ensembles ne sont pas ou plus disponibles	7.8%
L'intérêt technique est majoré pour le technicien	6.7%
Beaucoup de composants se trouvent aisément	6.5%
Je peux récupérer des composants sur des appareils/sous-ensembles	6.4%
Les clients le demandent	5.1%
La prestation est mieux rémunérée	5.1%
La réparation est souvent plus vite réalisée	5.0%
C'est faisable assez facilement	4.8%
En cas d'attente trop longue pour obtenir le sous-ensemble	2.5%
Autres	0.3%

Tableau 11: Raisons de réparer au composant

	Réparation de matériels électroniques et optiques	Réparation d'ordinateurs et d'équipements périphériques	Réparation d'équipements de communication	Réparation de produits électroniques grand public	Réparation d'appareils électroménagers	Commerce de détail d'appareils électroménagers en magasins spécialisés	Commerce de détail ordinateurs, unités périph, logiciels en magasin spécialisé	Commerce de détail de matériels de télécommunication en magasin spécialisé	Commerce de détail de matériel audio et vidéo en magasins spécialisés
J'ai les compétences pour le faire	16.7%	12.8%	14.1%	15.0%	14.7%	12.5%	33.3%		16.7%
Les clients le demandent	7.4%	6.8%	8.5%	3.9%	3.6%	7.8%	33.3%		
Cela fait baisser le coût de la réparation pour le consommateur	14.8%	13.0%	8.5%	13.7%	15.6%	14.1%		33.3%	16.7%
C'est faisable assez facilement	5.6%	5.4%	5.6%	3.5%	5.9%	3.1%			
Beaucoup de composants se trouvent aisément	11.1%	6.4%	4.2%	5.9%	7.9%	4.7%		33.3%	
Je peux récupérer des composants sur des appareils/sous-ensembles	3.7%	9.4%	8.5%	10.0%	4.5%	4.7%			
Lorsque les sous-ensembles ne sont pas ou plus disponibles	5.6%	6.8%	5.6%	8.6%	7.7%	10.9%			8.3%
En cas d'attente trop longue pour obtenir le sous-ensemble	1.9%	1.8%	2.8%	2.0%	2.7%	4.7%			8.3%

Lorsque c'est la seule solution pour réparer l'appareil	7.4%	8.8%	11.3%	10.3%	10.2%	10.9%			16.7%
La réparation est souvent plus vite réalisée	3.7%	4.8%	5.6%	4.7%	5.6%	4.7%			8.3%
La prestation est mieux rémunérée	3.7%	4.4%	5.6%	6.6%	4.3%	6.3%			8.3%
L'intérêt technique est majoré pour le technicien	7.4%	5.6%	7.0%	8.3%	6.1%	7.8%			8.3%
C'est motivant sur le plan environnemental	11.1%	13.8%	12.7%	11.3%	11.0%	7.8%	33.3%	33.3%	8.3%
Autres	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.2%				

Tableau 12: Raisons de réparer au composant, par code NAF

Réponses	Pourcentage
De davantage de schémas de cartes électroniques	17.9%
De documentations techniques plus complètes	17.2%
De plus d'accès aux softs pour programmer directement les circuits mémoire	11.0%
De plus de facilité pour se procurer les composants	10.6%
D'une meilleure connaissance de l'électronique	9.3%
De moins de gêne provoquée par des substances sur les cartes (résine ou autre)	9.3%
D'outils spécialisés sur lesquels il serait nécessaire d'investir	8.1%
De davantage de propositions de formation continue	7.9%
De la possibilité d'embaucher des techniciens qui soient formés dès l'origine	3.8%
De la possibilité d'embaucher un ou des techniciens formés à cette pratique	2.9%
Autre (ne figure pas dans la liste)	1.1%
Sans avis sur le sujet	0.9%

Tableau 13: Réparériez-vous plus souvent au composant si vous disposiez

Globalement, les acteurs de la réparation indiquent que la réparation au composant n'est pas facilitée par les fabricants, soit via une volonté de l'empêcher, soit via des moyens non mis à disposition (cf. figures ci-dessous).

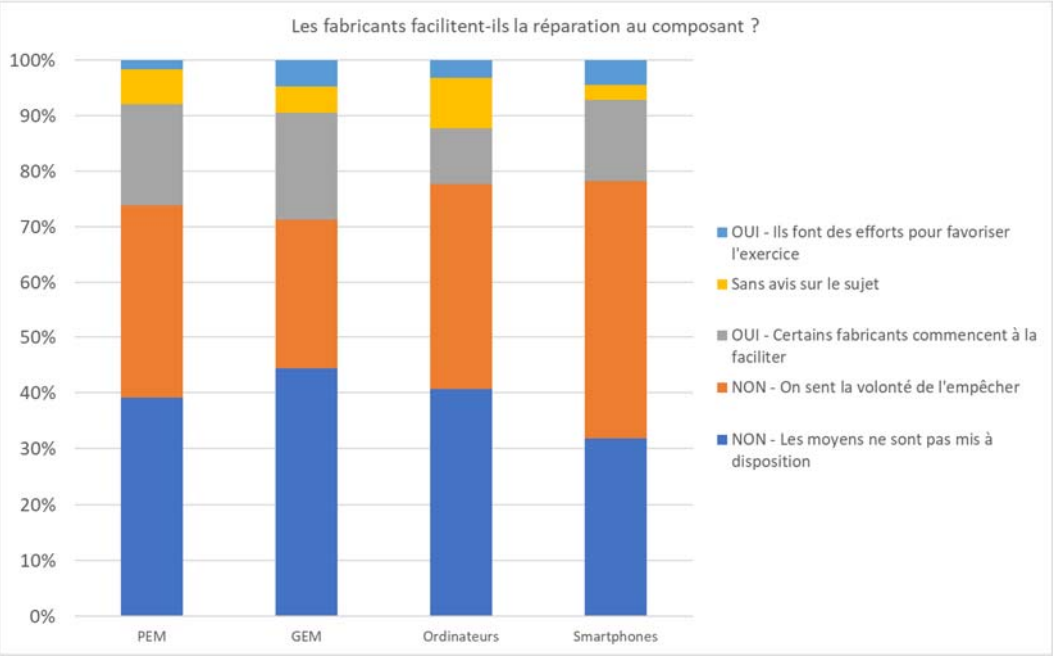


Figure 19: Les fabricants facilitent-ils la réparation au composant des PEM, GEM, ordinateurs et smartphones ?

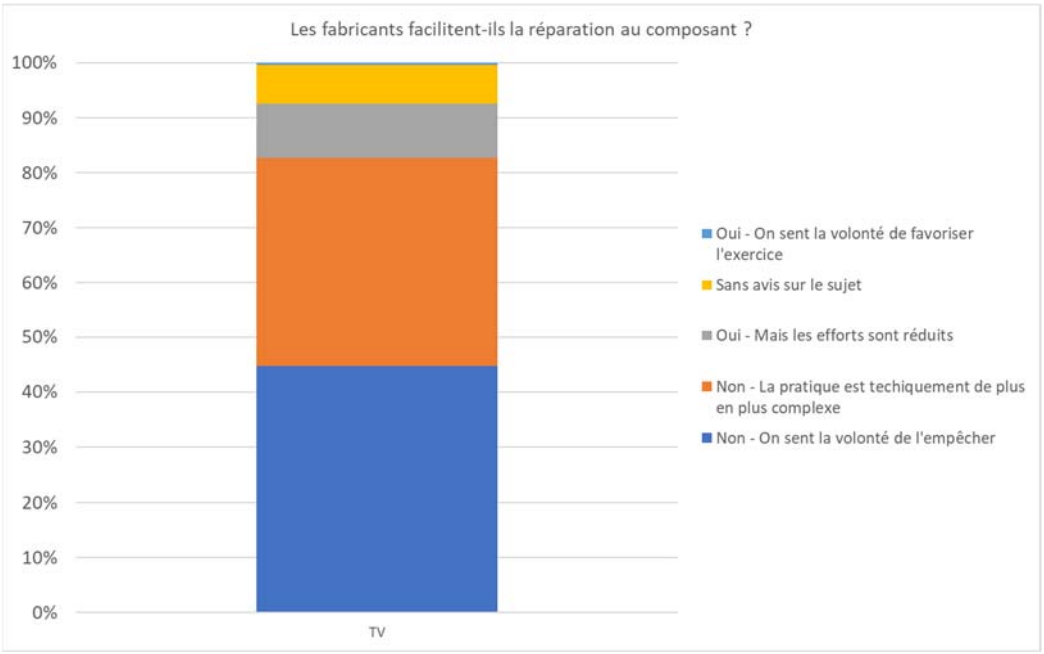


Figure 20: Les fabricants facilitent-ils la réparation au composant des TV ?

Dans 84 %, les répondants comptent continuer à réparer au composant dans les années futures.

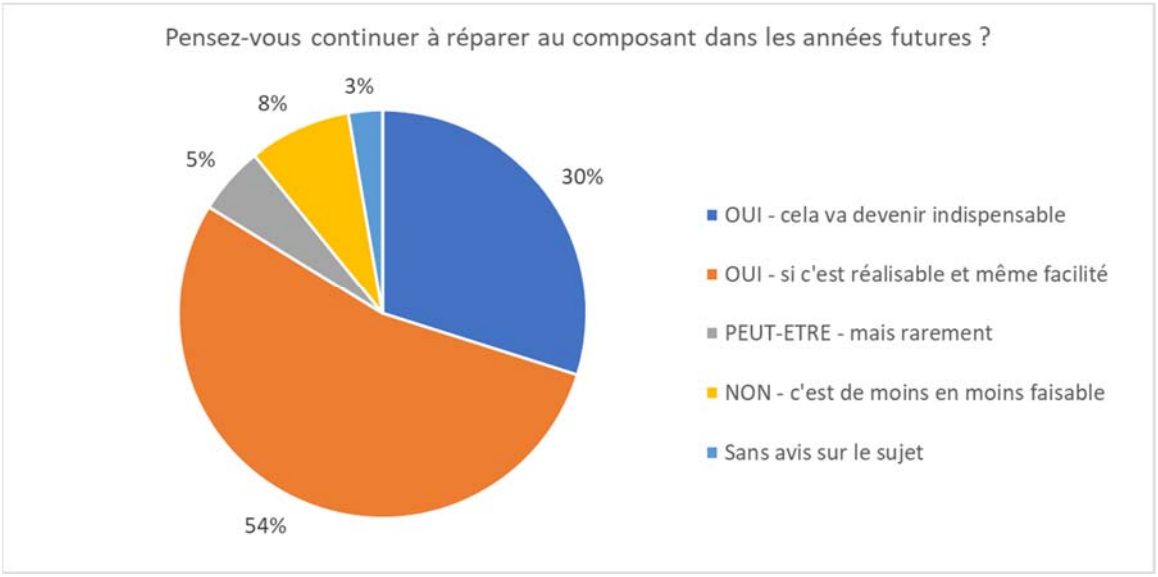


Figure 21: Pensez-vous continuer à réparer au composant dans les années futures ?

Raisons de ne pas réparer au composant	Pourcentage
Pas de formation électronique ou aucune expérience dans ce domaine	12.9%
Trop de difficultés pour identifier le(s) composant(s) défectueux	12.3%
Il faudrait investir dans de l'outillage adapté	11.9%
Les schémas des cartes sont difficiles à obtenir	11.1%
Cela prend trop de temps	10.2%
Trop peu d'intérêt économique	8.4%
Les composants ne se trouvent pas facilement	7.3%
C'est une responsabilité supplémentaire	7.0%
En remplaçant par une pièce neuve, on est plus tranquille	6.4%
Remplacer un composant risque de perturber la sécurité du produit	5.3%
Remplacer le sous-ensemble renforce la fiabilité de l'objet réparé	3.7%
Certains formateurs déconseillent de réparer "au composant"	3.5%

Tableau 14: Raisons de ne pas réparer au composant

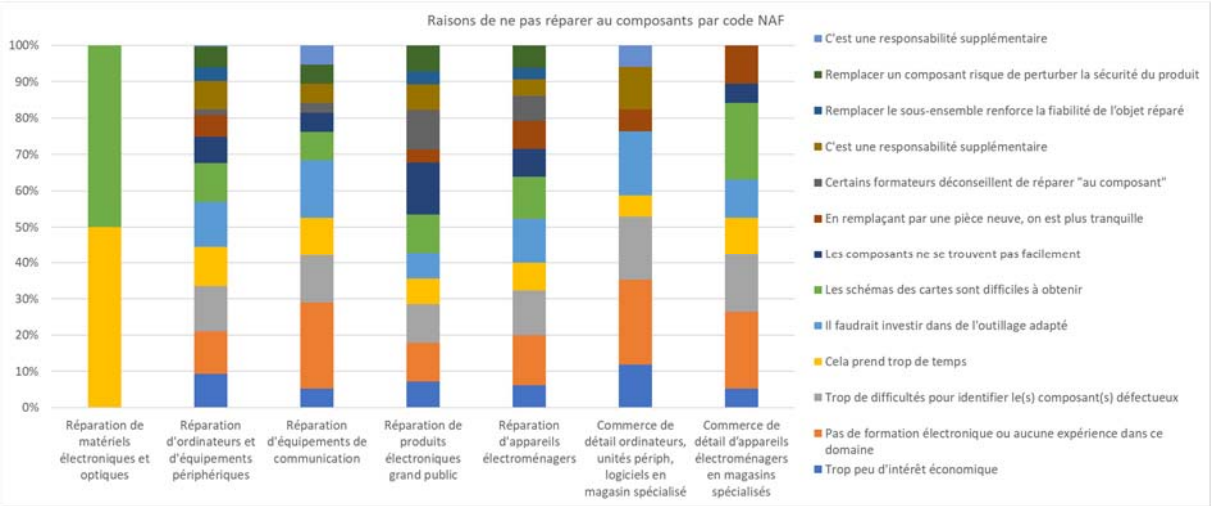


Figure 22: Raisons de ne pas réparer au composant par code NAF

Environ un tiers des réparateurs pensent qu'il faut recourir de plus en plus à la réparation au composant et un tiers pensent que son avenir est menacé.

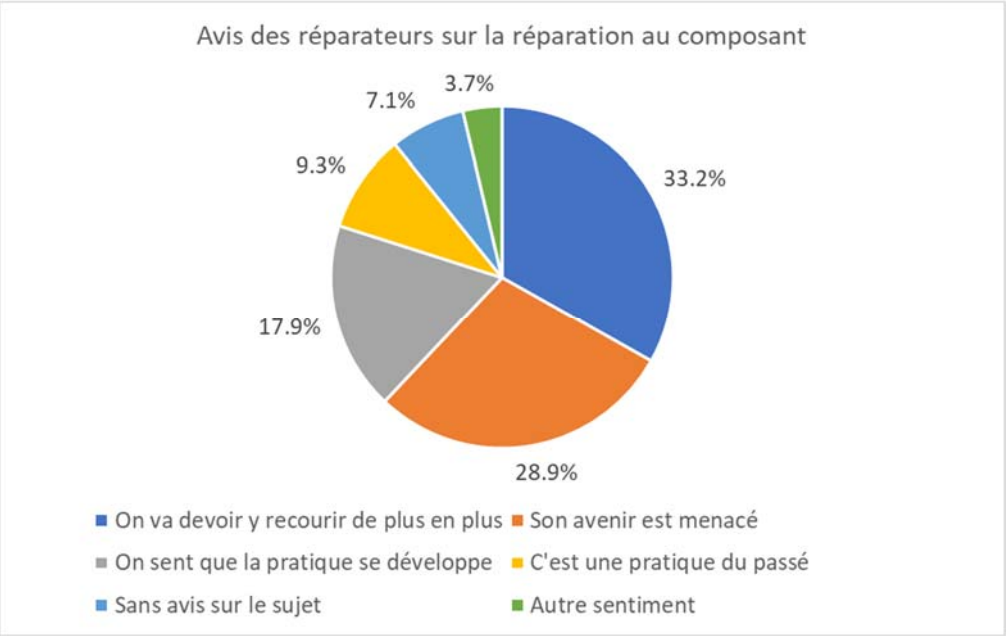


Figure 23: Que pensez-vous globalement de la réparation au composant ?

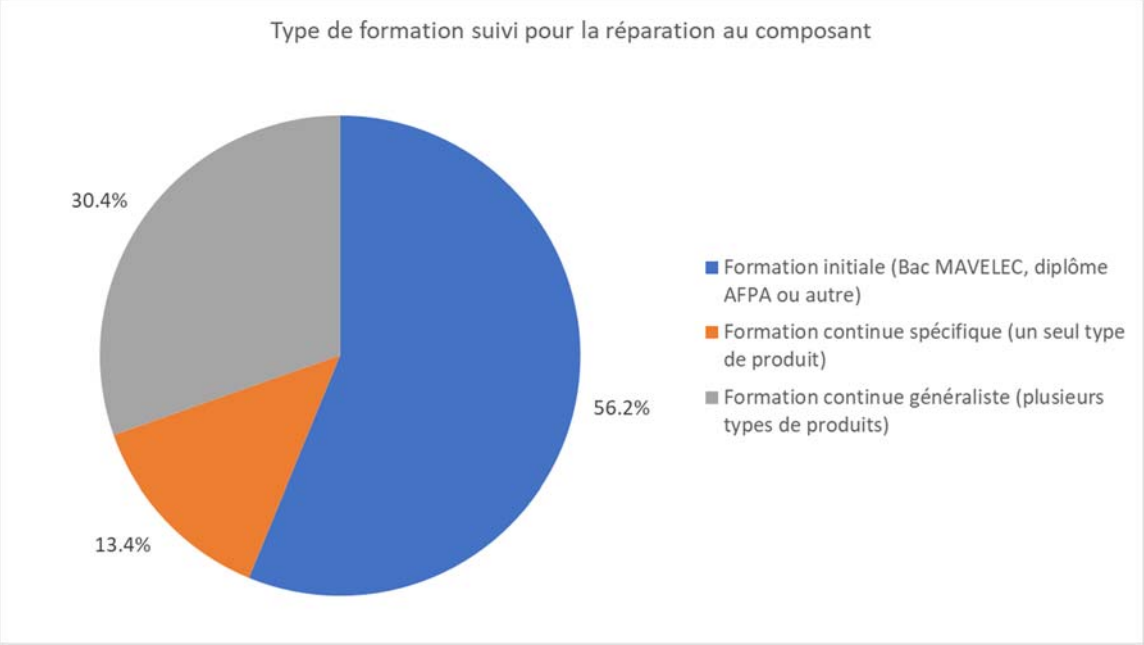


Figure 24: type de formation suivie

ANNEXE D – RESULTATS ENQUETE EEE PROFESSIONNELS

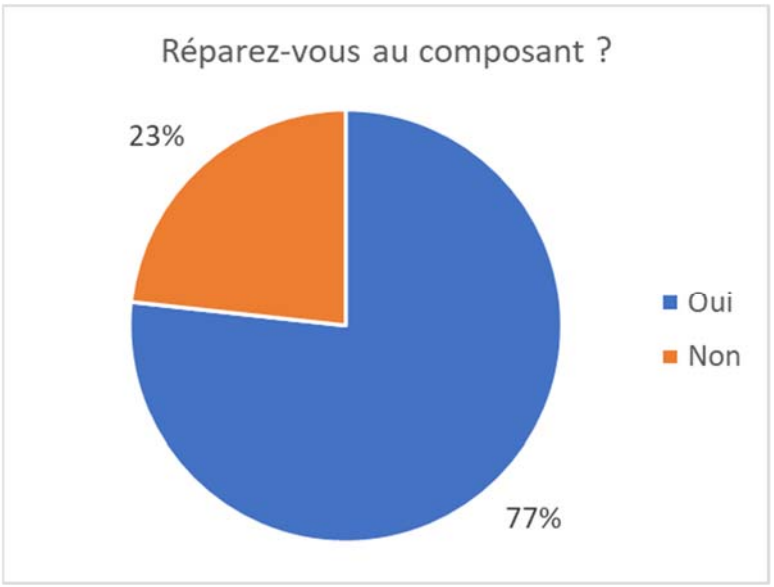


Figure 25: Réparation au composant

Le graphique ci-dessous présente la part de réparation au composant électronique par rapport à la réparation totale (y compris réparation au sous-ensemble).

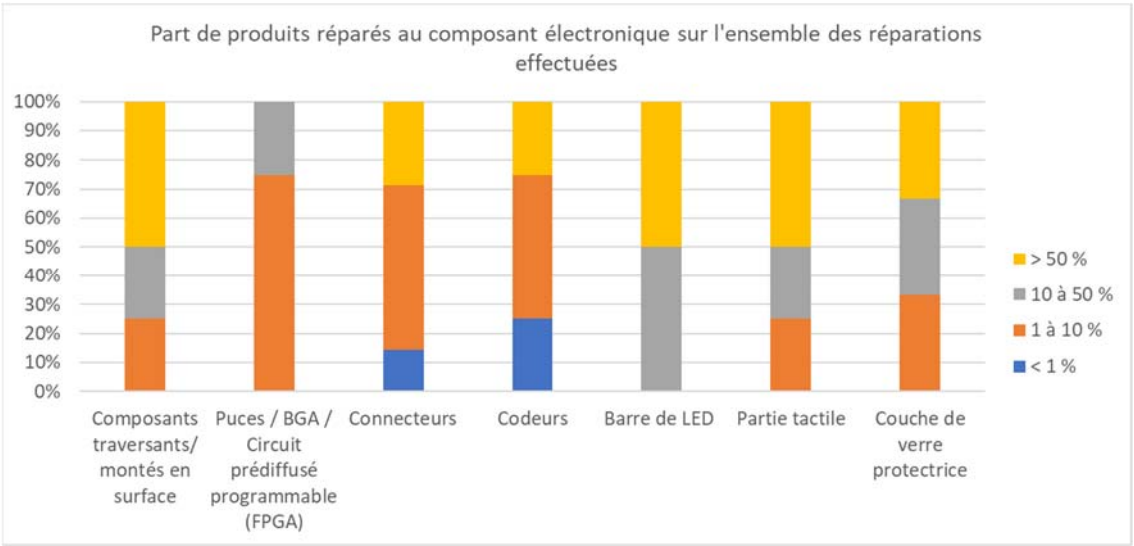


Figure 26: Part des produits réparés au composant électronique sur l'ensemble des réparations effectuées

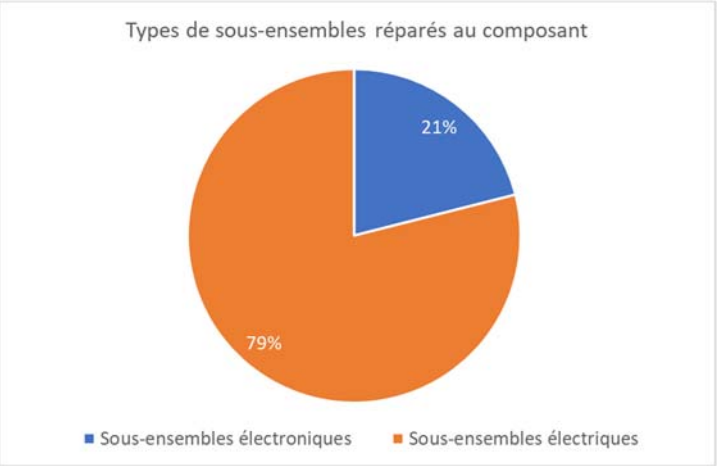


Figure 27: Types de sous-ensembles réparés au composant

Le graphique ci-dessous présente la part de réparation au composant électrique sur les moteurs électriques par rapport à la réparation totale (y compris réparation au sous-ensemble).

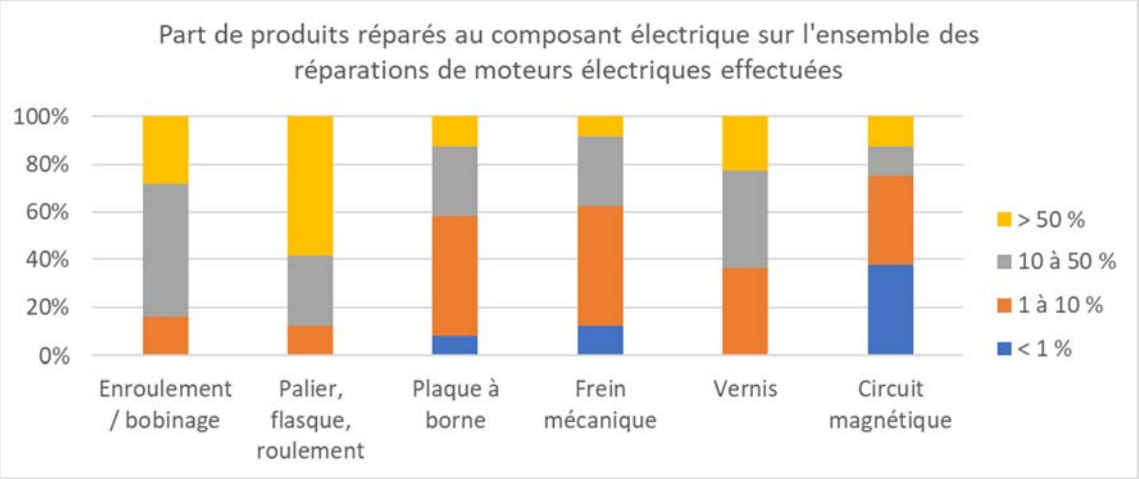


Figure 28: Part des produits réparés au composant électrique sur l'ensemble des réparations de moteurs électriques effectuées

Le graphique ci-dessous présente la part de réparation au composant électrique sur les pompes par rapport à la réparation totale (y compris réparation au sous-ensemble).

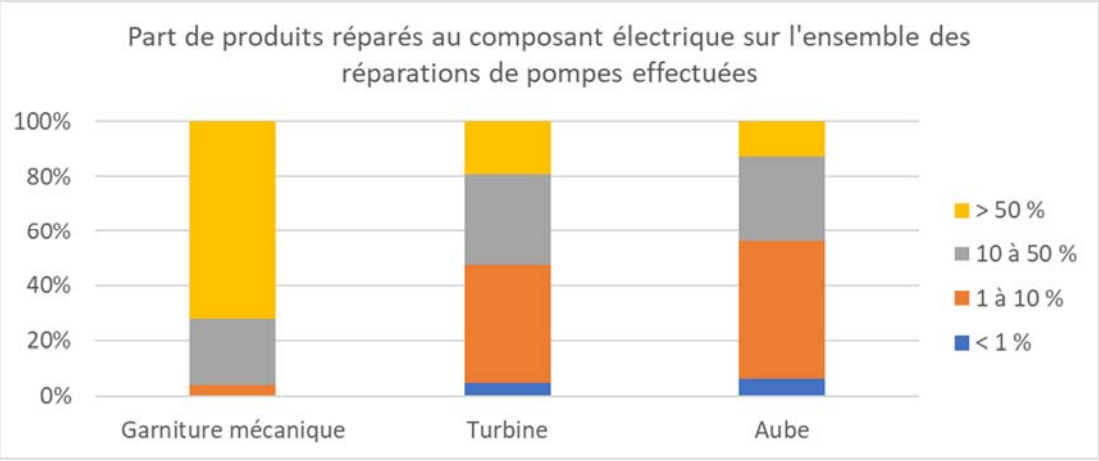


Figure 29: Part des produits réparés au composant électrique sur l'ensemble des réparations de pompes effectuées

Le graphique ci-dessous présente la part de réparation au composant électrique sur les transformateurs électriques par rapport à la réparation totale (y compris réparation au sous-ensemble).

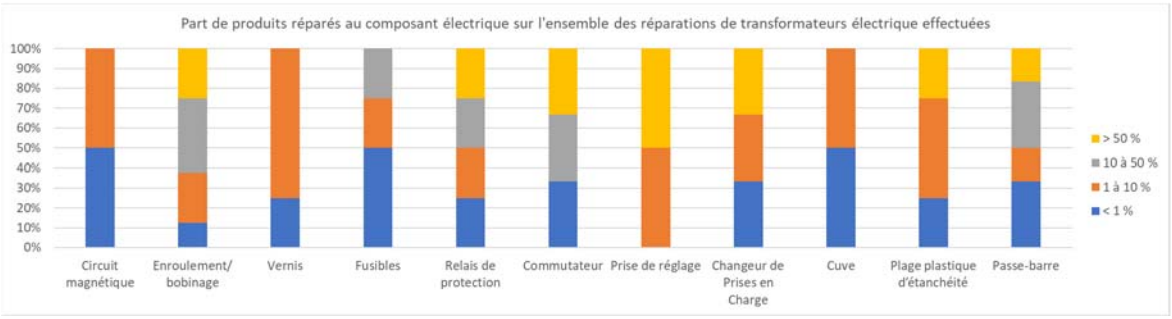


Figure 30: Part des produits réparés au composant électrique sur l'ensemble des réparations de transformateurs électriques effectuées

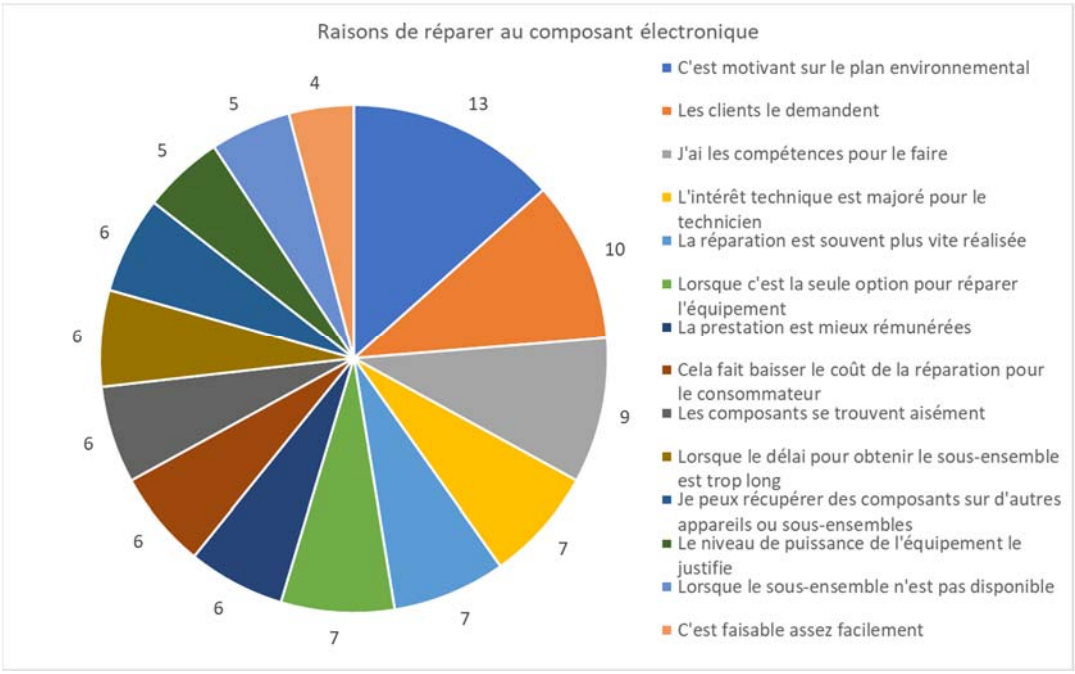


Figure 31: Raisons de réparer au composant électronique

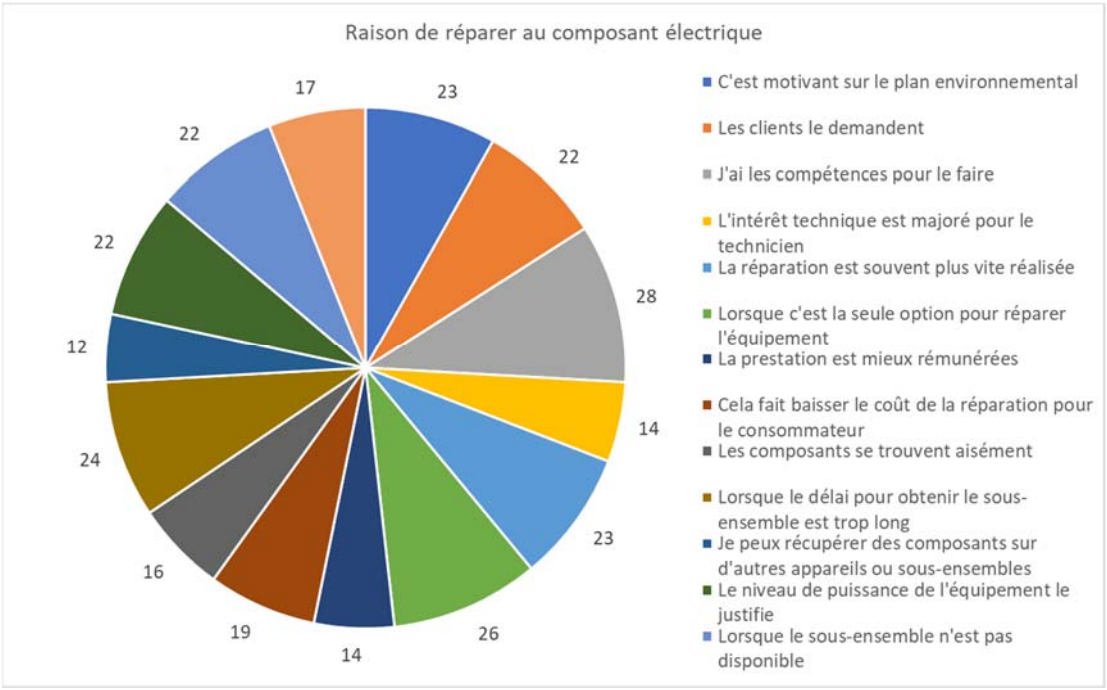


Figure 32: Raisons de réparer au composant électrique

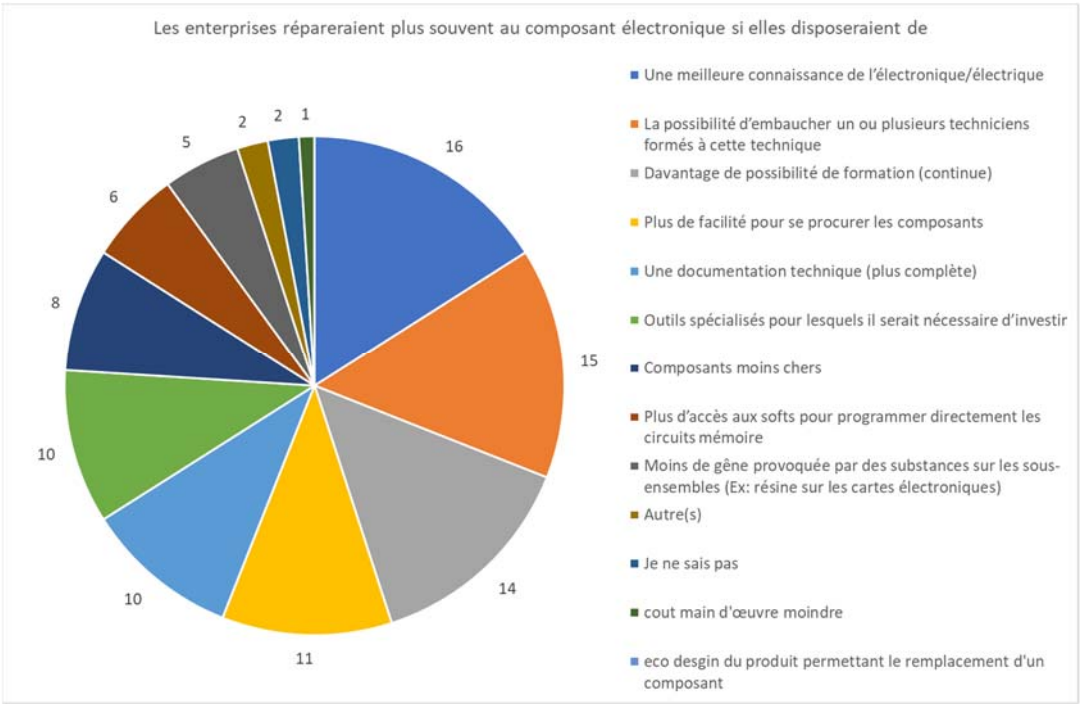


Figure 33: Les entreprises répareraient plus souvent au composant électronique si elles disposaient de

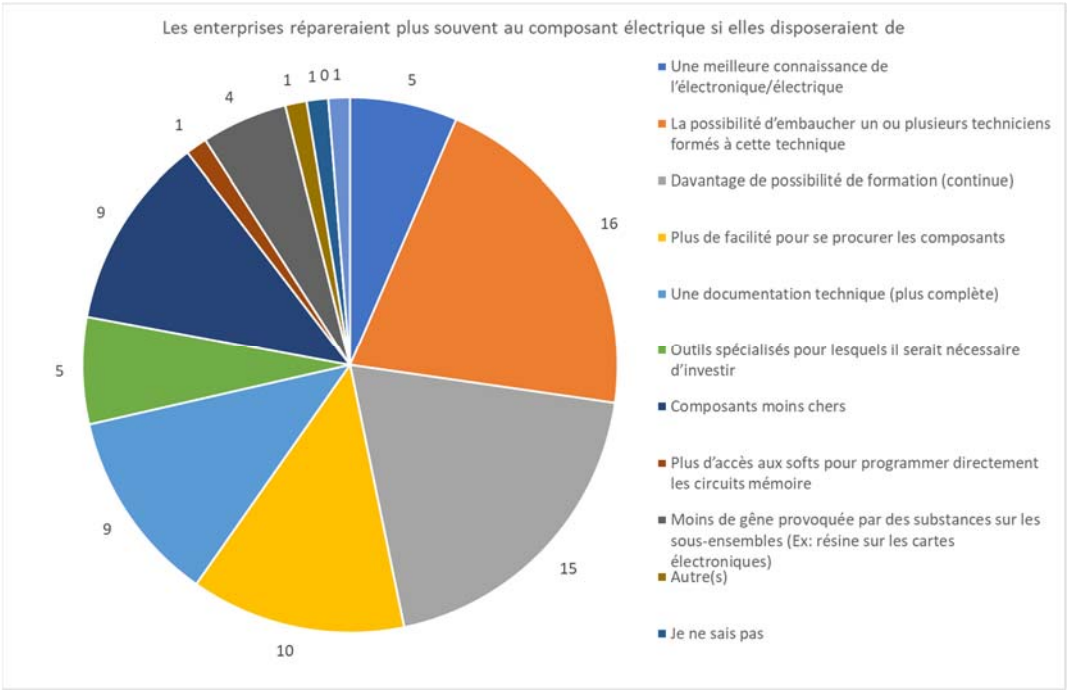


Figure 34: Les entreprises réparaeraient plus souvent au composant électrique si elles disposaient de

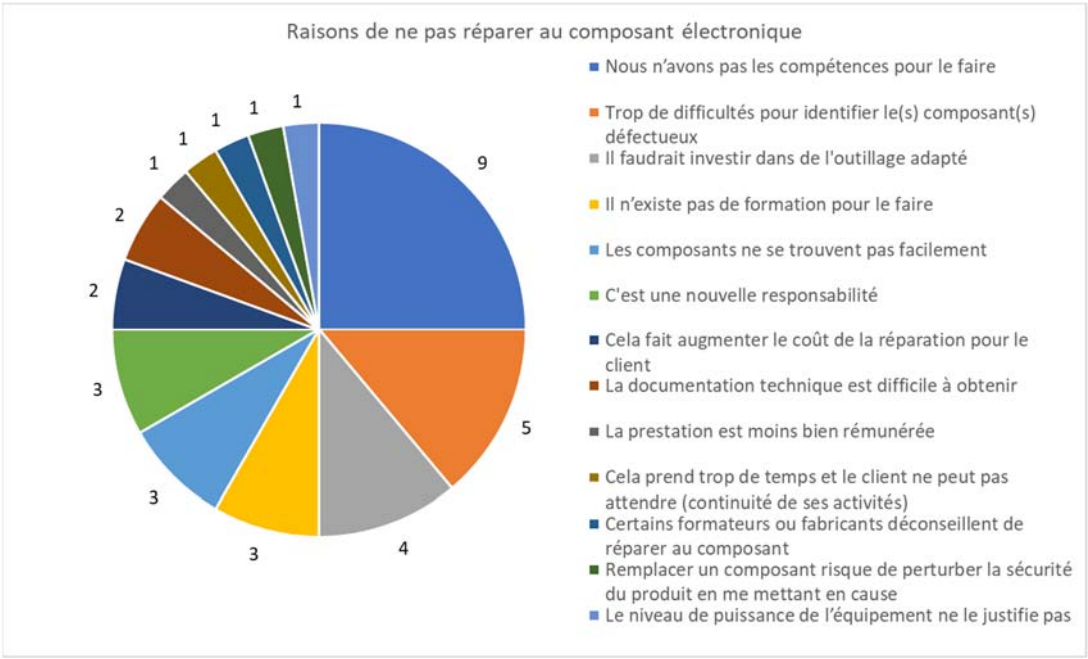


Figure 35: Raisons de ne pas réparer au composant électronique

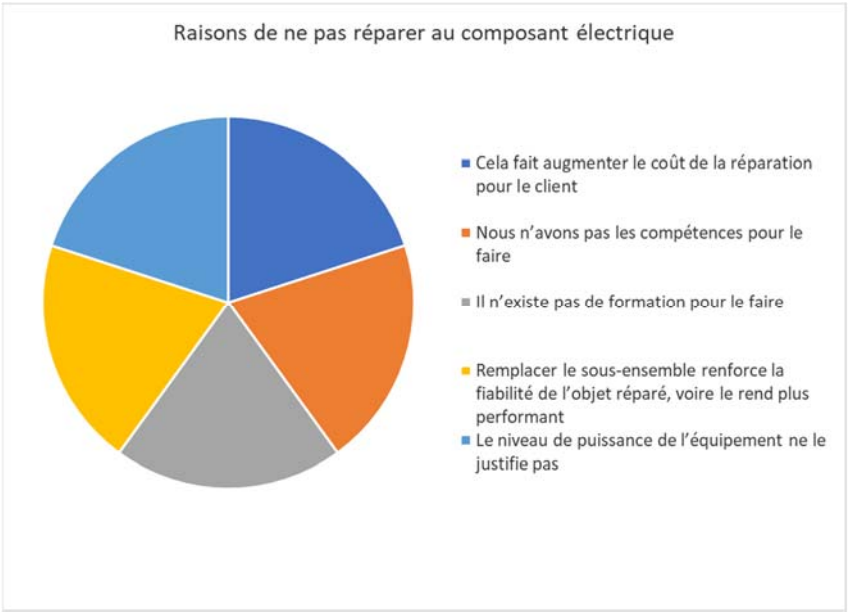


Figure 36: Raisons de ne pas réparer au composant électrique

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'**ADEME**

FAITS ET CHIFFRES
L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.

CLÉS POUR AGIR
L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.

ILS L'ONT FAIT
L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.

EXPERTISES
L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard

HORIZONS
L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté Égalité Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

EXPERTISES

LA REPARATION AU COMPOSANT

L'objectif de cette première étude générale et exploratoire concernant la réparation au composant est de présenter, formaliser et évaluer l'impact de la réparation au composant par rapport à la réparation au sous-ensemble (pièce détachée) de tous les équipements électriques et électroniques grand public et professionnels.

Sur base d'entretiens avec des représentants sectoriels et des acteurs de la réparation, de deux enquêtes en ligne (une pour les EEE grand public et l'autre pour les EEE professionnel) et d'une réunion de travail avec une vingtaine d'acteurs de la filière, cette étude a permis de :

- poser un cadre sur ce qu'est la réparation au composant et ce qu'elle englobe (les catégories de produits et composants concernés, les opérations à réaliser…) ;
- identifier
  - les compétences et moyens techniques nécessaires à la pratique de la réparation au composant (y compris les besoins de formation) ;
  - les leviers et les freins de la réparation au composant ;
  - les éventuels gains environnementaux de la réparation au composant ;
- établir une liste de pistes d'actions à mener pour favoriser la réparation au composant.

L'étude pose un cadre sur ce qu'est la réparation au composant (catégorie de produits et composant concernés, fonctionnement de la filière, opération à réaliser, etc.) et fournit les leviers et les freins à la réparation au composant.