

## Exemples d'activités de recherche et développement (R&D) menées par le passé

### PROFIT : améliorer le processus de tri des billets usagés

*Économiser des billets et de l'argent : tel est le double défi que nous avons relevé.*

Avec le programme PROFIT, nous avons cherché à comprendre l'ensemble des paramètres qui influent sur la précision du tri qualitatif des billets. Cela nous a permis d'évaluer le fonctionnement de différents types de trieuses de billets et d'optimiser leurs réglages en adoptant un nouveau système d'étalonnage.



Une fois en circulation, les billets en euros sont soumis à de nombreux mauvais traitements (friction, salissure, manipulation brusque, etc.) auxquels ils sont censés résister pendant un certain temps. Si les billets en euros sont certes conçus pour durer, notre intention est de veiller à ce que toutes les coupures en circulation soient en bon état et suffisamment propres. Aussi, nous les vérifions régulièrement, dès qu'elles arrivent dans nos centres de tri des espèces, dans le cadre du cycle normal de circulation des billets. Il est essentiel que les centres de tri des espèces disposent de trieuses fiables afin de ne conserver que les billets en bon état et de ne détruire

que ceux qui sont impropres à la circulation. De légères différences de rendement entre ces machines peuvent avoir une incidence considérable sur la qualité des billets en circulation et, en particulier, sur le coût que cela représente pour l'Eurosystème, les coupures déchiquetées devant être remplacées par des billets fraîchement imprimés.

Les banques centrales nationales de l'Eurosystème exploitent quelque 400 trieuses de billets à grande vitesse qui traitent environ 30 milliards de billets en euros par an. Certaines de ces machines peuvent vérifier la qualité et l'authenticité de 40 billets par seconde tout en les empilant ou en les déchiquetant !

Avant l'instauration du programme PROFIT, les tests et l'étalonnage réguliers des trieuses étaient effectués sur un échantillon (jeu pour le test de salissures) de billets réels présentant différents niveaux de salissure : l'aspect visuel de chaque coupure était noté par une équipe d'experts. Cette tâche complexe avait un inconvénient : l'échantillon se dégradait avec le temps. Le programme PROFIT a permis de démontrer que ce processus d'évaluation de la salissure des billets par des experts n'était pas parfaitement reproductible. Nous l'avons donc remplacé par un outil de classement et d'évaluation des images (*Image Classification and Evaluation, ICE*). Cet outil utilise un logiciel qui nécessite un ordinateur dont l'écran a été calibré pour les couleurs. Au lieu de billets réels, l'expert inspecte à l'écran les images de billets présentant différents degrés de salissure. Il classe ensuite chaque image selon que le billet est propre ou impropre à la circulation afin que le logiciel puisse « apprendre ». Cette méthode permet d'obtenir des données de meilleure qualité garantissant que les trieuses perçoivent et classent davantage les billets comme leurs utilisateurs au quotidien. Ainsi, nous avons pu réduire de manière significative le nombre de billets déchiquetés à tort et économiser non seulement des billets mais aussi de l'argent.

## CAST : jeu cohérent de billets pour le test de salissure artificielle

*Utiliser une imprimante à jet d'encre pour salir ses billets de banque ? Quelle idée ! Et pourtant, c'est ce que nous avons fait : nous avons sali des billets à l'aide d'une imprimante à jet d'encre pour que les vôtres restent propres.*

Lorsque nous avons voulu améliorer le rendement des trieuses de billets, il nous a été difficile d'évaluer si les différences s'expliquaient par les capteurs ou par les échantillons de référence utilisés pour leur étalonnage. Le projet de jeu cohérent de billets pour le test de salissure artificielle (*consistent artificial soil test deck, CAST*), réalisé en coopération avec la Banque de France, a consisté à mettre au point une méthode efficace pour salir les billets de manière réaliste et cohérente en appliquant un motif imprimé à l'encre sur les feuilles de billets en euros tout juste sorties de l'imprimerie. Ces billets sont désormais employés pour calibrer nos trieuses.



Avant CAST, les billets utilisés pour étalonner les trieuses étaient sélectionnés manuellement et leur qualité variait en fonction de la perception de l'opérateur qui les recueillait. Les choses étaient encore plus compliquées lorsque les évaluations étaient menées à différents endroits à l'aide de différents équipements et de différents jeux de test. Comme l'a démontré PROFIT, les jeux de billets pour les tests de salissure constituent un outil essentiel pour mesurer le rendement des trieuses évaluant la qualité des billets. Toutefois, ces jeux de billets étant constitués de coupures réelles retirées de la circulation, leur préparation est assez coûteuse et prend beaucoup de temps. En outre, ils vieillissent rapidement et sont impossibles à reproduire de façon cohérente pour une utilisation future. Les jeux de billets de test CAST que nous avons assemblés sont deux fois plus précis que le jeu de référence, beaucoup moins onéreux à produire et peuvent être utilisés plus de 100 fois en étalonnage avant de devoir être remplacés en raison de leur usure (environ cinq fois plus que le jeu de référence).

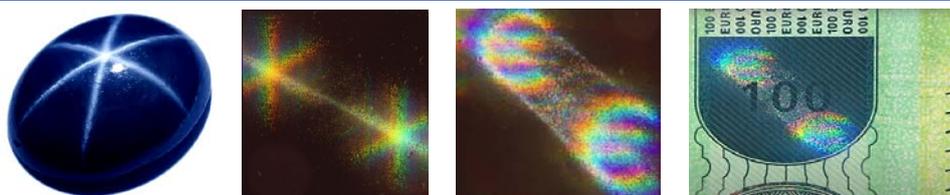
## SAPPHIRE : hologramme satellite pour les billets en euros

*Un signe de sécurité inspiré de la nature*

Nous avons conçu, dessiné et développé un signe de sécurité public reposant sur l'astérisme.

L'astérisme est un phénomène optique qui se produit naturellement dans les saphirs, les rubis et d'autres pierres précieuses : l'image d'une étoile brillante à deux, quatre

ou six branches apparaît sur leur surface lisse et suit le regard lorsqu'on incline la pierre. Pour pouvoir reproduire ce phénomène sur les billets, ce signe de sécurité a été conçu de manière à être appliqué par transfert à chaud (comme cela est fait aujourd'hui pour un hologramme) ou à être placé dans la fenêtre portrait transparente.



Le projet SAPHIRE a permis d'obtenir, en laboratoire, plusieurs échantillons intéressants sur le plan visuel et bien adaptés à une application potentielle aux billets de banque. Il a conduit, dans un second temps, à l'**hologramme satellite** que l'on trouve à l'heure actuelle sur les billets en euros. Bien que l'hologramme satellite nécessite des techniques et un savoir-faire spécifiques, il est produit sur du matériel standard de fabrication de film holographique. Cela montre que la mise au point de signes de sécurité nouveaux et sensiblement améliorés n'exige pas obligatoirement de nouvelles technologies de production.

## GREEN : processus de dépôt sous vide pour les plaques d'impression en taille-douce

*Un processus amélioré et plus « vert »*

Nous avons évalué et validé, au niveau industriel, un procédé de revêtement respectueux de l'environnement pour les plaques d'impression taille-douce en nickel, qui a été mis au point en collaboration avec la Banque d'Italie pour remplacer le placage de chrome par galvanisation.

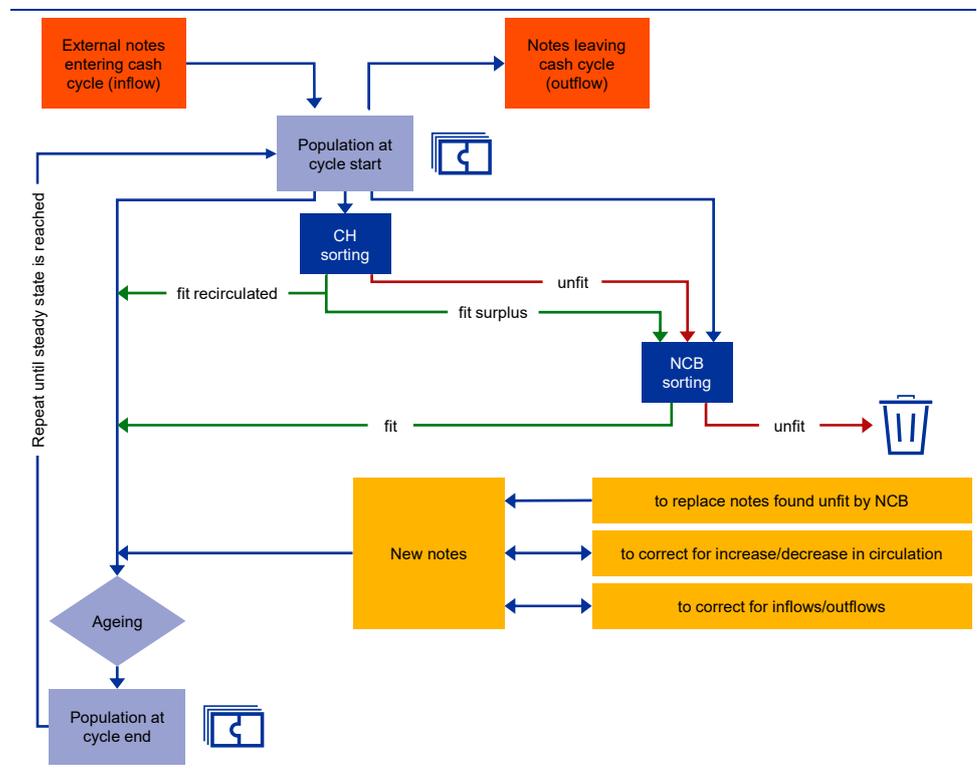


La taille-douce est l'une des étapes-clés de l'impression des billets en euros, auxquels elle confère leur caractéristiques tactiles. Ce procédé recourt à des plaques métalliques spéciales, généralement en nickel. Les plaques de taille-douce en nickel sont habituellement recouvertes d'une couche dure de chrome déposée par galvanisation afin d'accroître la résistance à la corrosion et à l'usure de la surface d'impression. Dans le passé, ce revêtement était appliqué au moyen d'un procédé de galvanoplastie, qui nécessite une solution de chrome hexavalent, un composé toxique qui peut avoir d'importantes répercussions sur l'environnement, la santé et la sécurité s'il n'est pas manipulé correctement et reconnu comme potentiellement cancérigène en cas d'inhalation. La nouvelle technologie de revêtement GREEN est basée sur le dépôt physique en phase vapeur (*physical vapour deposition*, PVD), une technique très propre qui ne fait pas appel à des substances toxiques intermédiaires. Elle était déjà utilisée pour recouvrir de chrome de petits objets comme des lunettes, des robinets et des pièces de voiture, mais la difficulté, pour nous, était de recouvrir pour la première fois une très grande surface finement gravée, dont le moindre détail devait être conservé pour le processus d'impression. La technologie GREEN nous a permis de résoudre le risque d'exposition des travailleurs au chrome hexavalent, tout en assurant de meilleurs résultats que l'ancien procédé.

## MODÉLISATION DE LA CIRCULATION DES BILLETS : deux modèles informatisés pour la simulation de la filière fiduciaire

### Assurer la circulation des espèces

Nous savons que la qualité des billets en circulation n'est pas la même dans tous les pays de la zone euro, même si tous disposent de billets en euros identiques. Nous savons également que leur qualité dépend de caractéristiques nationales, telles que la manière dont les gens utilisent les billets et l'implication de la banque centrale dans les opérations de traitement des espèces, mais l'importance de chaque paramètre pertinent n'a pas encore été établie. Nous décrivons ci-dessous deux modèles informatisés pour la simulation de la filière fiduciaire nous permettant de prédire ce qui arrive aux billets lorsqu'ils sont en circulation.



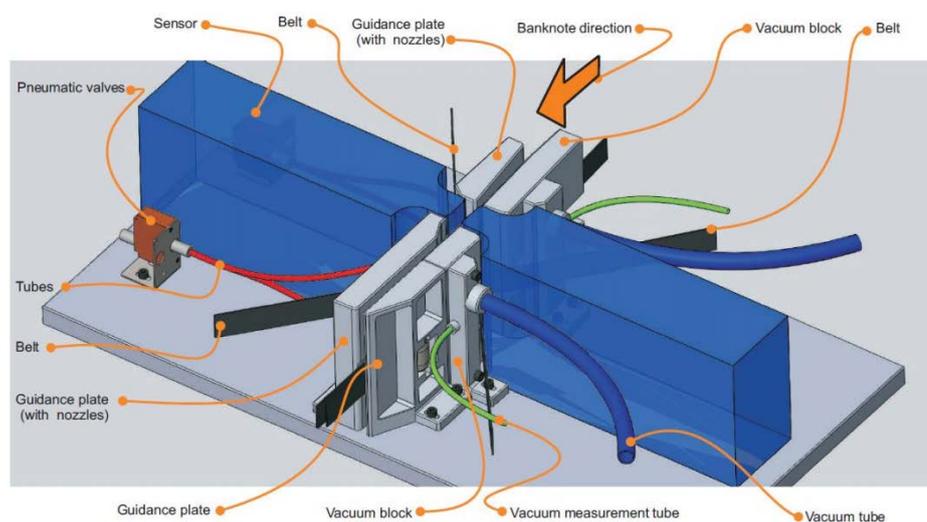
Le premier modèle fournit une simulation à partir d'une approche théorique fondée sur des chiffres-clés et modélise la qualité des billets à travers un profil unidimensionnel de leur niveau de qualité. Il recense trois principaux facteurs de la qualité des billets en circulation et des coûts de la filière fiduciaire : a) la fréquence à laquelle les billets sont retournés à la banque centrale ; b) le seuil de qualité utilisé pour le traitement automatisé des billets à la banque centrale ; et c) la durée de vie des billets. Les variations dans la production des nouveaux billets, le seuil de qualité appliqué par les professionnels manipulant les espèces et la précision des capteurs de qualité employés dans le processus de tri ont un effet plus faible, mais non négligeable. Le second modèle simule les billets en circulation considérés

séparément et vise à modéliser la filière fiduciaire propre à chaque pays à partir des données disponibles sur les billets. Il repose sur les données recueillies en suivant les billets en circulation pendant toute la durée d'un « test de circulation » effectué dans trois pays de la zone euro. Nous comparons les résultats en termes de qualité prévus par le second modèle fondé sur des données avec les données réelles sur la filière fiduciaire recueillies en dehors du test de circulation, examinons les raisons des écarts constatés et formulons des conclusions quant à une [filiale fiduciaire](#) théorique optimale au niveau national.

## CDI2 : norme ouverte pour les trieuses de billets à grande vitesse

### *Une interface commune dans l'intérêt commun*

La deuxième génération de l'interface commune pour les détecteurs (*Common Detector Interface 2*, CDI2) est une nouvelle norme ouverte pour les trieuses de billets à grande vitesse (voir projet PROFIT ci-dessus) mise au point par la Banque centrale européenne et le Système fédéral de réserve des États-Unis, en coopération avec la Banque des Pays-Bas et Oesterreichische Banknoten- und Sicherheitsdruck GmbH. La CDI2 marque un changement de paradigme dans la mesure où elle confère aux banques centrales et aux autres utilisateurs professionnels des centres de tri des espèces la maîtrise parfaite de leurs trieuses de billets.



Dans le passé, les trieuses de billets étaient généralement des systèmes fermés n'autorisant qu'un accès très limité aux données sur leur fonctionnement de base. L'adaptation de la logique de tri ou l'insertion de nouveaux détecteurs exigeaient toujours la connaissance approfondie et le soutien du vendeur de la machine, qu'il fallait rémunérer. La norme CDI2 donne accès à la logique de tri sous-jacente ainsi qu'à l'image des billets telle qu'elle est saisie par la trieuse et aux données de tri

correspondantes. Elle permet aux banques centrales d'installer elles-mêmes de nouveaux détecteurs conformes et offre de nouvelles possibilités de traitement des données. Un simulateur CDI2 avec tout le code source sous-jacent ainsi que le support technique nécessaire à la mise en œuvre de l'interface sont désormais disponibles.

Des simulateurs CDI2 sont déjà utilisés par deux grands fabricants de trieuses de billets et plusieurs fabricants de détecteurs pour mettre au point des appareils conformes à la norme CDI2. Les simulateurs comprennent également un dispositif de transport mécanique des billets, qui permet de tester les nouveaux détecteurs de façon approfondie avant de les installer sur une [trieuse de billets](#).

© Banque centrale européenne 2021

Adresse postale 60640 Francfort-sur-le-Main, Allemagne  
Téléphone +49 69 1344 0  
Site Internet [www.ecb.europa.eu](http://www.ecb.europa.eu)

Tous droits réservés. Les reproductions à usage éducatif et non commercial sont cependant autorisées en citant la source.

Veuillez consulter le [glossaire de la BCE](#) (uniquement disponible en anglais) pour toute question terminologique.