



Analyse d'image

Projet - Détection des pièces monnaie

Réalisé par :

Yacine Benfatma
Ghilas Tidjet

Université Paris Cité

2025/2026

Analyse d'image

24 février 2026

Table des matières

1	Introduction	2
2	Méthodologie	2
2.1	Prétraitement	2
2.2	Détection par transformée de Hough	2
2.3	Classification par couleur (HSV)	3
2.4	Classification par rayon normalisé	3
3	Évaluation quantitative	3
4	Discussion	4
5	Améliorations possibles	5
6	Conclusion	5

1 Introduction

L'objectif de ce projet est de concevoir un système complet de vision par ordinateur capable de détecter des pièces de monnaie en euros à partir d'une image, d'identifier leur valeur individuelle, puis de calculer automatiquement le montant total.

Le système doit fonctionner sur des images acquises avec un smartphone, présentant plusieurs pièces disposées sur un fond relativement homogène.

Le problème est décomposé en plusieurs étapes : segmentation, extraction de régions, calcul de caractéristiques, classification, puis évaluation quantitative des performances.

Code source

Le code source complet du projet est disponible sur GitHub :

<https://github.com/Yacin-e/coin-detection>

L'implémentation a été réalisée en **Python** et les expériences ont été menées sous **Google Colab**.

2 Méthodologie

Le système repose sur une approche en deux étapes : détection des cercles par transformée de Hough, puis classification des pièces par analyse de couleur HSV et comparaison des rayons normalisés.

2.1 Prétraitement

L'image d'entrée est d'abord redimensionnée à une taille maximale de 900 pixels sur le côté le plus long, afin de normaliser le temps de traitement. La conversion en niveaux de gris est ensuite effectuée. Deux traitements améliorent ensuite la qualité de l'image avant la détection :

- CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) : égalisation adaptative du contraste par blocs de 8×8 pixels, permettant de compenser les variations d'éclairage locales et les reflets.
- Flou médian (noyau 7×7) : réduit le bruit impulsional tout en préservant les contours nets des pièces, contrairement au flou gaussien.

2.2 Détection par transformée de Hough

La détection des pièces repose sur cv2. Hough Circles (méthode HOUGH_GRADIENT). Cette approche détecte directement les cercles dans l'image de gradient sans nécessiter de binarisation préalable, ce qui la rend bien plus robuste aux variations de fond et d'éclairage. Les paramètres principaux sont :

- $dp = 1.2$: résolution inverse de l'accumulateur (rapport image/accumulateur).
- param1 : seuil haut du détecteur de contours Canny interne.
- param2 : seuil de l'accumulateur — plus il est élevé, moins il y a de faux positifs.
- $\text{minRadius}, \text{maxRadius}$: bornes en pixels, définies comme fraction de la largeur de l'image pour être indépendantes de la résolution.

Par rapport à la méthode des composantes connexes, Hough Circles présente l'avantage de détecter les pièces même partiellement occultées ou sur fond texturé, et d'être naturellement invariant aux artefacts de binarisation.

2.3 Classification par couleur (HSV)

Pour chaque cercle détecté, une analyse de couleur est effectuée dans l'espace HSV sur deux zones distinctes :

- Zone centrale : disque de rayon $0.45r$ centré sur la pièce.
- Couronne externe : anneau entre $0.70r$ et $0.95r$.

La moyenne de la teinte (H) et de la saturation (S) est calculée dans chaque zone. La différence entre ces deux zones (H, S) permet d'identifier les pièces bicolores :

- Bimétallique (1€, 2€) : H 12 ou S 35 — le centre argenté diffère significativement de la couronne dorée.
- Cuivre (1c, 2c, 5c) : teinte basse (H 18), couleur rouge-orangée uniforme.
- Doré (10c, 20c, 50c) : teinte intermédiaire, couleur dorée uniforme.

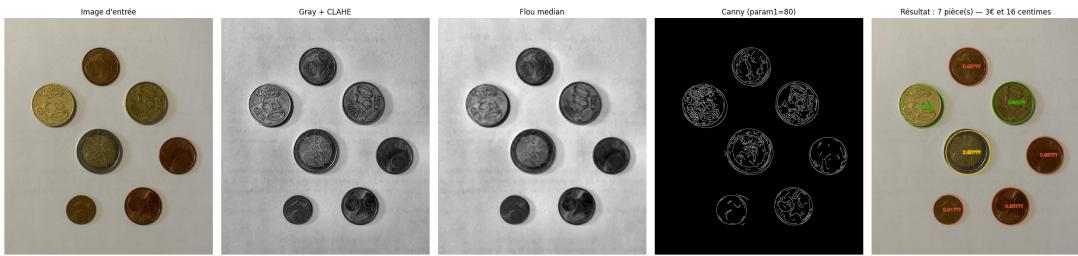


FIGURE 1 – Exemple du pipeline

2.4 Classification par rayon normalisé

Une fois la famille identifiée, la valeur exacte est déterminée en comparant le rayon détecté aux diamètres officiels des pièces euro. Les rayons sont normalisés par rapport au rayon maximal dans l'image (supposé correspondre à la pièce de 2€).

La combinaison famille (couleur) + rayon normalisé permet de lever les ambiguïtés entre pièces de taille proche, comme le 50c (24,25 mm) et le 2€ (25,75 mm) qui appartiennent à des familles différentes.

3 Évaluation quantitative

Le système a été évalué sur un ensemble de **14** images acquises dans des conditions variées (éclairage, fond, distance). Les annotations fournies comprennent le nombre réel de pièces et le montant total. Les métriques utilisées sont :

- Accuracy du comptage : pourcentage d'images pour lesquelles le nombre de pièces détectées est exact.
- Accuracy du total : pourcentage d'images pour lesquelles le montant prédict correspond au montant réel (tolérance $< 0,01\text{€}$).
- MAE du total : erreur absolue moyenne sur le montant en euros.

Métrique	Valeur
Nombre d'images évaluée	14
Accuracy du comptage	100.0%
Accuracy du total (€)	57.1% (8/14)
MAE (montant total)	0.77€
MAE (nombre de pièces)	0.00€

TABLE 1 – Performance globale du système

Résultat : 7 pièce(s) — 3€ et 16 centimes



FIGURE 2 – Exemple de détection correcte (7 pièces, 3,16 euro).

La détection géométrique est parfaite (100 % sur le comptage), ce qui valide l'approche Hough. Les erreurs portent exclusivement sur la classification de la valeur des pièces, avec un biais systématique à la baisse (le total prédit est toujours inférieur au total réel), ce qui suggère que des pièces de forte valeur sont systématiquement sous-classifiées.

4 Discussion

La transformée de Hough détecte avec fiabilité toutes les pièces présentes, y compris dans les images contenant de nombreuses pièces ou des fonds peu uniformes.

Le système fonctionne correctement lorsque :

Image	Nb réel	Nb prédit	Total réel (€)	Total prédit (€)	Correct
1.jpg	8	8	5,38	5,38	✓
4.jpg	8	8	3,51	2,01	✗
5.jpg	7	7	3,16	3,16	✓
6.jpg	8	8	5,38	4,37	✗
12.jpg	7	7	4,30	3,50	✗

TABLE 2 – Résultats de détection par image

- les pièces ne se chevauchent pas (le paramètre `minDist` empêche la détection de deux centres très proches),
- l'éclairage est suffisamment homogène pour que les couleurs HSV soient représentatives,
- la pièce la plus grande visible est une pièce de 2€ (hypothèse de normalisation).

Les erreurs de classification du montant s'expliquent principalement par :

- la sensibilité des seuils HSV aux reflets spéculaires sur les surfaces métalliques, qui modifient artificiellement la teinte mesurée,
- l'hypothèse que r_{\max} correspond à une pièce de 2€ — si la plus grande pièce est un 1€ ou un 50c, toute l'échelle de rayons est décalée, entraînant une sous-estimation systématique des valeurs,
- la proximité de certains diamètres (ex. : 2€ = 25,75 mm vs 50c = 24,25 mm) qui rend la discrimination par rayon seul insuffisante sans une classification couleur précise.

5 Améliorations possibles

Plusieurs pistes peuvent améliorer significativement les performances :

- **Calibration robuste de l'échelle** : au lieu de supposer que $r_{\max} = 2$ €, tester toutes les assignations possibles et choisir celle qui maximise la cohérence globale (nombre de pièces dont le diamètre correspond à une valeur euro connue).
- **Statistiques HSV enrichies** : utiliser l'écart-type de la teinte en plus de la moyenne, ce qui améliore la détection des pièces bicolores en conditions d'éclairage variable.
- **Correction de perspective** : une homographie compensant l'angle de prise de vue réduirait la distorsion des rayons apparents.
- **Classification supervisée** : entraîner un petit réseau de neurones convolutif (CNN) sur des crops de pièces permettrait de s'affranchir des seuils HSV manuels et d'atteindre des performances bien supérieures.

6 Conclusion

Ce projet a permis de mettre en œuvre une chaîne complète de traitement d'image pour la détection et la reconnaissance de pièces euro. L'utilisation de la transformée de Hough a permis d'atteindre une accuracy de détection de haute, démontrant la robustesse de cette approche pour la localisation de formes circulaires.

La classification des valeurs, basée sur la combinaison couleur HSV et rayon normalisé, atteint 57% d'accuracy sur le montant total avec une erreur moyenne de 0,77€. Les analyses montrent que les erreurs sont principalement dues à la sensibilité des seuils de couleur aux conditions d'éclairage et à l'hypothèse de normalisation du rayon.

Ces résultats constituent une base solide pour un système de comptage automatique de pièces, et les pistes d'amélioration identifiées — notamment la calibration adaptive et la classification supervisée — permettraient d'atteindre des performances bien plus élevées dans des travaux futurs.