

Vectorisation de plans anciens en combinant filtres profonds et extraction morphologique

Joseph Chazalon
Laboratoire de R&D de l'EPITA (LRDE)

Séminaire ANR ECLATS
2021-09-13



<https://www.lrde.epita.fr>

À propos de cette présentation

Présentation de résultats récents dans le cadre du projet *SODUCO*, produits par :

- Julien Perret IGN
- Clément Mallet IGN
- Yizi Chen IGN/EPITA
- Joseph Chazalon EPITA
- Edwin Carlinet EPITA
- Bertrand Duménieu EHESS

D'autres personnes sont impliquées dans ce projet, et d'autres contributions ont été produites.



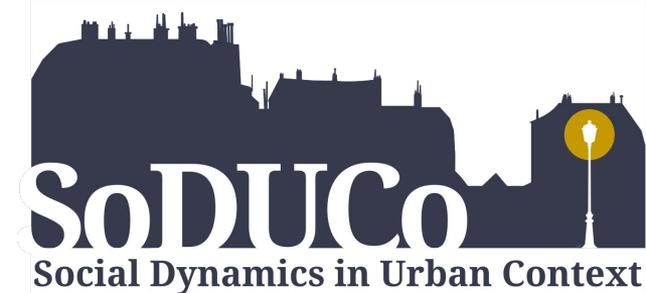
*Cette présentation est mise à disposition selon les termes de la [Licence Creative Commons Attribution 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).
N'hésitez pas à la partager en nous citant !*

Version en ligne : <https://bit.ly/3k4umSq>



Le projet SODUCO

Vue d'ensemble



Social Dynamics in Urban Context

Evolution de l'implantation des activités socio-pro., ville de Paris 1789-1950.

Thématiques rech. : Histoire, Géo*, Cartographie, Vision par ordinateur

Objet d'étude : Atlas et annuaires de la ville de Paris, 1789-1950

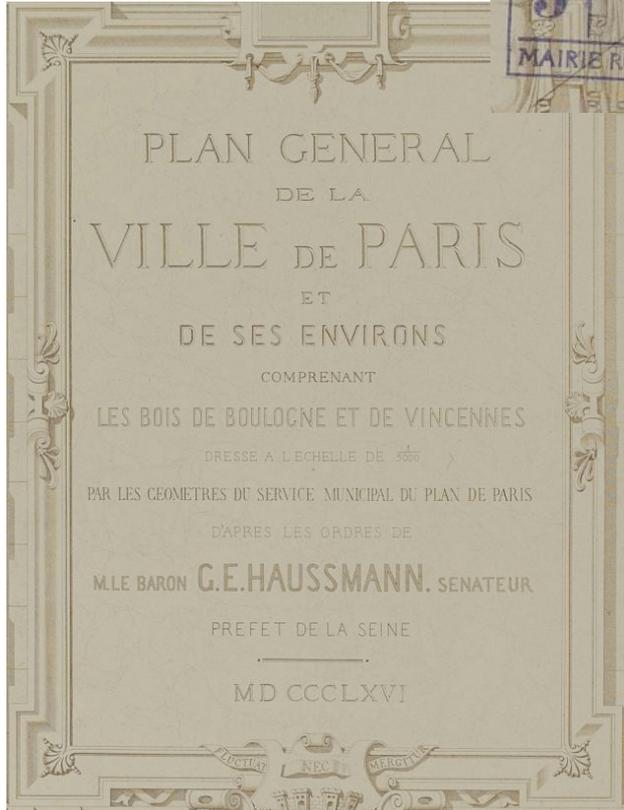
<https://soduco.github.io/> — <https://github.com/soduco>

Financement ANR : <https://anr.fr/Projet-ANR-18-CE38-0013>

Partenaires



Atlas



***Atlas municipal des vingt arrondissements de Paris.
1866 - 1936.
Bibliothèque de l'Hôtel de Ville.
Ville de Paris.***

24 atlas, ~20 planches chacun, 60-70 cm.

Créés par le *Service du plan de Paris*,
sur ordre du *Préfet de la Seine Haussmann*.

Echelle 1/5000e, plans levés par triangulation.

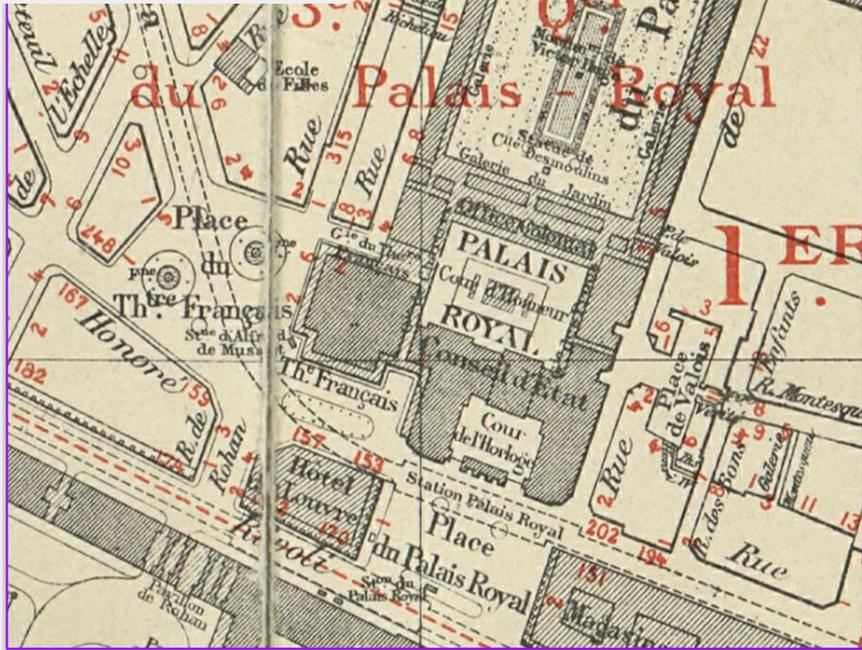
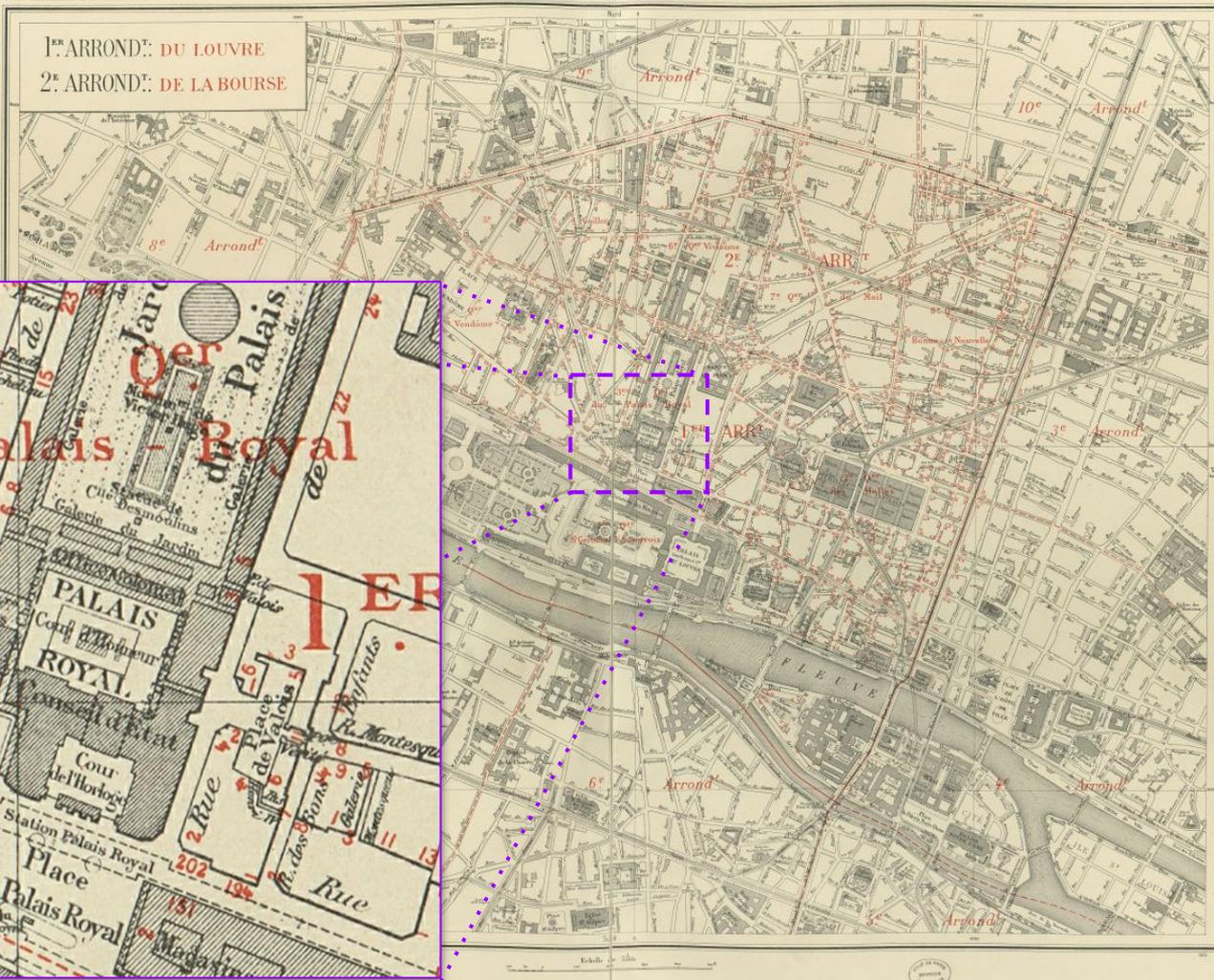
Pour 1925:

<http://bibliotheques-specialisees.paris.fr/ark:/73873/pf0000935524>

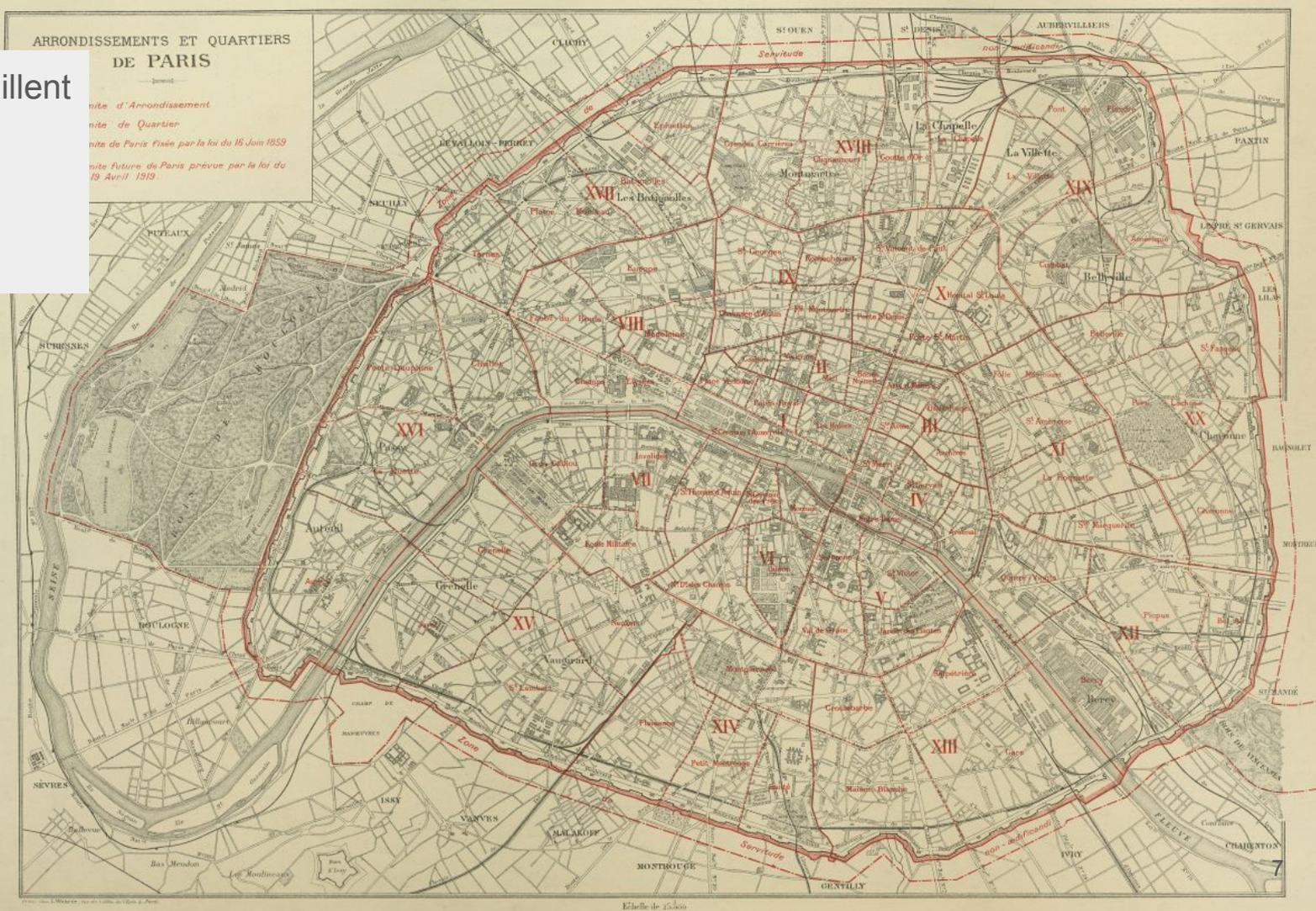
Planche 1 de 1925
(11136 x 7711 px)



Détail
(1 px ≈ 45 cm)



Les planches détaillent
chaque
arrondissement et
forment une vue
globale de la ville.



Annuaire

« Annuaire » anciens édités par Didot, Bottin, etc.
Sortes d'encyclopédies du quotidien pour les affaires.

Nombreuses section annexes, info. très riche.

Focus sur les 3 sections principales pour SODUCO :

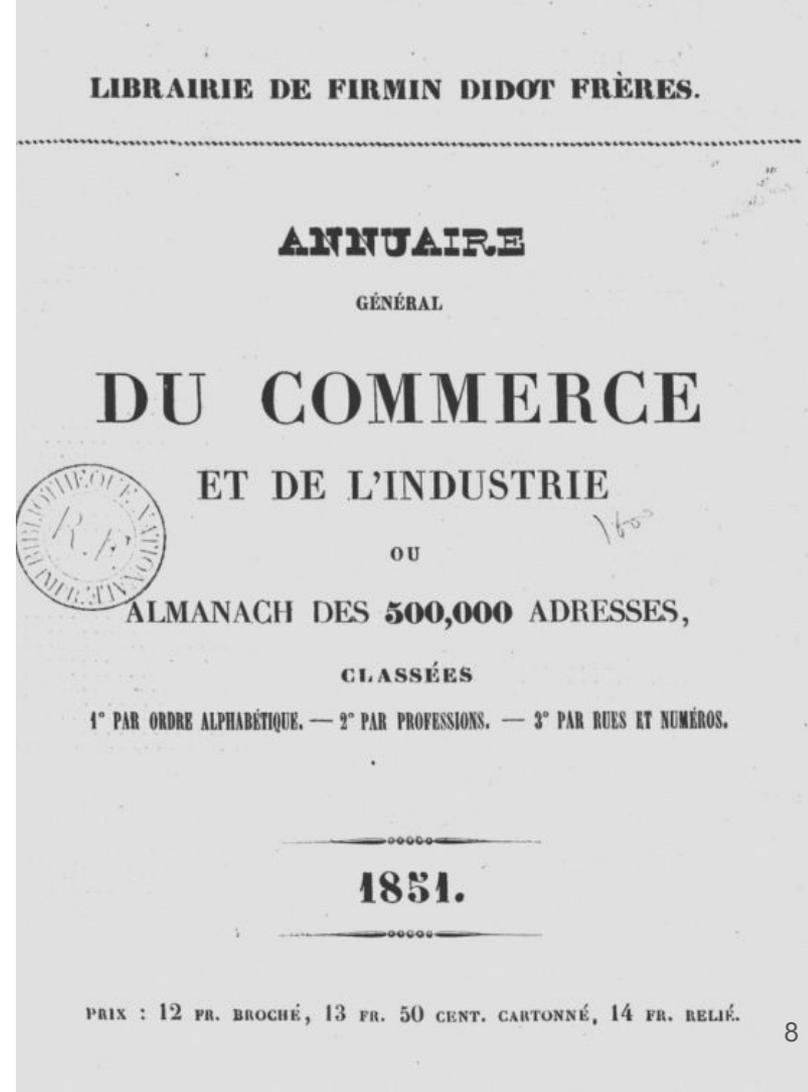
1. Index par patronyme
2. Index par « professions » (activité socio-éco.)
3. Index par rue et numéro

Énorme quantité d'information :

~150 annuaires, ~1000 pages chacun,

~1 Go/annuaire, des millions d'entrées...

1 entrée = (patronyme, activité, adresse, autres info.)



lons ronds et demi-ronds et carvés, et de toute sorte de moulure ; spécialité de fabrication de broches en acier et cuivre pour les peignes à tisser draps, voiles et couvertures, toile métallique pour tout ce qui concerne le tissage, M. H. 1849, Amandiers-Popincourt, 19.

Auger (Vve), mécanicien, fabr. d'emporte-pièces pour festons de garnitures de robes et de mantelets, emporte-pièces pour cartonnage, semelles de souliers, etc., tient un assortiment de maillets, billots et plombs, pass. de la Trinité, 77.

Avoyne-Bainée, serrurier-mécan., fab. de lits en f. r. 1839-44, 1819, Boulangers-St-Victor, 22.

Bijard, quai Jemmapes, 248.

Baptrosse père, tout ce qui a rapport à la fabrique d'indiennes, Charenton, 58.

Barbot, Popincourt, 58.

Bardiés, Trois-Bornes, 21.

Bardou, Descartes, 38.

Bariquand, horloger-mécanicien, entreprend toute espèce de fabrication nouvelle, quelle que soit la précision demandée, et construit toutes sortes de machines et outils pour Messieurs les inventeurs; vis cylindriques et coniques, découpage à façon, fendage de roues; pièces détachées fabriquées par procédés mécaniques pour toute espèce d'industrie; 1849, Ecouffes, 20. au Mar., près le marché des Blancs-Manteaux. *

Baudat, constructeur de mécaniques à scier le placage, le bois en grume, circulaires à cylindre, à scier l'ivoire, le marbre et la pierre; les machines sont mues par manège, eau ou vapeur; garantissant la bonne exécution de ces machines, se charge de la pose et mise en activité, fille toutes sortes de vis et d'écrous, tourne au chariot et autrement, fend les engrenages à la plate-forme, dentelle les scies à la machine, fait des envois en province et à l'é-

Becker, mécanicien-graveur, breveté d'invention (sans garantie du gouvernement), fabrique spéciale de presses à copier, presses à timbre sec et bumide, presses à cacheter, presses à percussion pour l'extraction des matières végétales et pour le satinage des papiers, composteurs pour papiers à lettres, pour raisons de commerce, griffes de toutes sortes, et généralement toute la gravure sur métaux, St-Denis, 380, passage Lemoine. *

Beerstecher (A.), Loureine, 88

Berendorff (J.), M. H. 1844, Mouffetard, 294, atelier de construction de machines à vapeur et autres, S. E., 1844, 1849.

Bergeron, 1849, Marais-du-Temple, 73.

Bernier aîné, outils établis, presses, 1844, Faubourg-St-Antoine, 89.

Bernier, Ménéilmontant, 90.

Berthet, Simon-le-Franc, 15.

Berton, Neuve-St-Denis, 12.

Bertrand, mécanicien; breveté (sans garantie du gouvernement), construit toutes espèces de machines et outils, spécialité de machines pour les fabricants de matières premières de chapellerie, machines à vapeur et tours pour les fabricants de chapeaux; tondeuses et souffleuses de poils de lièvres et de lapins, réparation et entretien de machines à vapeur; on trouve toujours chez lui des machines à vapeur toutes prêtes à être mises en place, Vieille-du-Temple, 58, anc. 72. *

Beslay (Ch.), 1839, 1849, Neuve-Popincourt, 17.

Bettinger, mécanicien, tient fabrique générale de toutes sortes de serrures de nécessaires, de portefeilles, ainsi que loqueteaux et charnières en cuivre, vis, et fait tout ce qui concerne son état, Vieilles-Etuves-St-Martin, 9, ci-devant St-Martin, 104, passage de la Réunion. 3. *

Bianchi (By.), 1844 et 1840

provinc., à des prix très-modérés, St-Jacques, 261. *

Boscho aîné, ingénieur-mécanicien, inventeur de divers perfectionnements au métier Jacquard, S. E. 1850, Amandiers-Popincourt, 22, ci-devant St-Maur, 14. *

Boscher, Bondy, 76.

Bosquillon, 1823-27-34, constructeur de perçages accélérés et de mécaniques Jacquard parisiennes, Paradis-Poissonnière, 20.

Boucher, Saint-Pierre-Popincourt, 18.

Bouchon, dépôt de moulins à bras portatifs, Nve-St-Nicolas, 16.

Bouhey (Ene), mécanicien, fab. de machines à couper les peaux de lapins, souffleuses de toutes dimensions marchant à bras et à la vapeur, tours de chapeliers, 1849, Francs-Bourgeois-Marais, 3, ci-devant Beaubourg, 59. *

Bouhon, appareil dit cale à fléau, breveté sans garantie du gouvernement, destiné au soulagement des chevaux dans les montées, 1849, Société d'encouragement 1850, pl. Dauphine, 71. *

Bourdier, bandagiste-hermier, mécanicien-orthopédiste, fournisseur de la Société protestante de prévoyance et de secours mutuels de Paris, fabrique spéciale de toutes espèces de ressorts et de bandages, béquilles, appareils orthopédiques, ceintures hypogastriques, bas lacés en tous genres, suspensoirs, objets d'allaitement, et tous articles en gomme élastique, Cadran, 5.

Bourdon (Eug.), construction de machines à vapeur à haute, moyenne ou basse pression, pompes, machines à élever l'eau, engrenages, arbres de couche, machines à vapeur locomobiles pour les irrigations et les exploitations rurales; breveté (sans gar. du g.) pour de nouveaux manomètres métalliques autorisés par décision ministérielle des travaux publics, en date du 6 novembre 1840, pour

gner, mécanique nouvelle, presse à copier les lettres, perfectionnée 1849, Saint-Jacques, 169, près le Panthéon. *

Brocard (Léon), machines à papier, St-Gilles, 12.

Burckel, fab. étirées, fuseaux et broches, Nve-de-Lappo, 3.

Busser, fab. de presses lithographiques, machines à repaïrer, fait les réparations à des prix modérés, Lamartine, 18-20, ci-devant Coquenard. *

Butt, Buisson-St-Louis, 16.

Cabanis et Cie, association pour la construction des machines à élever les eaux, pompes domestiques, moteurs hydrauliques de toute nature, machines soufflantes pour les forges, machines à eaux de Seltz, presses à découper, outillage et réparation de machines, Vimalgriers, 32.

Cahouet, breveté (sans garantie du gouvern.) pour les porte-moules à bougies emboutis d'un seul morceau, et les moules montés sans aucune soudure, et pouvant les monter et les démonter soi-même; fabricant de mandrins, fondeur de moules de chandelles, bougies, cierges, spécialité, 1849, Marché-aux-Veaux, 4.

Calamel, Dupetit-Thouars, 16.

Calard (T.-F.), fab. de feuilles métalliques percées en fer, cuivre et zinc; tôle en râpe pour le nettoyage des blés, cribles à main pour remplacer la peau.—Atelier de construction de machines à percer, à cintrer les fers à froid et à ajuster les ressorts de voitures, Leclerc, 8, Faub.-St-Jacques, 1849.

Calla fils, ingénieur-mécanicien-fond.; machines pour travailler les métaux, moteurs hydrauliques, moulins à blé, 1839, 1844, 1849, Lafayette, 11, et Chabrol, 20, à La-Chapelle.

Cambray, membre de la Société d'Encouragement, de la Société nationale et centrale d'Agriculture, et de la Société de l'Académie de l'Industrie, fabrique

Approche scientifique du projet SODUCO

Analyse croisée de 2 collections

Atlas et annuaires

Exploitation des **redondances spatiales et temporelles**

Détection d'erreurs ou de changements, stabilisation de la reconnaissance

Extraction d'information **pragmatique**

Assister l'utilisateur expert, viser l'annotation collective dans une certaine mesure

Générique mais pas trop

Viser une solution fonctionnelle sur notre corpus, avec des composants réutilisables

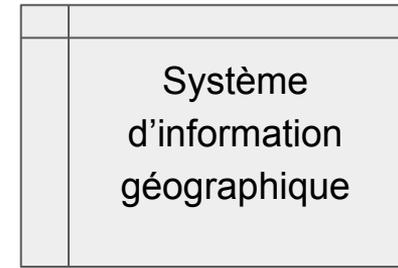
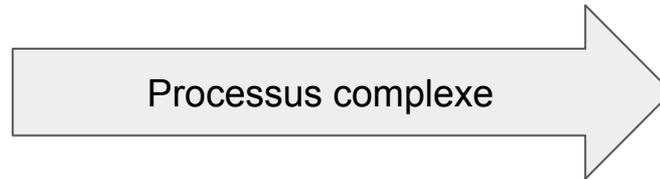
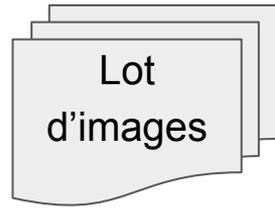
Free/open, accessible, indexé, reproductible

[Dépôts GitHub](#), <https://geohistoricaldata.org>, jeux de données, publications...

Analyse des atlas

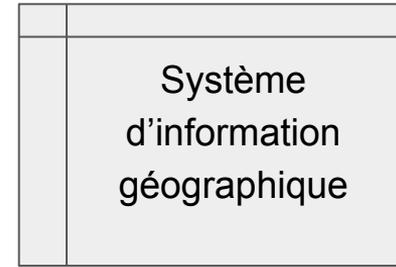
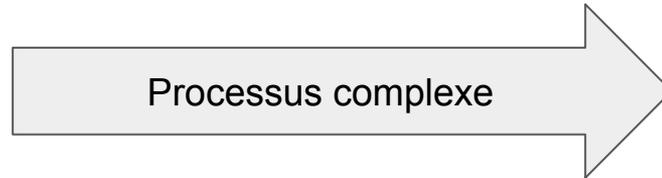
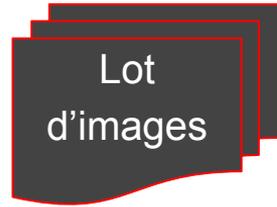
Vision « Analyse de données »

Objectif : rétro-conversion des plans



Vision « Analyse de données »

Objectif : rétro-conversion des plans

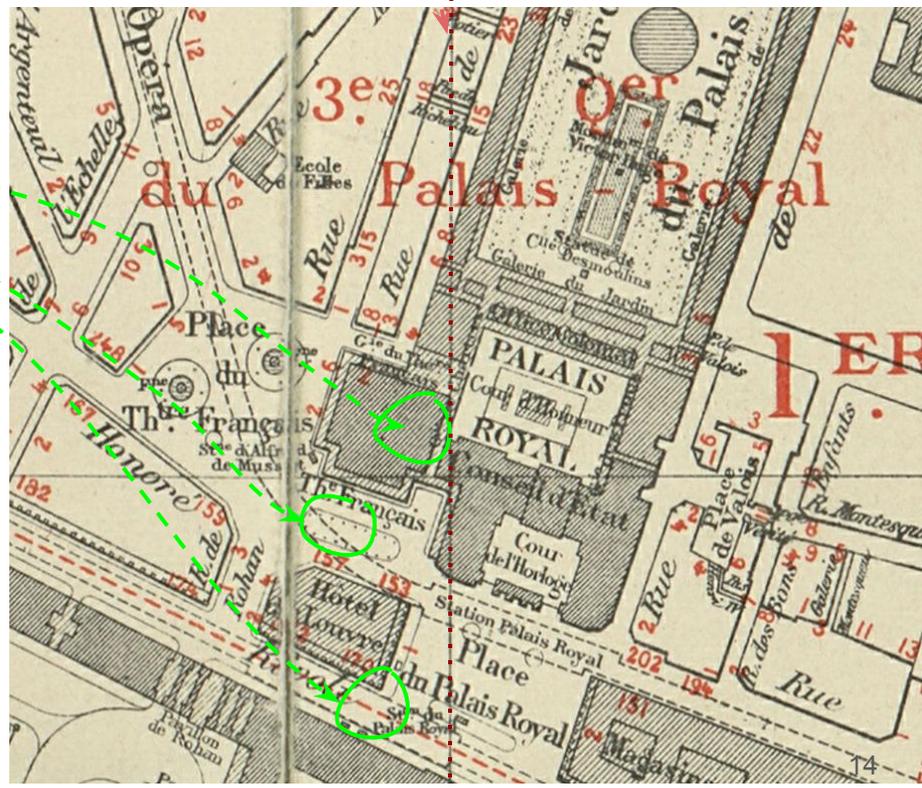
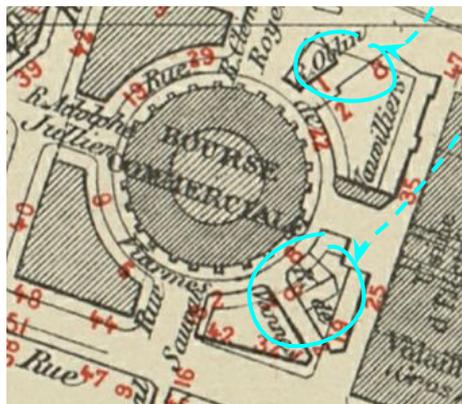


Propriétés ?
Difficultés ?

Données sources : défis multiples

1. Défis « cartes historiques »

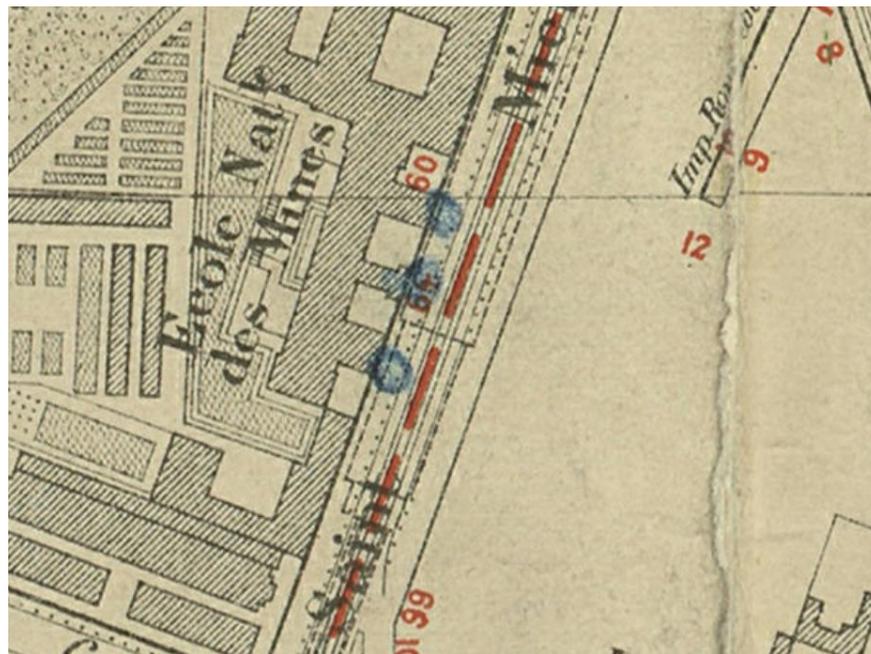
- Superposition planimétriques**
 - Lignes de *graticule*
 - Couches d'information
- Symbologie non-stricte**
- Texte omniprésent**
- Ambiguïtés**



Données sources : défis multiples

2. Défis « documents historique »

- Dégradations du papier
plis, gondolements
- Effacement de l'encre
- Annotations manuelles** après édition

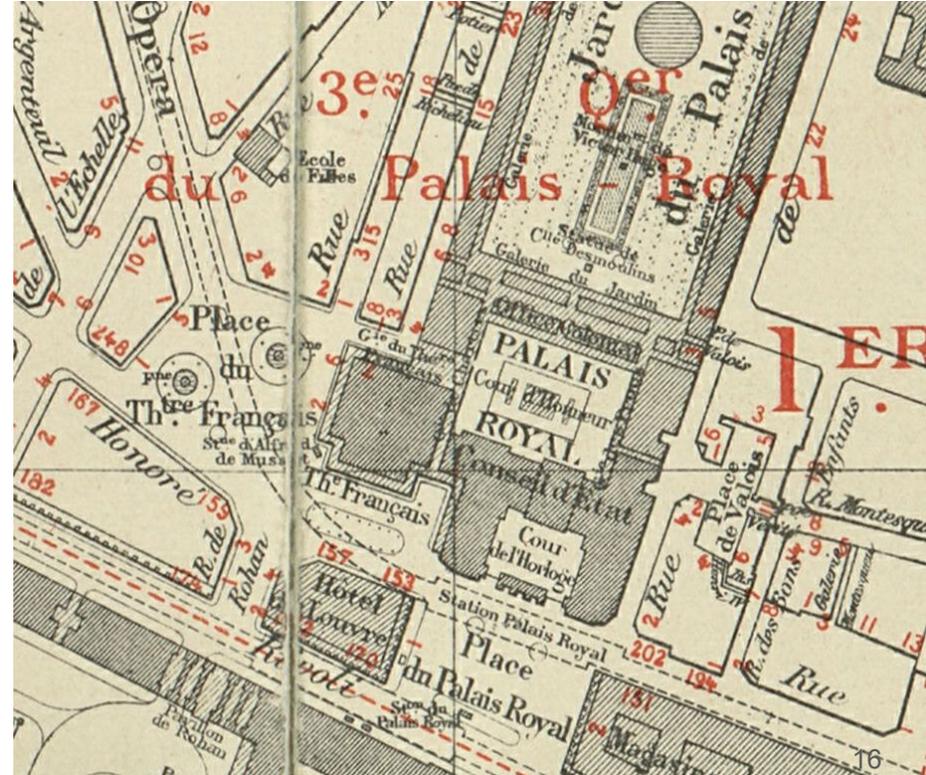


Données sources : défis multiples

3. Défis spécifiques au fonds

- Absence d'information couleur**
sauf pour une couche de texte
- Peu ou pas de texture** pour la plupart des régions \Leftrightarrow information essentiellement présente au niveau des **lignes de contours**
- Structure hiérarchique implicite**
Îlot / bâtiment
- Document devant être **interprété à l'aide d'autres ?**

dedans vs dehors +
traits fins :
Pas CNN-friendly

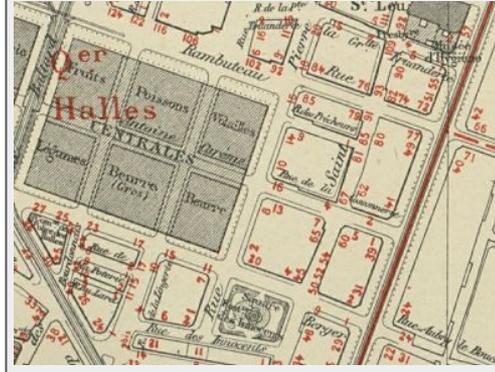


Données sources : des atouts également

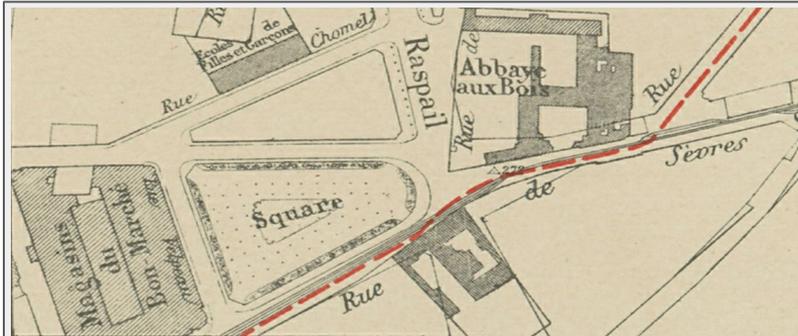
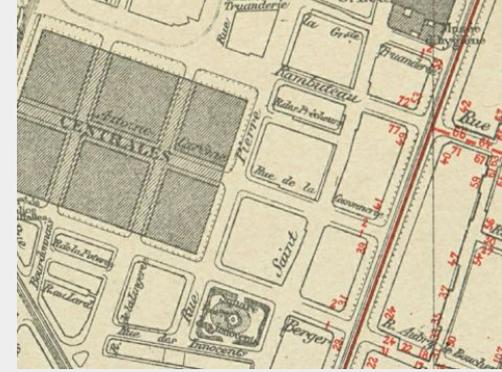
Redondance spatiale et temporelle

- Entre **planches voisines** d'un même volume →
- Entre planches de la même région de **volumes différents** ↓

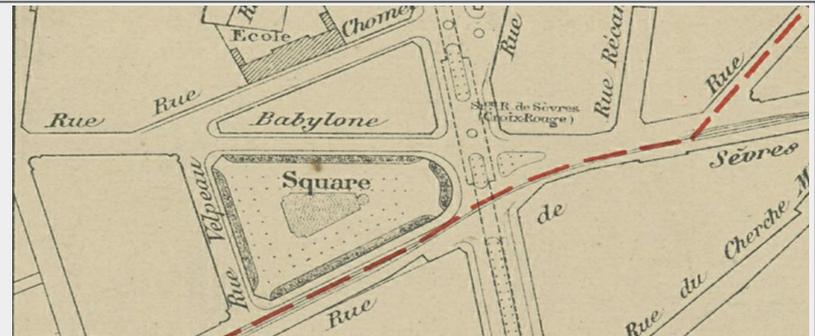
1925, planche 1



1925, planche 2



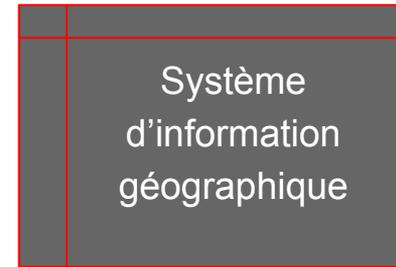
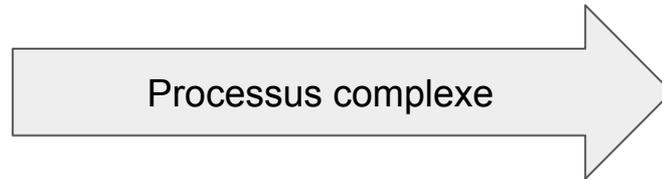
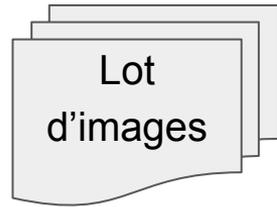
1884



1912

Vision « Analyse de données »

Objectif : rétro-conversion des plans



Données ?
Format ?
Utilisation ?

Données produites : dans l'idéal

Structures géométriques numérisées (points, lignes, polygones)

Régions classées par type (voirie, bâti, eau...)

Couches d'information séparées (fluviale, îlots, bâtiments...)

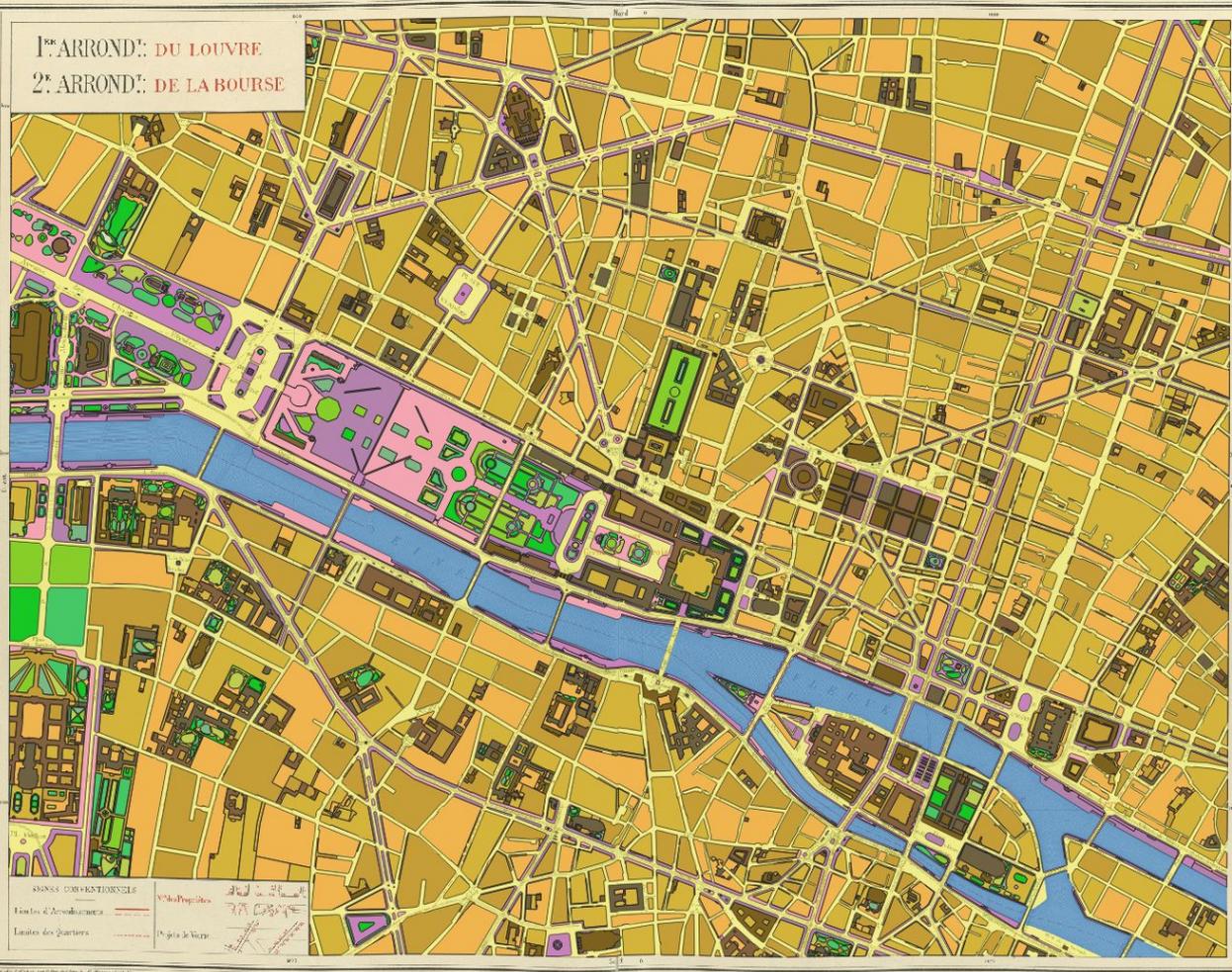
Texte reconnu, localisé, associé aux entités pertinentes

Cartes géo-référencées (géométrie → géographie)

Réseau de voirie extrait et suivi des changements de nomenclature

Travail sur une **ontologie riche** avec des informations spatiales et temporelles

1^{er} ARROND.: DU LOUVRE
2^e ARROND.: DE LA BOURSE



ÉCHELLE COMMUNICATIVE

Limites d'Arrondissement ————

Limites des Quartiers - - - - -

N° des Propriétés

N° des Maisons

N° des Villes

Environ 80 heures.homme

- voirie
- fleuve
- parc-eau
 -
 -
 -
 -
 -
- trottoirs-stations-monuments
 -
 -
 -
- batiments
 -
 -
 -
- ilots
 -
 -
 -

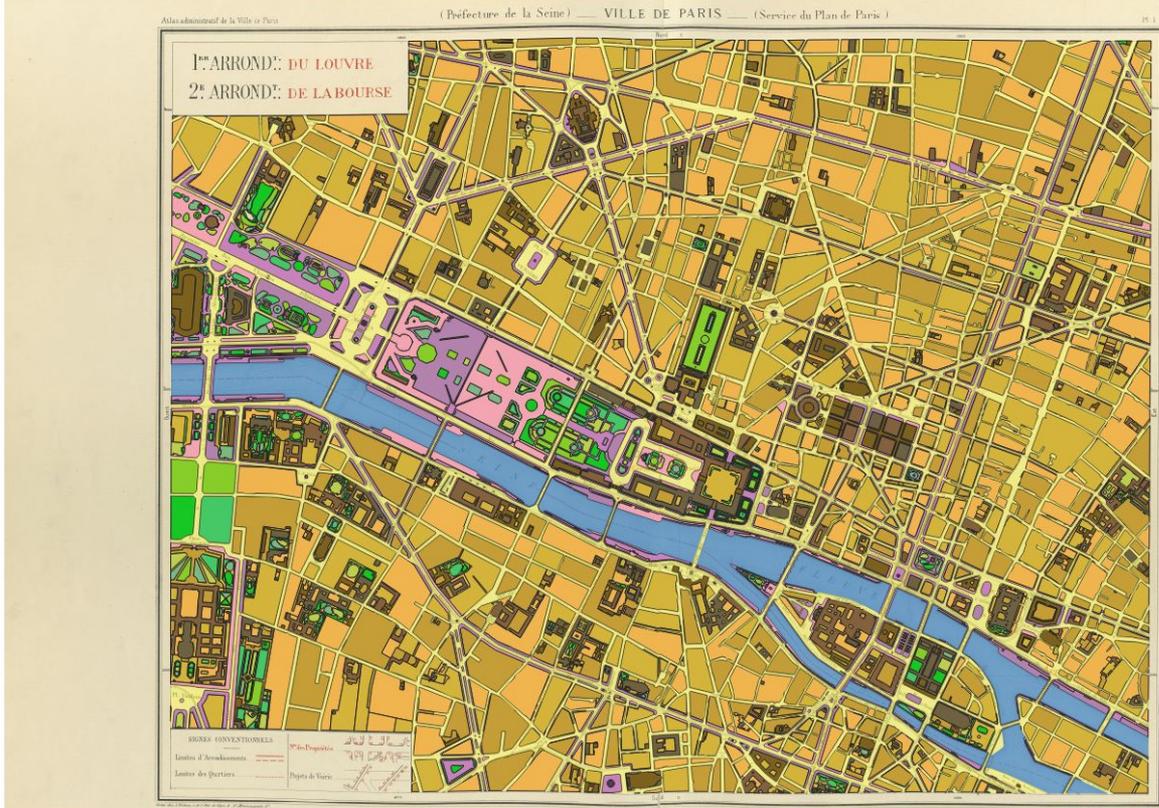


Browser

- ▶ BHdV_PL_ATL20Ardt_1926_0004
 - docseg.gpkg
 - graticule_lines.gpkg
 - graticule_lines_inter.gpkg
 - lines.gpkg
 - task_a.gpkg
- ▶ BHdV_PL_ATL20Ardt_1926_0006
- ▶ BHdV_PL_ATL20Ardt_1926_0009
- ▶ BHdV_PL_ATL20Ardt_1926_0012
- ▶ BHdV_PL_ATL20Ardt_1926_0013
- ▶ BHdV_PL_ATL20Ardt_1926_0014
- ▶ BHdV_PL_ATL20Ardt_1926_0016
- ▶ BHdV_PL_ATL20Ardt_1926_0017

Layers

- 1
- 2
- Intersections
 - planche_1_lines
 - closed_shapes
 - voirie
 - fleuve
 - parc-eau
 - trottoirs-stations-monuments
 - batiments
 - ilots



Q Type to locate (Ctrl+K)

GeoHistoricalData x +
https://geohistoricaldata.org

GEOHISTORICALDATA About Tools Download Level

Delagrive's Map, 1728
 Delagrive's Map, 1740
 Lattré's Map, 1785
 Verniquet's Atlas, 1789
 Picquet's Map, 1809
 Etat-Major Map 10K, 1840
 Jacoubet's Atlas, 1836
 Andrieu-Goujon's Map, 1849
 Municipal atlas y, 1888, 1888

Streets

Streets from Verniquet (1789)
 Streets from Vasserot (1808-1836)
 Streets from Jacoubet (1836)
 Streets from Atlas Municipal (1888)

500 m
2000 ft

Attribution

Plans « Jacoubet »
→ Déjà des données

GeoHistoricalData x +
https://geohistoricaldata.org

GEOHISTORICALDATA About Tools Download Level

Delagrive's Map, 1728
 Delagrive's Map, 1740
 Lattré's Map, 1785
 Verniquet's Atlas, 1789
 Picquet's Map, 1809
 Etat-Major Map 10K, 1840
 Jacoubet's Atlas, 1836
 Andriveau-Goujon's Map, 1849
 Municipal atlas y, 1888, 1888

Streets

Streets from Verniquet (1789)
 Streets from Vasserot (1808-1836)
 Streets from Jacoubet (1836)
 Streets from Atlas Municipal (1888)

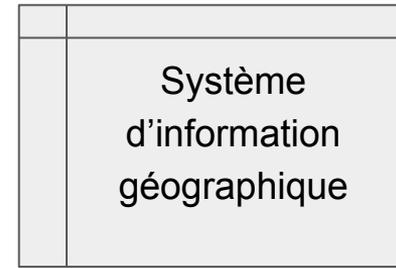
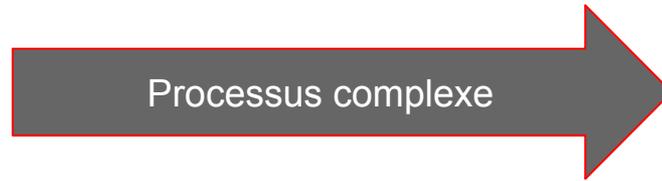
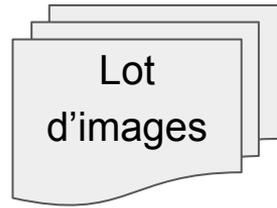
500 m
2000 ft

Attribution

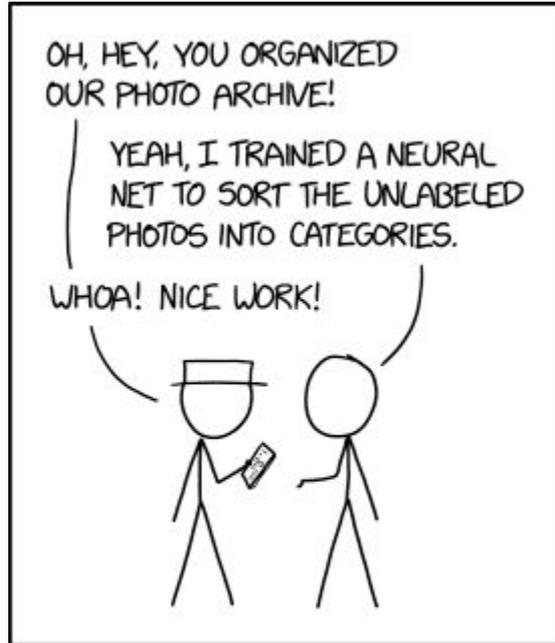
Plans « Atlas Municipal »
→ Juste un alignement gros grain pour l'instant

Vision « Analyse de données »

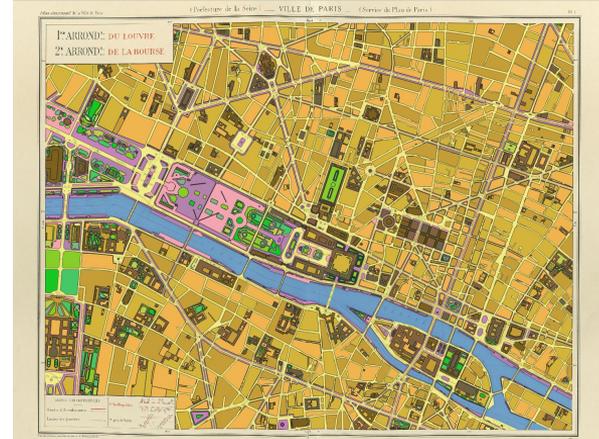
Objectif : rétro-conversion des plans



À propos de notre première version...



ENGINEERING TIP:
WHEN YOU DO A TASK BY HAND,
YOU CAN TECHNICALLY SAY YOU
TRAINED A NEURAL NET TO DO IT.



~80 heures.homme

Processus de dématérialisation : les chantiers

Vectorisation

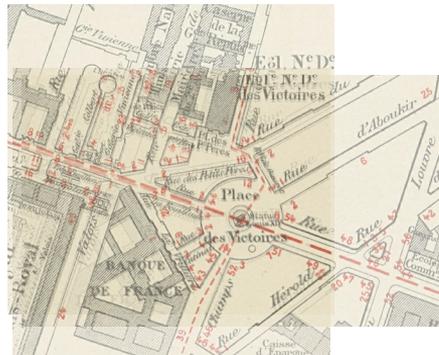
Raster → Géométries



Cette présentation

Alignement

Coordonnées cohérentes



Classification

Géométries → Objets carto.



Extraction du texte

Détection et reconnaissance



Rue

44

Valois

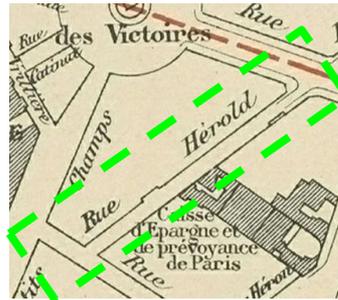
Géo-référencement

Géométries → Géographie



Association texte – Entité

Nom de rue ↔ Rue...



Et bien d'autres...

- Reconnaissance de symboles
- Interaction utilisateur
- Exploitation des redondances
- Infrastructure d'annotation
- ...

Contributions à la vectorisation de plans anciens

Angle d'attaque

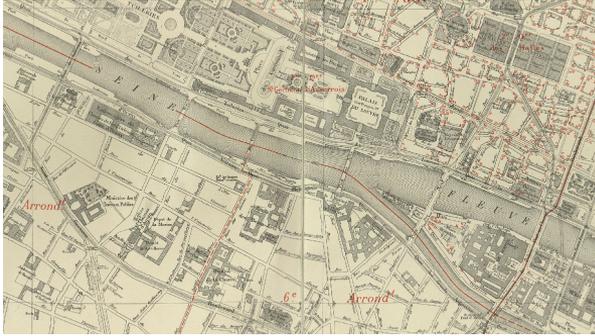
La **saisie manuelle** est terriblement **pénible** et **longue**.

Elle est cependant **très fiable**, et les données sont complexes.

Comment **assister** au mieux l'utilisateur pour **diminuer le coût d'annotation** ?

⇒ Vers un méthode **automatique** qui pourra être rendue interactive.

Vectorisation vs Segmentation : plan anciens



Image



Classification idéale



Segmentation idéale

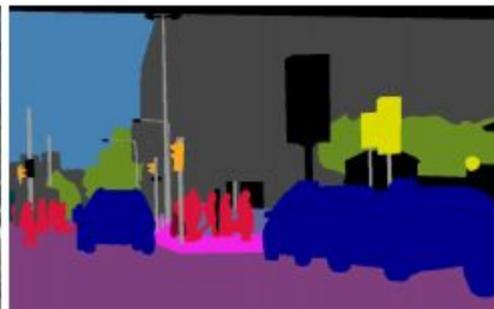


Classification et segmentation

Vectorisation vs Segmentation : images naturelles



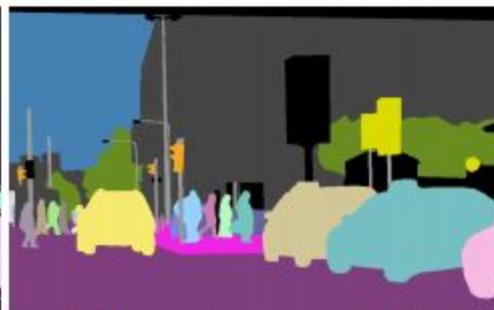
(a) image



(b) semantic segmentation



(c) instance segmentation



(d) panoptic segmentation

Vectorisation et Segmentation : même chose

(au 1/5000e, pour les formes closes)

Problème de vectorisation des plans anciens = problème de segmentation

Segmentation :

- D'objets voisins distincts ("**instance segmentation**")
- **Dense**, pour obtenir une **partition** de l'image
- Avec une **classification** éventuelle \Rightarrow dite alors « panoptique »

Approches existantes : cadre général

Défis

1. **Nature des données** : peu de couleurs, peu de textures, beaucoup de texte et de superpositions
2. **Quantité de données** : annotations très coûteuses et techniques, peu de données d'apprentissage

Quelles sont les techniques disponibles ?

À notre connaissance, personne n'a réglé le problème pour des données de ce type à présent.

Approches morphologie math. et traitement d'images



Un potentiel très grand, des **garanties fortes** (formes fermées)...

...mais il faut générer une **carte de probabilité de contours** au préalable.

Approches basées classification de pixels

Aussi dites « *semantic segmentation* »

Motivées par le succès des **réseaux profonds** type CNN pour la segmentation d'images naturelles, médicales, satellitaires, aériennes, biologique...

Basées sur l'analyse **locales** (voisinage fini) des textures de l'image.

Approches basées classification de pixels

Travail notable de
R. Petitpierre à l'EPFL

R. Petitpierre, "Neural networks for semantic segmentation of historical city maps," Master Thesis, EPFL, Lausanne, Switzerland, 2020. →

Réseaux = filtres puissants

Mais approche imprévisible, qui ne permet pas de vectorisation. Pas de gain en annotation.

Devrait intervenir APRÈS pas AVANT ?



Entrée

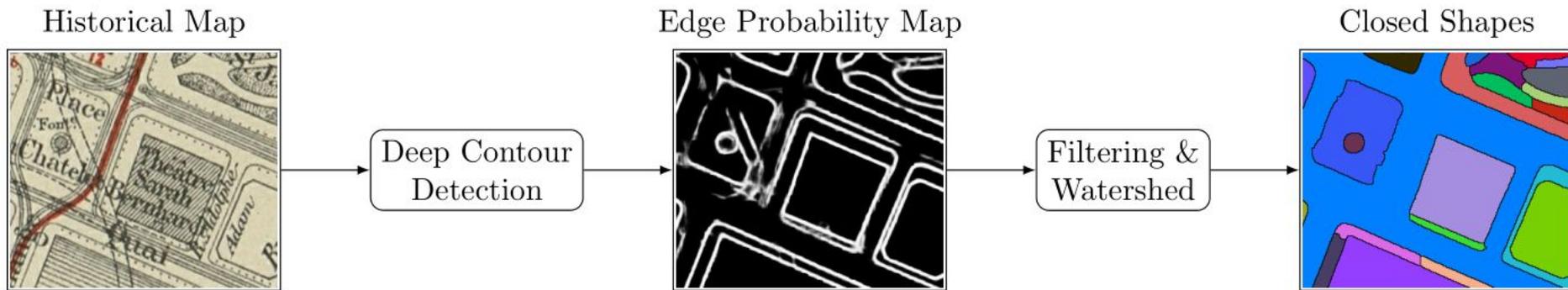
Sortie prédite

Sortie attendue

Notre approche : combiner le meilleur des 2 mondes

Produire une **carte de contours** avec les filtres puissants du *deep learning*.

Extraire des **formes fermées** à partir de ces contours à l'aide d'outils *morpho*.



Expériences et résultats quantitatifs

Détails expérimentaux (dont résultats quantitatifs) disponibles dans les articles DGMM et ICDAR, avec code en ligne.

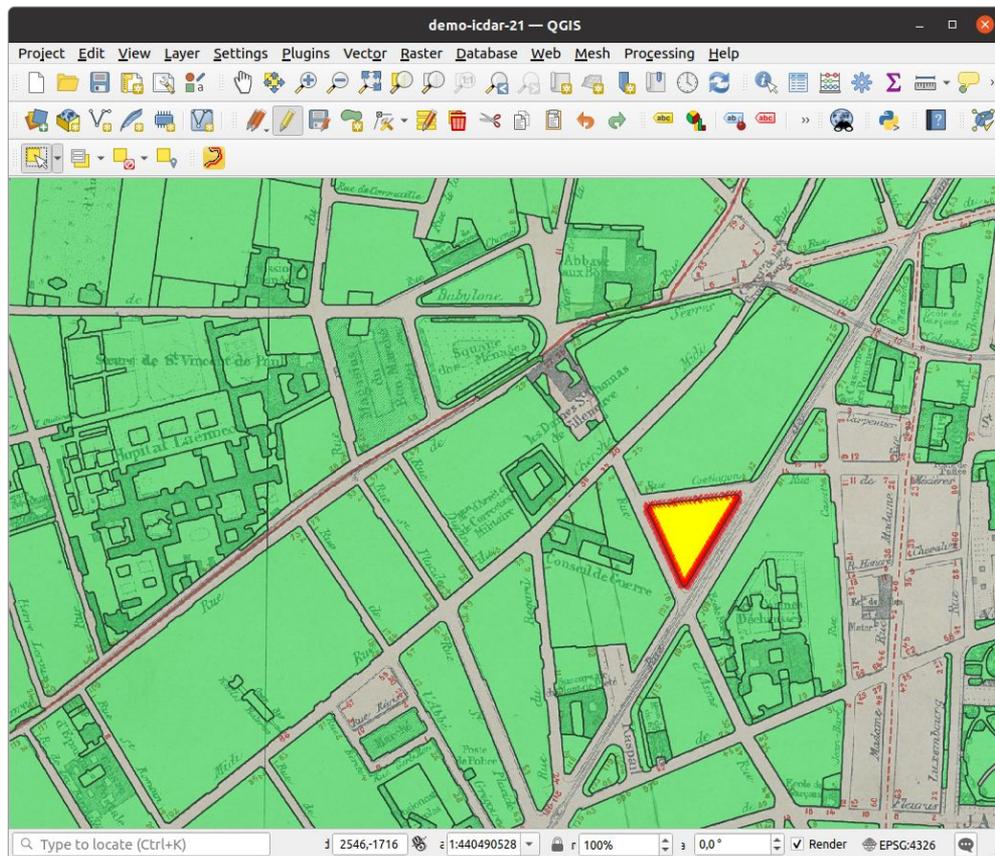
<https://github.com/soduco/paper-dgmm2021>

<https://github.com/soduco/ICDAR-2021-Vectorization>

À retenir selon moi :

- **Validation de l'approche à 2 étapes** pour ce type de données (en attendant de meilleures architectures)
- Possible d'avoir des **résultats exploitables avec peu de données d'apprentissage**
- Nécessité d'une **approche interactive efficace** (plugin QGIS ?) pour un gain effectif en temps de saisie et correction (en cours de développement)

Résultats qualitatifs



Limites, prochaines étapes, problèmes ouverts

Exploiter la **redondance** d'information pour **fiabiliser** l'extraction :

*Focus actuel sur l'**alignement** des images de plans.*

Améliorer les **architectures** utilisées :

*Principalement pour mieux détecter les **éléments fins**.*

Mesurer le temps effectivement gagné en annotation manuelle.

*De **nouvelles métriques** en cours d'élaboration*

Abstraire les modules de stockage des **données** et des **annotations**.

Et bien d'autres choses...

Extraction du **texte**.

Fusionner les informations des cartes et des annuaires.

Intégrer la **classification** des formes (pas encore démarré).

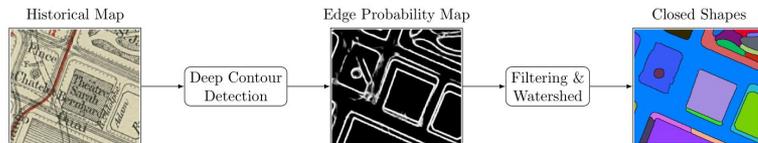
Gérer la **hiérarchie** et la **superposition** spatiale d'informations (très loin).

En résumé



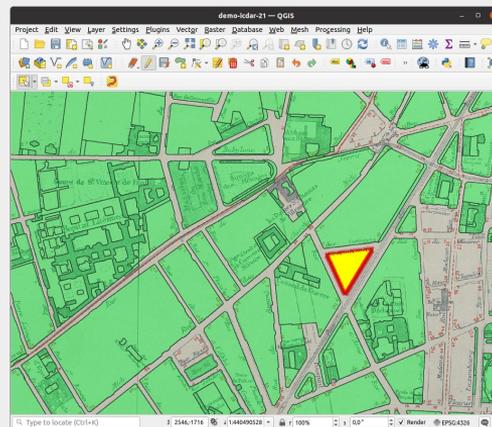
Vectorisation de ces plans anciens
= segmentation panoptique *a minima*

1



Il faut se concentrer sur la détection de contours pour extraire ensuite des formes fermées.

2



3

Un premier prototype de conversion automatique
raster → *vector* pour ces plans difficiles.

Compétition ICDAR 2021

Competition results

ICDAR 2021 Competition on Historical Map Segmentation

ICDAR 2021
Competition on **Historical Map Segmentation**

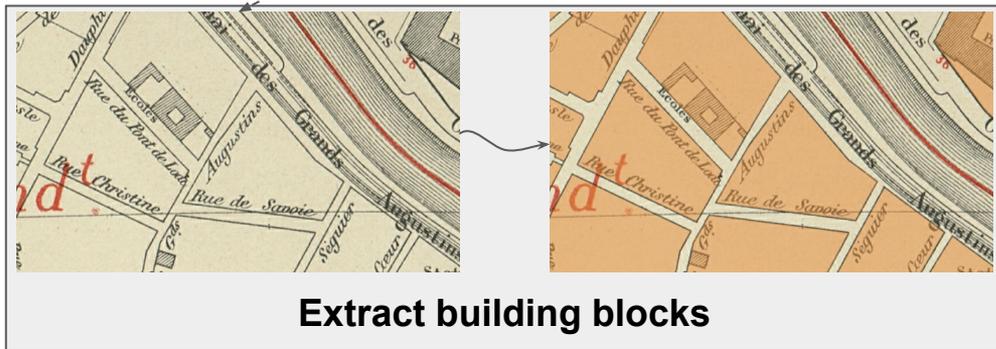
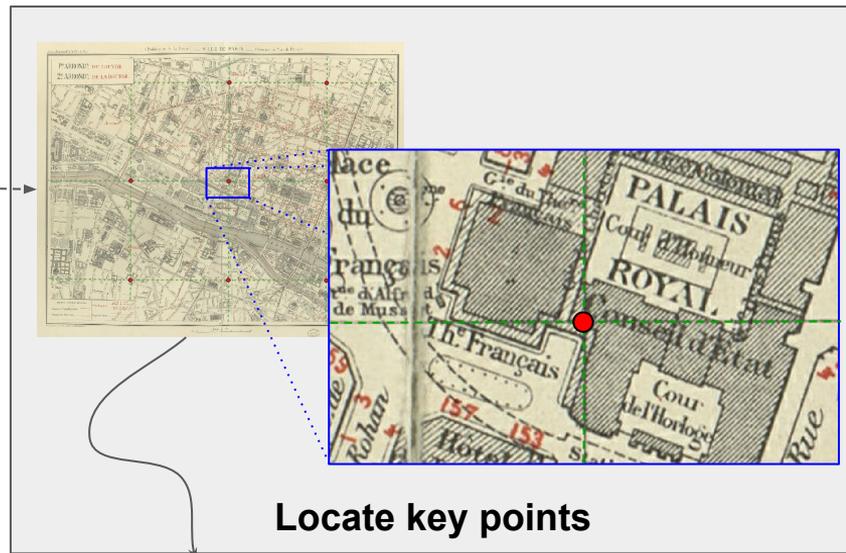
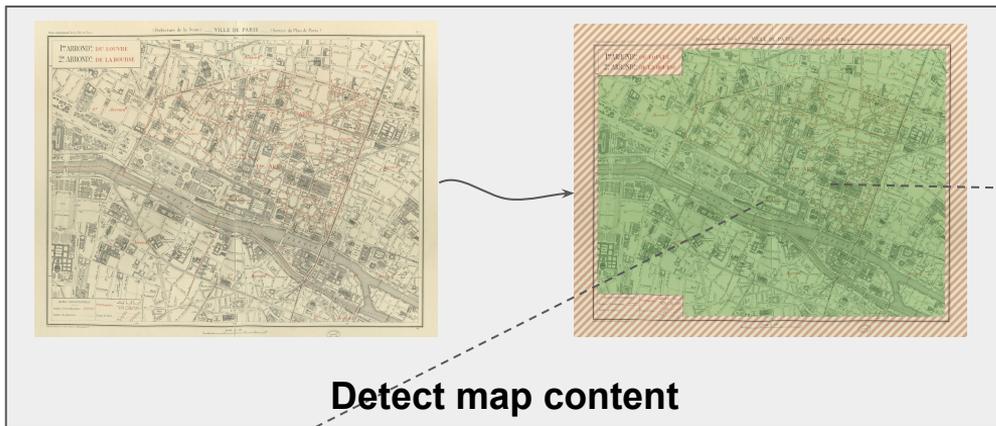
Official website
<https://icdar21-mapseg.github.io>



Everything is available here

Flash me!

Motivated by the need to digitize historical maps



Flash me!



Check our [website](https://icdar21-mapseg.github.io)

→ <https://icdar21-mapseg.github.io> ←

cs.CV [arXiv:2105.13265](https://arxiv.org/abs/2105.13265)

Competition report

DOI [10.5281/zenodo.4817662](https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.4817662)

Dataset
with ground truth

DOI [10.5281/zenodo.4818228](https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.4818228)

Participants'
submissions,
detailed descriptions
and evaluation
reports

DOI [10.5281/zenodo.4818401](https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.4818401)

Evaluation tools

✓ Open licenses

*This work was partially funded by the French National Research Agency (ANR): Project SoDuCo, grant ANR-18-CE38-0013.
We thank the City of Paris for granting us with the permission to use and reproduce the atlases used in this work.*

Everything is available here

Flash me!



ICDAR 2021
Competition on **Historical Map Segmentation**

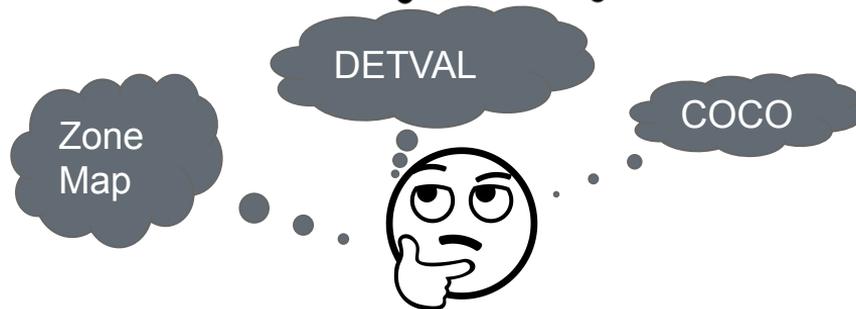
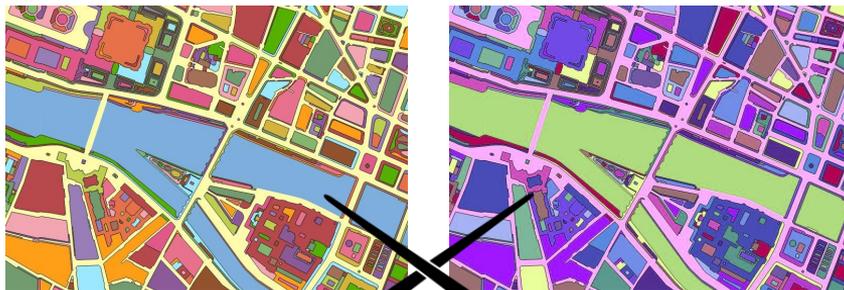
Official website
<https://icdar21-mapseg.github.io>

Contributions à l'évaluation de la segmentation d'instance

Problème : Métrique pour la tâche 1 de la compétition

Application:

ICDAR'21 **Competition on Historical Map Segmentation**



Extensions de la métrique *COCO Panoptic*



COCO
Panoptic

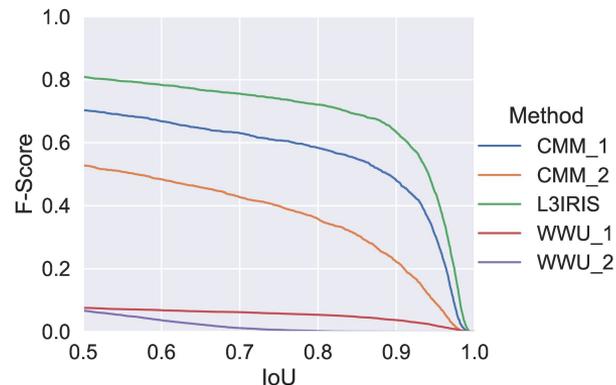
0.784

- ✓ Segmentation quality
- ✓ Recognition quality
- ✗ Single integration measure

Contributions

- Expressed in a graph pairing formalism
- Extended to provide more insights => new indicators

- ✓ Segmentation quality
- ✓ Recognition quality
- ✓ Comparative curves



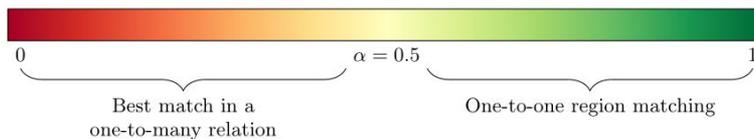
Extensions de la métrique COCO Panoptic

Merges FA Miss Split

Carte de précision :
Point de vue de la
prédiction



Carte de rappel :
Point de vue de la
vérité terrain



Un démonstrateur prêt à l'emploi



```
pip install coco-pano-ext-demo
```



```
https://github.com/icdar21-mapseg/coco-pano-ext-demo
```


Vectorisation de plans anciens en combinant filtres profonds et extraction morphologique

Joseph Chazalon
Laboratoire de R&D de l'EPITA (LRDE)

Séminaire ANR ECLATS
2021-09-13

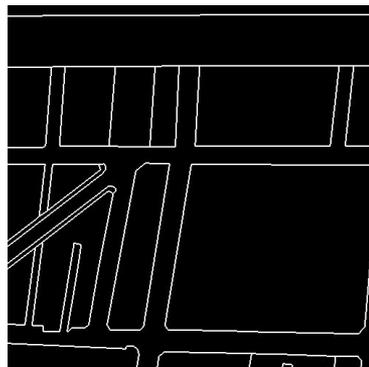
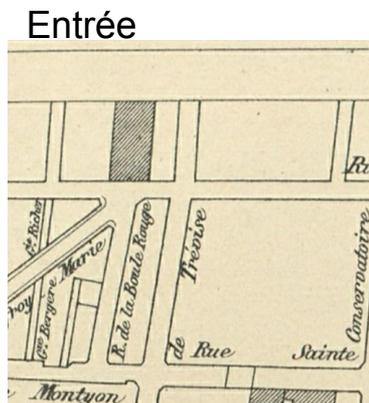


<https://www.lrde.epita.fr>

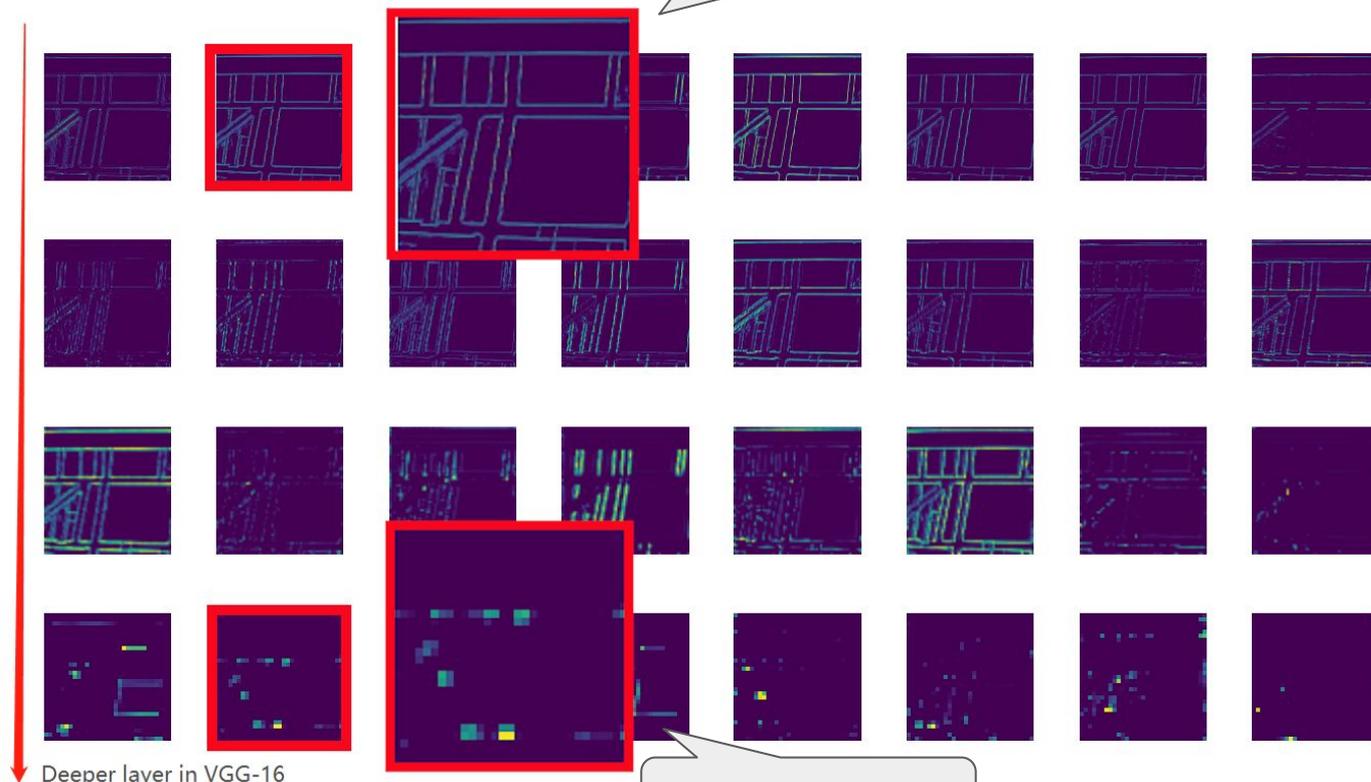
Quelques illustrations en plus

Analyse visuelle : filtres appris

Texte supprimé dès les premières couches !



Sortie attendue



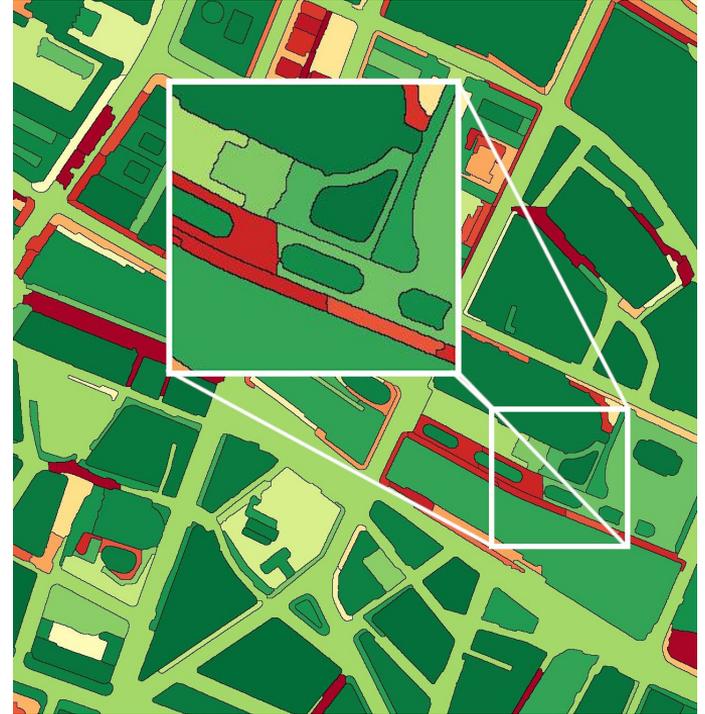
Deeper layer in VGG-16

Intersections / coins

Cartes de précision (point de vue **prédiction**)



Sans watershed



Avec watershed

Cartes de **rappel** (point de vue **vérité terrain**)



Sans watershed



Avec watershed

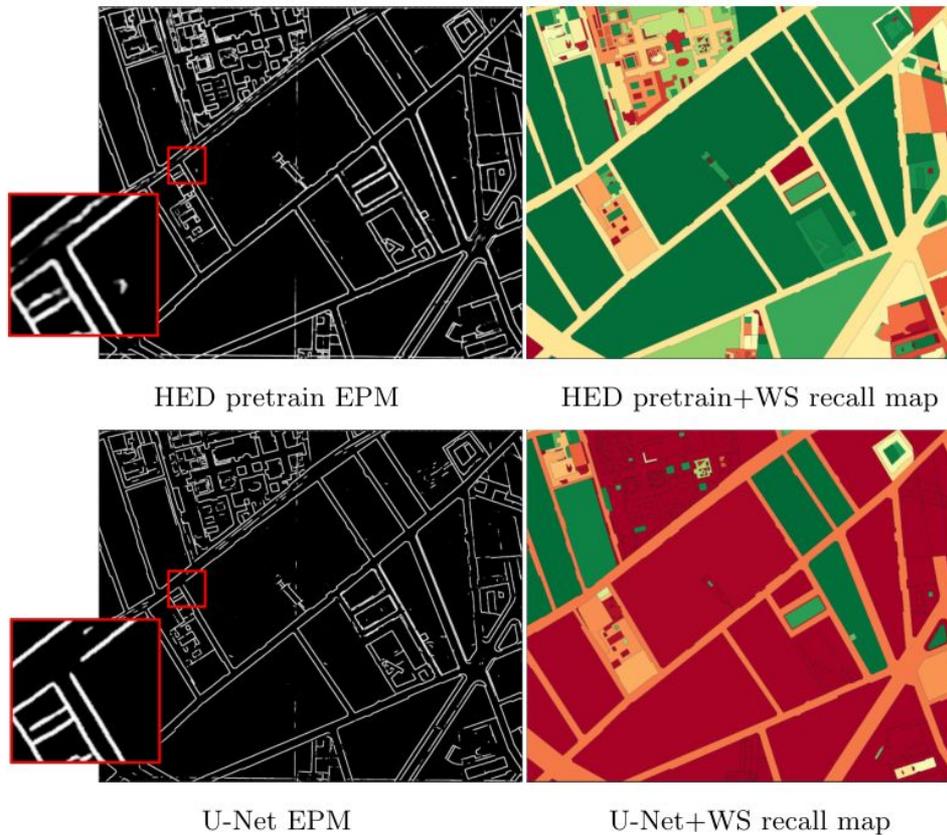


Fig. 4: Comparison of intermediate (EPM, *left*) and final shape prediction (recall map, *right*) results for pre-trained HED (best model, *top*) and U-Net. We can see on the left that many discontinuities in U-Net EPM prevent the detection of closed shaped, as indicated by zoomed part (red box). The recall map on the right indicates the quality of the segmentation of each shape – green shapes are correctly detected shapes and the red one are missed.