

L'apprentissage profond en imagerie biomédicale

E. Decencière

MINES ParisTech
PSL Research University
Center for Mathematical Morphology



Contents

1 Introduction

2 Défis et difficultés

3 Apprentissage profond

4 Conclusion

Imagerie biomédicale

Définition

Méthodes utilisées en médecine et biologie pour obtenir des images.

Nous n'aborderons pas les autres données biomédicales, comme les électroencéphalogrammes, etc.

Différentes modalités pour différentes applications

- Enormes progrès en un siècle



1895: Wilhelm Röntgen radiographie la main de sa femme.

Différentes modalités pour différentes applications

- Enormes progrès en un siècle
- Nombreuses modalités,
basées sur des phénomènes
physiques différents:



1895: Wilhelm Röntgen radiographie la main de sa femme.

Différentes modalités pour différentes applications

- Enormes progrès en un siècle
- Nombreuses modalités,
basées sur des phénomènes
physiques différents:
 - lumière visible



1895: Wilhelm Röntgen radiographie la main de sa femme.

Différentes modalités pour différentes applications

- Enormes progrès en un siècle
- Nombreuses modalités,
basées sur des phénomènes
physiques différents:
 - lumière visible
 - rayons X



1895: Wilhelm Röntgen radiographie la main de sa femme.

Différentes modalités pour différentes applications

- Enormes progrès en un siècle
- Nombreuses modalités,
basées sur des phénomènes
physiques différents:
 - lumière visible
 - rayons X
 - magnétisme



1895: Wilhelm Röntgen radiographie la main de sa femme.

Différentes modalités pour différentes applications

- Enormes progrès en un siècle
- Nombreuses modalités,
basées sur des phénomènes
physiques différents:
 - lumière visible
 - rayons X
 - magnétisme
 - physique nucléaire,



1895: Wilhelm Röntgen radiographie la main de sa femme.

Différentes modalités pour différentes applications

- Enormes progrès en un siècle
- Nombreuses modalités,
basées sur des phénomènes
physiques différents:
 - lumière visible
 - rayons X
 - magnétisme
 - physique nucléaire,
 - ondes sonores



1895: Wilhelm Röntgen radiographie la main de sa femme.

Différentes modalités pour différentes applications

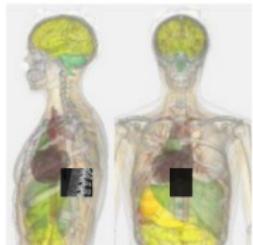
- Enormes progrès en un siècle
- Nombreuses modalités,
basées sur des phénomènes
physiques différents:
 - lumière visible
 - rayons X
 - magnétisme
 - physique nucléaire,
 - ondes sonores
- Nombre et taille des
examens en augmentation



1895: Wilhelm Röntgen radiographie la main de sa femme.

Rayons X

CT scan presentations



Average intensity projection



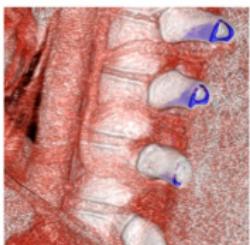
Maximum intensity projection



Thin slice



Volume rendering:
High threshold



Volume rendering:
Low threshold

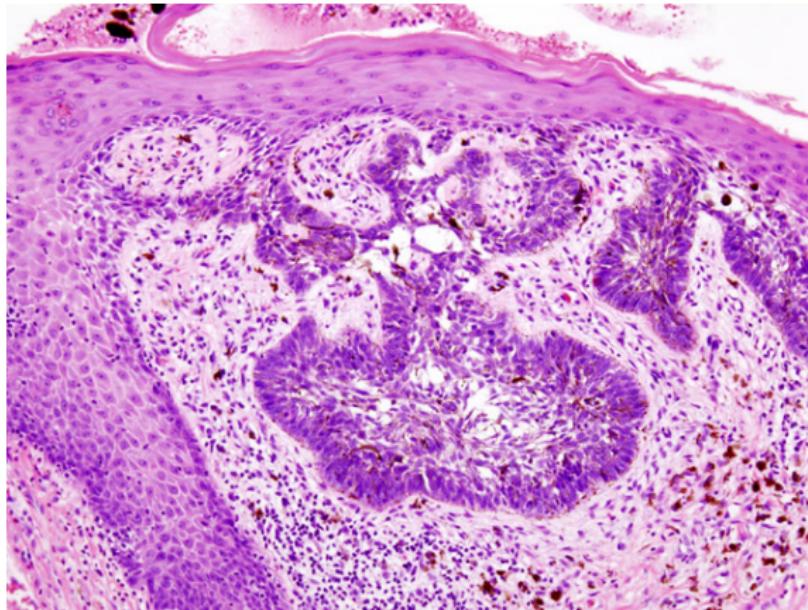
Scanner X

Résonance magnétique nucléaire



IRM

Microscopie optique

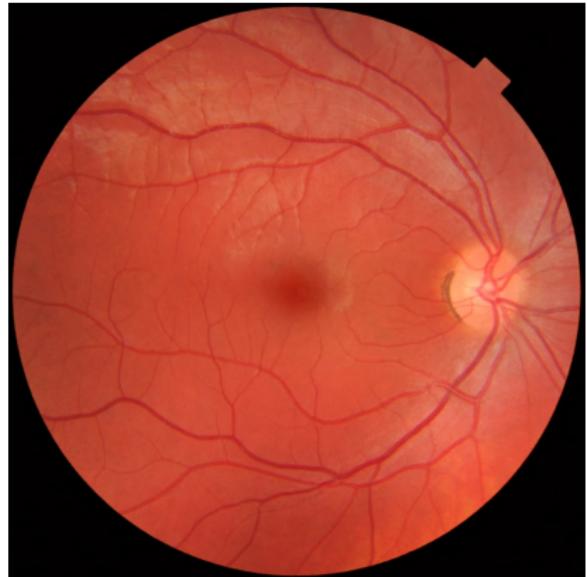


Histologie

Rétinographie



Rétinographe



Répine

Ultra-sons



Echographie

Contents

1 Introduction

2 Défis et difficultés

3 Apprentissage profond

4 Conclusion

Défis

- Croissance du nombre d'examens

Défis

- Croissance du nombre d'examens
- Croissance de leur taille

Défis

- Croissance du nombre d'examens
- Croissance de leur taille
- Stabilité ou décroissance du nombre de médecins

Défis

- Croissance du nombre d'examens
- Croissance de leur taille
- Stabilité ou décroissance du nombre de médecins

Défis

- Croissance du nombre d'examens
- Croissance de leur taille
- Stabilité ou décroissance du nombre de médecins

On va vers une automatisation croissante de l'analyse des images médicales.

Difficultés pour l'analyse automatique des images biomédicales

- Protection de la vie privée des patients

Difficultés pour l'analyse automatique des images biomédicales

- Protection de la vie privée des patients
- Responsabilité

Difficultés pour l'analyse automatique des images biomédicales

- Protection de la vie privée des patients
- Responsabilité
- Variabilité de l'état sain et des états pathologiques

Difficultés pour l'analyse automatique des images biomédicales

- Protection de la vie privée des patients
- Responsabilité
- Variabilité de l'état sain et des états pathologiques

Difficultés pour l'analyse automatique des images biomédicales

- Protection de la vie privée des patients
- Responsabilité
- Variabilité de l'état sain et des états pathologiques

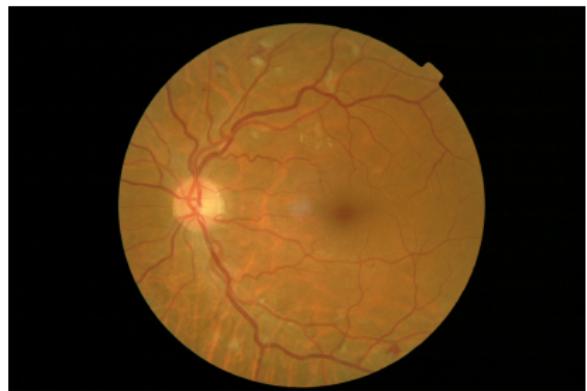
Aujourd'hui on s'oriente surtout vers une **aide** à l'analyse.

Dépistage de la rétinopathie diabétique

Résultats du projet ANR-TeleOphtha [Decencière et al., 2013].



Image normale



Rétine avec signes de
rétinopathie diabétique

Dépistage de la rétinopathie diabétique



Oedème papillaire

Contents

1 Introduction

2 Défis et difficultés

3 Apprentissage profond

4 Conclusion

Applications

- Image \longmapsto Grandeur

Applications

- Image \longmapsto Grandeur
- Image \longmapsto Catégorie

Applications

- Image \longmapsto Grandeur
- Image \longmapsto Catégorie
- Image \longmapsto Partition (segmentation)

Applications

- Image \longmapsto Grandeur
- Image \longmapsto Catégorie
- Image \longmapsto Partition (segmentation)
- Image \longmapsto Image

Applications

- Image \longmapsto Grandeur
- Image \longmapsto Catégorie
- Image \longmapsto Partition (segmentation)
- Image \longmapsto Image
- ? \longmapsto Images

Image ↞ Grandeur

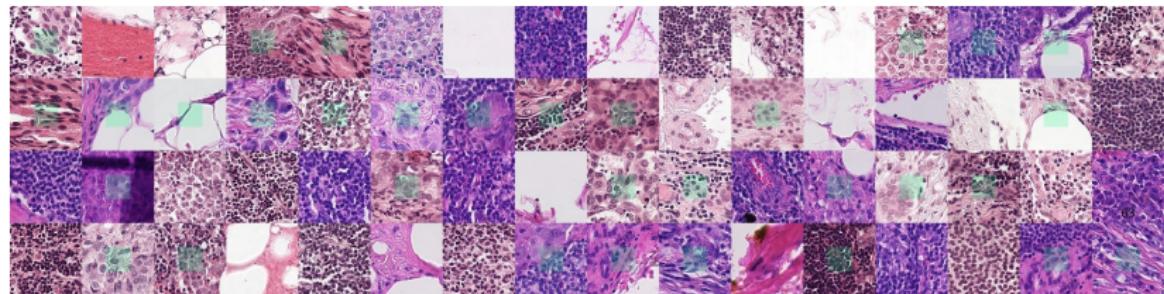
Exemple: degré de sévérité de la rétinopathie diabétique

De 0 (pas de signes) à 5.



Rétine avec signes de rétinopathie diabétique

Image \mapsto Catégorie



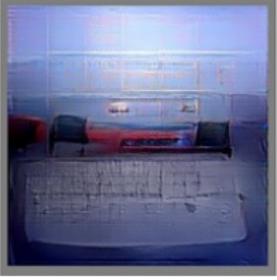
- Catégorie: tissu tumoral ou pas.
- Remarque: en histologie, les images sont très souvent gigantesques (plusieurs milliards de pixels)

Image \longmapsto Partition (segmentation)

Segmentation d'images histologiques de la peau.

? ↞ Images

Décodage d'un signal cérébral (IRM fonctionnel) pour reconstruire l'image qui est vue par le sujet [Shen et al., 2019].



Contents

1 Introduction

2 Défis et difficultés

3 Apprentissage profond

4 Conclusion

Promesses et premiers résultats

- Sur de nombreuses bases de données de *recherche*, l'apprentissage profond dépasse les performances des spécialistes.

Promesses et premiers résultats

- Sur de nombreuses bases de données de *recherche*, l'apprentissage profond dépasse les performances des spécialistes.
- Le passage à la clinique pose souvent des problèmes.

Promesses et premiers résultats

- Sur de nombreuses bases de données de *recherche*, l'apprentissage profond dépasse les performances des spécialistes.
- Le passage à la clinique pose souvent des problèmes.
- De nombreuses compagnies travaillent sur le sujet.

Promesses et premiers résultats

- Sur de nombreuses bases de données de *recherche*, l'apprentissage profond dépasse les performances des spécialistes.
- Le passage à la clinique pose souvent des problèmes.
- De nombreuses compagnies travaillent sur le sujet.
- Des systèmes ont déjà été certifiés.

Obstacles

- Données!

Obstacles

- Données!
 - Constituer des bases suffisamment grandes ou s'en passer?

Obstacles

- Données!
 - Constituer des bases suffisamment grandes ou s'en passer?
 - Annotation

Obstacles

- Données!
 - Constituer des bases suffisamment grandes ou s'en passer?
 - Annotation
- Interprétabilité

Dangers

- Biais

Dangers

- Biais
- Manque d'interprétabilité

Dangers

- Biais
- Manque d'interprétabilité
- Vie privée?

References |

- [Decencière et al., 2013] Decencière, E., Cazuguel, G., Zhang, X., Thibault, G., Klein, J. C., Meyer, F., Marcotegui, B., Quellec, G., Lamard, M., Danno, R., Elie, D., Massin, P., Viktor, Z., Erginay, A., Laÿ, B., and Chabouis, A. (2013). TeleOphta: Machine learning and image processing methods for teleophthalmology. *IRBM*, 34(2):196–203.
- [Shen et al., 2019] Shen, G., Horikawa, T., Majima, K., and Kamitani, Y. (2019). Deep image reconstruction from human brain activity. *PLOS Computational Biology*, 15(1):e1006633. Publisher: Public Library of Science.