

Projet de fin d'étude

Détermination du potentiel solaire urbain



Comparaison multicritère du Ray-Tracing et d'un Réseau Neuronal Convolutif appliqués à la quantification du potentiel solaire urbain.

BOUZAIRE Alexandre

PFE 2022-20223

UIT/RESEAU

Sous la direction de Mindjid Maizia

Contexte et enjeux

Afin d'atteindre **40% d'énergie renouvelable en 2030**, la France doit développer son parc d'énergie renouvelable. Pour ce faire, il faut **déterminer les gisements d'énergies renouvelables** pour ensuite les exploiter. Cet exercice est difficile : ils sont **inégalement répartis** spatialement et temporellement.

Cette phase de recherche demande des **données de différents types** (données 3D, 2D...) et requiert un **temps d'exécution important**.

Objectif

Il faut développer des techniques pour :

- **Diminuer** le temps de calcul
- Utiliser des données **moins complexes**.

Méthode

Nous comparons ici le Ray-Tracing et un Réseau Neuronal Convolutif dans l'exercice de la quantification du potentiel solaire urbain.

3 critères étudiés :

- Durée d'exécution
- Nature des données en entrée
- Format du résultat produit

Ray-Tracing

Ray-Tracing :

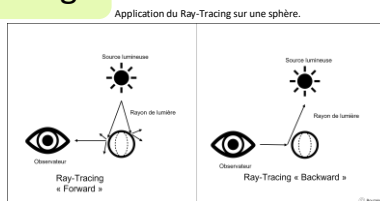
Projection d'un rayon aux propriétés géométriques (réflexion, réfraction) sur des objets géométriques (3D).



Vue 3D de la ville de Tours sur SketchUp

Application du Ray-Tracing pour produire une image.

Potentiel solaire réparti spatialement : nous cherchons maintenant à quantifier le potentiel solaire moyen.



Application du Ray-Tracing sur une sphère.

Données de base :

- Représentation 3D de la ville de Tours.
- Diagramme solaire simulant la course annuelle du soleil.

Application du Ray-Tracing sur un échantillon de la ville de Tours



1 heure

$P_{image} = 845$
kWh/m2/an

Le Ray-Tracing nécessite de :

- **Données 3D**
- **1h de calcul**

Calcul du potentiel solaire par pixel P :

$$P_p = \frac{C_p}{255} \times 1502 \text{ (en kWh/m}^2\text{/an)}$$

Avec $1502 \text{ kWh/m}^2\text{/an}$ potentiel solaire à Tours (Commission Européenne, 2022), C_p le code couleur du pixel en niveau de gris. Moyenne du potentiel de l'ensemble des pixels de l'image P_i .

$$P_i = \frac{\sum_{p=1}^{10000} P_p}{10000} \text{ (en kWh/m}^2\text{/an)}$$

Réseau Neuronal Convolutif (RNC)

Réseau Neuronal Convolutif :

Algorithme basé sur l'apprentissage humain. Associe entrée (image) -> sortie (classe)

1^{er} phase : entraînement sur des données déjà étiquetées (image + classe). Le modèle déconstruit les images (couches convolutives) afin de créer des liens entre chaque image et sa classe (couches denses connectées).

2^{ème} phase : prédiction en utilisant l'apprentissage sur des données inconnues. Ici, nous avons 5 classes que l'on cherche à prédire.



164 ms

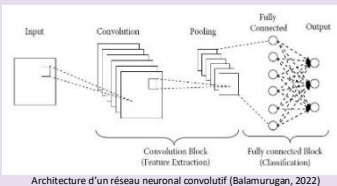
$P_{image} \in [800 ; 900]$
kWh/m2/an

Ce RNC nécessite de :

- **Données 2D (images)**
- **164 millisecondes de calcul**

Surapprentissage : Problème de généralisation de l'entraînement sur des images inconnues

Causes : manque de données d'entraînement, mauvaise distribution des classes (sous-représentation de certaines classes)



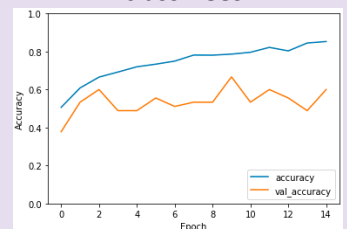
Architecture d'un réseau neuronal convolutif (Balamurugan, 2022)

Evaluation du modèle

	Fiabilité F (%)	Précision P (%)	Retour R (%)	F1 score (%)
Classe 0	97,8	0,0	0,0	Non défini
Classe 1	85,6	75,0	20,0	31,6
Classe 2	62,2	28,6	52,6	37,0
Classe 3	61,1	69,0	43,5	53,3
Classe 4	84,4	80,0	40,0	53,3

Performances du modèle par classe

45,6% des images sont bien classifiées



Résumé de la phase d'apprentissage du modèle

Augmentation de l'accuracy et stabilisation de la val_accuracy autour de 0,55 : modèle en surapprentissage (overfitting).

Avantages

Par rapport au Ray-Tracing, le réseau neuronal convolutif permet :

- Un gain de temps non négligeable : de 1 heure à **quelques millisecondes** pour prédire le potentiel solaire moyen de 90 images en 100×100 .
- Une approche avec des **images (2D)** au lieu de données en 3D.

Conclusion

Inconvénients

Mais le modèle présenté ici :

- Est **peu fiable** avec 45,6% d'images bien classifiées.
- Ne peut pas prédire le potentiel moyen exact d'une image mais seulement en donner une **approximation** en la classant.

Pistes d'amélioration

Il est possible d'améliorer les performances du modèle de réseau neuronal convolutif en **augmentant la quantité de données d'entraînement** et en **équilibrant la distribution des classes**.