



Life Ready AI Kit

Système de Recyclage intégrant Robotique, Vision et Intelligence Artificielle

Descriptif du support technologique

Le système « **Life Ready AI Kit** » est un système permettant d'aborder la formation à l'Intelligence Artificielle d'un point de vue pratique et progressif.

Le « **Life Ready AI Kit** » a été imaginé et initié par ERM Automatismes et Grai Matter Labs, pionnier français de l'intelligence artificielle embarquée sur processeur Edge. Des experts en IA et enseignants ont été impliqués dans l'équipe projet dès le démarrage, afin de concevoir un système didactique et des activités pédagogiques de très grande qualité.

Le « **Life Ready AI Kit** » s'appuie sur une application réelle de la robotique et de l'IA au tri des déchets au sein de centres de recyclage. Il a pour mission de reconnaître, saisir et classifier des bouteilles de différents types.

Il met en œuvre une caméra de profondeur et tracking Intel RealSense, un robot collaboratif, une unité « puce GrAI VIP » associée à une carte « ADLINK I-Pi » pour le contrôle et les calculs IA.

Côté algorithmes d'IA, deux espaces d'activités et projets pédagogiques ont été développés:

1. Le tracking et la saisie d'objets par le robot (IA de Grasping) → Bac+3 à Bac+5
2. La classification et le rangement des objets suivant des critères (IA de Classification) → CPGE, IUT

En parallèle de l'IA, des activités sont proposées autour de la vision et de la robotique.

La programmation des algorithmes d'IA et du contrôle du robot s'appuie sur Python et ROS2.

CPGE, IUT, Licences, Masters,
Ecoles d'ingénieurs

Thématiques abordées

Intelligence Artificielle | Robotique | Vision



Contenu du produit didactique « Life Ready AI Kit »

Le système central « **Life Ready AI Kit avec Robot** » IA00 est constitué de:

- ✓ Un robot 4 axes Dobot Magician
- ✓ Un pince pneumatique embarquée en bout de bras du robot (Pompe intégrée au robot)
- ✓ Une caméra 2D / 3D Intel RealSense en bout de bras du robot
- ✓ Un écran tactile 22 pouces simulant un convoyeur présentant des objets à trier
- ✓ Une puce GrAI VIP associée à une carte ADLINK I-Pi SMARC sous ROS2
- ✓ Un serveur Jupyter installé sur la carte I - Pi SMARC permettant de lancer des expériences depuis plusieurs postes à partir de programmes Python développés par les élèves
- ✓ Un PC sous Linux équipé des outils destinés à l'entraînement des IA. Ce PC permet aussi de mener localement les expérimentations.

Le serveur Jupyter permet de proposer, pour un seul système d'expérimentation, plusieurs postes d'études, programmation et analyse de résultats. C'est donc un outil très puissant pour la pédagogie en îlots.

La version « **Life Ready AI Kit sans Robot** » IA01 est également proposée pour un investissement réduit.

L'option « **Serveur Jupyter** » IA05 est constituée de:

- ✓ Une puce GrAI VIP associée à une carte ADLINK I-Pi SMARC sous ROS2
- ✓ Un serveur Jupyter installé sur la carte PC industriel permettant de déployer un deuxième îlot de postes d'études, programmation et analyse de résultats.

Sur cet îlot, les élèves pourront:

- Tester leurs algorithmes d'IA sur un jeu d'images pré-enregistrées
- Envoyer leur programme complet sur l'îlot central GM10 afin de réaliser un essai avec l'environnement matériel (Robot, Caméra)

Ils se connecteront au Serveur Jupyter avec un PC-Windows classique.

L'option « **Serveur Jupyter + Caméra RealSense** » IA06 est identique à IA05 avec l'ajout d'une caméra Intel Realsense reliée au boîtier de contrôle. Elle permet donc, en plus de IA05, de réaliser les prises de vue sur lesquelles les algorithmes d'IA seront testés.

Points forts du système

- ✓ Une approche pratique de l'IA appliquée à un enjeu environnemental et Industrie 4.0
- ✓ Grande diversité des algorithmes d'IA pouvant être abordés sur le système
- ✓ Possibilité de travailler en îlots multi-postes autour d'un seul robot

Ce produit est accompagné d'un dossier technique et pédagogique sous format numérique comprenant:

- ✓ Site HTML avec les activités, projets, corrigés et ressources
- ✓ Sources de programmation, Schémas fonctionnels

En collaboration avec :



Grai Matter Labs

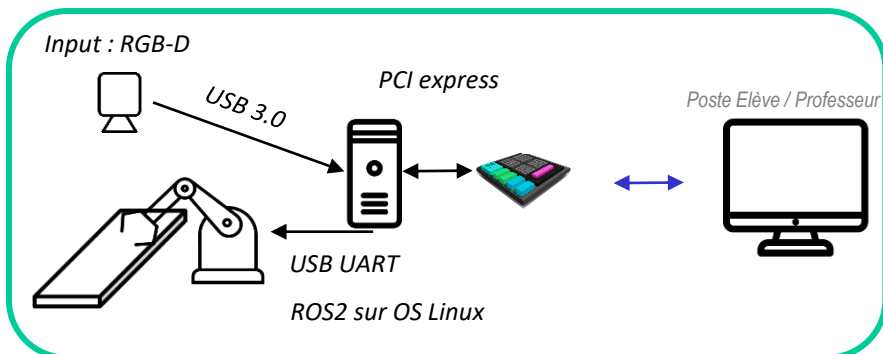


Processeur de calcul d'IA à faible latence « brain-inspired », pour des déploiements « Plug and Play »

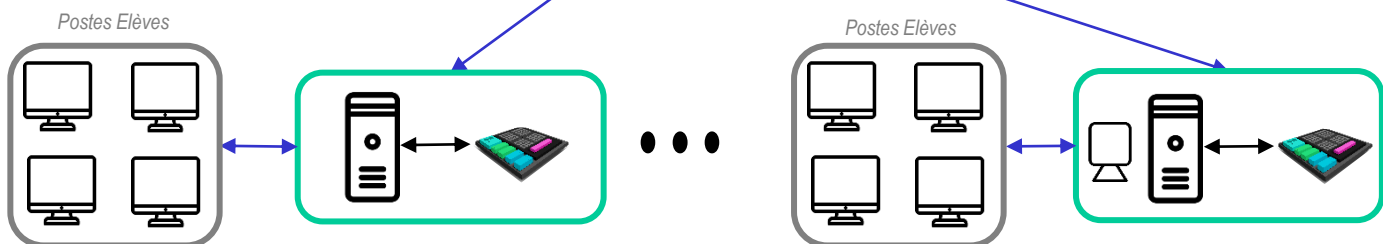


Architecture pour un fonctionnement multi-utilisateurs

Système central "Life Ready AI Kit avec robot" IA00



— Matériel de l'école
— Fourniture ERM
— Connectivité Réseau / LAN



Ilot "Serveur Jupyter" IA05

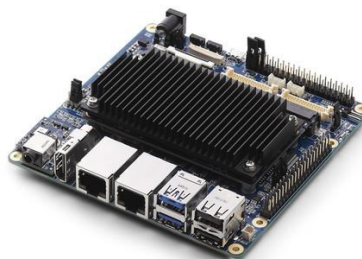
Ilot "Serveur Jupyter + RealSense" IA06



Robot 4 axes Dobot Magician



Caméra 3D Intel RealSense



Carte PC industriel sous Linux

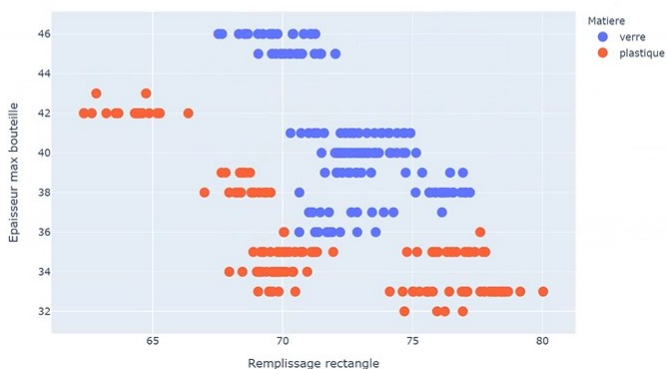


Accélérateur Edge IA (GrAI VIP M.2)

Fonctionnement en mode multi-élèves

- Le réseau local est configuré « en usine »
- L'enseignant télécharge le TP sur son hôte via une clé USB ou via le réseau. Il peut ensuite le partager sur le Hub Jupyter.
- Les étudiants peuvent accéder au TP sur le Jupyter Hub (IA05 ou IA06) via leur navigateur web en utilisant une adresse réseau. Seul un étudiant par groupe pourra entraîner son algorithme en même temps sur l'hôte.
- Une fois fait, les étudiants peuvent tester leur algorithme avec le robot sur l'hôte du professeur en utilisant une clé USB ou un répertoire partagé

```
[76]: ID: cell-27e1fa2d30b64e4 Autograded answer
##### (1 ligne)
fig = ke.scatter_plot(
fig = ke.scatter_plot(df_eau_complet,x="Remplissage rectangle",y="Epaisseur max bouteille", color="Matiere")
### BEGIN SOLUTION
fig = ke.scatter_plot(df_eau_complet,x="Remplissage rectangle",y="Epaisseur max bouteille", color="Matiere")
### END SOLUTION
#####
fig
executed in 40ms, finished 12:22:33 2021-07-04
```



Utilisation de Jupyter pour développement assisté de code



Algorithme d'IA mis en œuvre dans la fonction « Grasping »

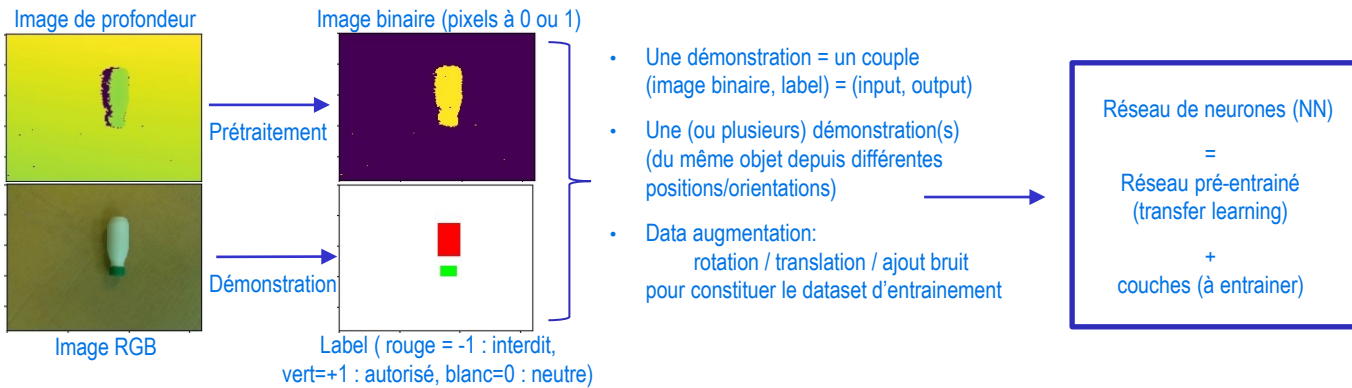
Progression IA Grasping (Depuis Image brute jusqu'à coordonnées Robot)

Implication du LISPEN (Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques), d'Arts et Métiers, Lille, développeur de la solution.



Principe de la méthode basée sur un apprentissage par démonstration(s), puis une régression par réseau de neurones.

✓ Schéma d'entraînement du réseau de neurones

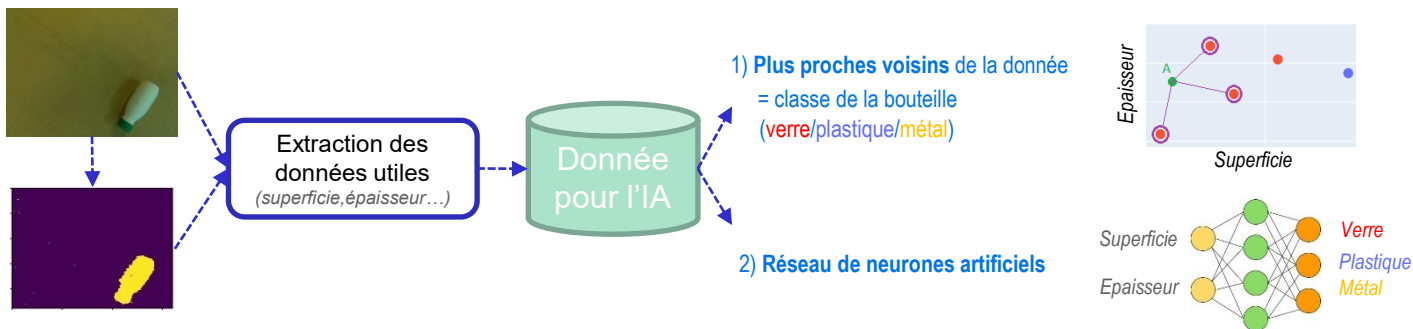


✓ Prédiction : de l'image brute aux paramètres de préhension. Illustration avec un réseau entraîné à partir d'une seule démonstration. Prétraitement et post traitement généralisé à toute résolution d'image caméra RGB-D



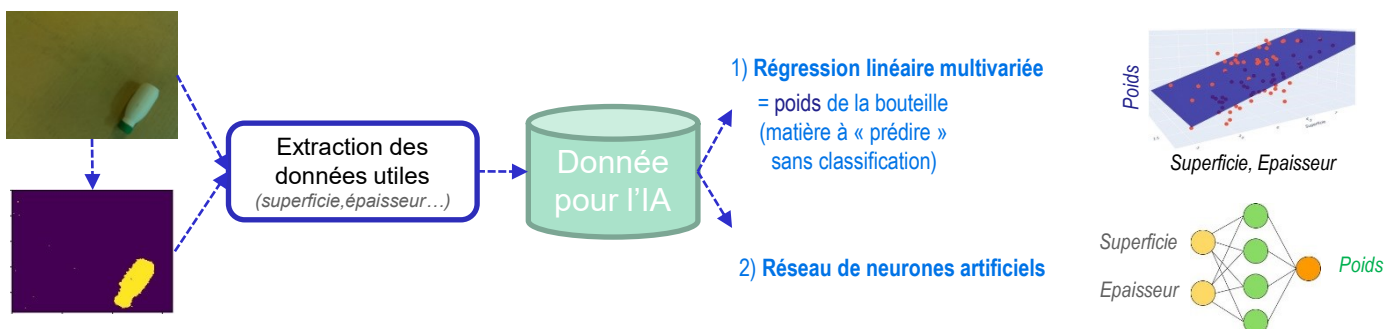
Algorithmes d'IA mis en œuvre dans la fonction « Classification »

Illustration des algos de classification pour le rangement : verre, plastique ou métal



Algorithmes d'IA mis en œuvre dans la fonction « Régression »

Illustration des algos de régression pour le rangement : poids évalué de la bouteille





Exploitations pédagogiques

Exploitations pédagogiques en CPGE / IUT (En cours de développement)

- ✓ Activité 1: Premier contact avec Python et l'IA
 - Présentation du problème technologique du système Lide ready AI Kit pour l'Education
 - Premiers essais sur système
 - Prise en main de Python 3 et des Notebooks
 - Découverte de l'outil de chargement et d'analyse mathématique des données
 - Découverte de l'outil de visualisation graphique des données
 - Ouverture pour aller plus loin
- ✓ Activité 2: Classification
 - Essais sur système
 - Classification « naïve » des données
 - Amélioration via l'algorithme d'IA (expliqué) basé sur les « k plus proches voisins » (kNN) :
 - Implémentation complète
 - Puis utilisation d'une librairie
 - Notions avancées d'IA : préparation des données, overfitting, apprentissage, matrice de confusion, sauvegarde d'un modèle entraîné...
 - Introduction à l'approche d'IA basée sur les réseaux de neurones artificiels de type perceptron (ANN)
 - Ouverture pour aller plus loin
- ✓ Activité 3: Régression
 - Essais sur système
 - Algorithme d'IA basé sur les régressions linéaires multivariées et ouverture à d'autres types de régressions
 - Amélioration via l'algorithme d'IA (expliqué) basé sur les réseaux de neurones artificiels de type perceptron (ANN)
 - Implémentation complète
 - Puis utilisation d'une librairie
 - Ouverture pour aller plus loin
- ✓ Activité 4: Pipeline prédictif final et Performance GPU vs Edge
 - Essais sur système
 - Mise en place du pipeline final de tri des bouteilles (grasping + classification + régression + action)
 - Sensibilisation aux problématiques industrielles des projets d'IA
 - Algorithme en Python 3 basé sur une approche mathématique d'évaluation des performances du système
 - Ouverture pour aller plus loin

Exploitations pédagogiques en Licence, Master, Ecoles d'ingénieurs IUT (En cours de développement)

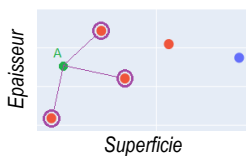
- ✓ Activités CPGE / IUT incluses dans un format allégé
- ✓ Activité 1: Réseaux de neurones convolutifs (CNN)
 - Essais sur système
 - Présentation du problème de l'IA de grasping
 - Préparation des données, incluant une augmentation de données
 - Découverte des réseaux de neurones convolutifs, ainsi que de l'apprentissage par transfert
 - Algorithme d'IA (expliqué) en Python 3 basé sur les réseaux de neurones convolutifs (CNN)
 - Ouverture pour aller plus loin
- ✓ Activité 2: Résolution par des algorithmes de Machine Learning
 - Essais sur système
 - Algorithme de Machine Learning (expliqué) de type « réduction de la dimensionnalité » en Python 3 basé sur Analyse en Composantes Principales (ACP)
 - Algorithme de Machine Learning (expliqué) de type « bagging » en Python 3 basé sur Forêt d'Arbres Décisionnels (Random Forest)
 - Algorithme de Machine Learning (expliqué) de type « boosting » en Python 3 basé sur XGBoost
 - Algorithme de Machine Learning (expliqué) de type « clustering » en Python 3 basé sur K-Moyennes
 - Algorithme de Machine Learning (expliqué) de classification en Python 3 basé sur Machine à Vecteurs de Support (SVM)
 - Ouverture pour aller plus loin
- ✓ Activité 3: Apprentissage par Renforcement
 - Essais sur système
 - Découverte de l'apprentissage par renforcement
 - Mise en place de l'environnement virtuel de déplacement du bras robotisé
 - Algorithme(s) d'apprentissage par renforcement permettant de déplacer le bras robotisé de manière autonome
 - Réalisation du pipeline final totalement automatisé par IA de tri des bouteilles
 - Ouverture pour aller plus loin

Les différents Algorithmes d'IA et leur mise en œuvre dans « Robot Edge IA »

Famille 1 : Classes CPGE / IUT

Les K-plus proches voisins

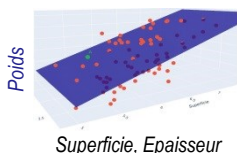
- ✓ L'algorithme cherche les K données les plus proches en distance puis attribue à la donnée inconnue la **classe majoritaire** de ses voisins.
- ✓ Exemple avec le « Life-Ready AI Kit » :
 - Quelle est la matière (*plastique, verre ou métal*) de la bouteille A dont on connaît ici la superficie et l'épaisseur ? (ici : *plastique*)



✓ Lien Web: https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thode_des_k_plus_proches_voisins

Les Régressions linéaires multivariées

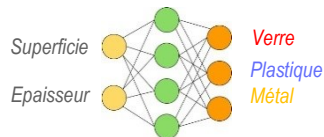
- ✓ L'algorithme cherche à tracer un hyperplan (= une droite en 2D, un plan en 3D...) qui approxime au mieux les données par rapport à la variable voulue.
- ✓ Exemple avec le « Life-Ready AI Kit » :
 - Quel est le poids de la bouteille A dont on connaît ici la superficie et l'épaisseur ? (ici : projeter A sur le plan pour avoir le poids prédit)



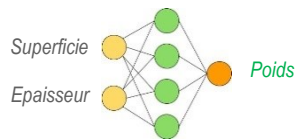
✓ Lien Web: https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9gression_lin%C3%A9aire_multiple

Les réseaux de neurones artificielles de type perceptron (ANN)

- ✓ L'algorithme propage en interne des signaux sur lesquels il réalise des opérations mathématiques (additions, multiplications, fonction spéciales) de manière à proposer en sortie un **résultat pertinent** (conformément aux exemples qu'il a déjà vu).
- ✓ Exemple avec le « Life-Ready Kit » :
 - Quelle est la matière (*plastique, verre ou métal*) de la bouteille A dont on connaît ici la superficie et l'épaisseur ?



- Quel est le poids (en grammes) de la bouteille A dont on connaît ici la superficie, l'épaisseur mais pas la matière ?



✓ Lien Web: https://fr.wikipedia.org/wiki/Perceptron_multicouche

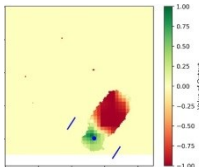
Les différents Algorithmes d'IA et leur mise en œuvre dans « Robot Edge IA »

Famille 2 : Licence, Master, Ecole d'ingénieurs

Les réseaux de neurones convolutifs (CNN)

✓ L'algorithme peut se diviser en deux parties : propagations d'images en interne sur lesquelles il réalise des opérations mathématiques (convolutions, maximum... créant ainsi de nouvelles images internes) dans le but d'extraire des caractéristiques fondamentales, puis analyse de ces caractéristiques afin d'en déduire un résultat pertinent (conformément aux exemples déjà observés).

✓ Exemple avec le « Life-Ready AI Kit » :
- Comment reconnaître dans une image où est la bouteille, et comment déterminer par quel endroit l'attraper (en évitant les zones de fragilité/mauvaise préhension possible) ?



✓ Lien Web: https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau_neuronal_convolutif

L'apprentissage par transfert

✓ Cette méthode d'apprentissage vise à utiliser des connaissances déjà acquises par une IA sur une nouvelle problématique proche de celle d'origine. Concrètement, les capacités d'extraction de l'information développées par l'IA sont conservées (et utilisées sur la nouvelle problématique) mais la manière de prédire est modifiée pour répondre au besoin.

✓ Exemple avec le « Robot Edge IA » :
- Comment apprendre à attraper de nouveaux objets en seulement quelques démonstrations avec l'IA de Grasping ?

✓ Liens Web: https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage_par_transfert

L'apprentissage par renforcement

✓ L'algorithme exécute différentes actions lors de scénario et valorise les actions qui ont amenés à des résultats positifs, renforçant leur probabilité d'être sélectionnés dans leurs cas les plus favorables.

✓ Exemple avec le « Robot Edge IA » :
- Comment déplacer le bras robotisé pour aller saisir la bouteille en évitant un obstacle (opérateur humain) ?



✓ Lien Web: https://fr.wikipedia.org/wiki/Apprentissage_par_renforcement

Les algorithmes classiques de Machine Learning

✓ Ces algorithmes auront pour objectif de proposer des alternatives de classification ou de régression, les performances du Machine Learning étant notamment supérieures au Deep Learning lorsque le nombre de données est faible.

✓ Un algorithme de réduction de la dimensionnalité permet de répartir les données dans un sous-espace (généralement en 2D) et de supprimer les informations inutiles pour la prédiction. On gagne ainsi en performances.

✓ Lien Web: https://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_en_composantes_principales

✓ Un algorithme de bagging a pour fonction principale de comparer les prédictions de plusieurs algorithmes et d'en déduire la meilleure prédiction finale.

✓ Lien Web: https://fr.wikipedia.org/wiki/For%C3%AAt_d%27arbres_d%C3%A9cisionnels

✓ Un algorithme de boosting a pour fonction principale d'entraîner des algorithmes sur des sous-parties des données puis de recouper leurs résultats

✓ Lien Web: <https://www.datacamp.com/community/tutorials/xgboost-in-python>

✓ Un algorithme de clustering permet de regrouper séquentiellement des informations entre elles pour associer des données. Les nouvelles données peuvent ainsi être associées à un cluster qui déterminera alors sa classe.

✓ Lien Web: <https://fr.wikipedia.org/wiki/K-moyennes>

✓ L'algorithme Machine à Vecteurs de Support (SVM) est un algorithme de régression/discrimination qui permet de séparer des données efficacement grâce à la marge qu'il maintient entre les données.



✓ Lien Web: https://fr.wikipedia.org/wiki/Machine_%C3%A0_vecteurs_de_support

L'augmentation de données

✓ Elle permet d'enrichir et de diversifier un jeu de données en générant de nouvelles données inspirées de celles de base. Des techniques courantes d'augmentation de données (images) sont ainsi : la rotation, le flip (retournement), la translation, le crop, l'ajout de bruit, le changement de luminosité. Les choix parmi ces techniques dépendent du problème considéré.

✓ Exemple avec le « Life-Ready AI Kit » :

- Comment rendre l'IA de Grasping insensible à la position et à l'orientation sur le plan de travail de l'objet à attraper ? Quels phénomènes supplémentaires peut-il être utile de refléter dans l'augmentation de données ?

✓ Lien Web: https://en.wikipedia.org/wiki/Data_augmentation