« Ceci est un chat »

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Formation interne à Python

Deep Learning

Du premier neurone à Tensorflow

Séminaire 2

Julien Villemejane

PRAG Institut d'Optique
LEnsE

https://bit.ly/3LZV9uE

Formation à Python

Contenus et objectifs des séminaires

Série de 5 séminaires (45min) / ateliers (1h)

1

MatLab vs Python

Premières ondulations pour les scientifiques

- Découverte du langage Python par l'exemple (en s'appuyant sur MatLab - Jeu des différences)
- Découverte de quelques bibliothèques utiles
- Découverte de l'environnement JupyterHub

+ Installation d'un environnement local

2

Deep Learning / Machine Learning

(Re)Découvrir les neurones informatiques

- Création d'un neurone et d'un réseau
- Découverte de Tensorflow

3

Traitement du signal

Etude de systèmes et de signaux

- Systèmes asservis / Fonction de transfert et représentation d'état *(via Scipy.signal et Control)*

4

Interfaçage

Développement d'une IHM simple

- Découverte de QT et Tkinter

+ Interfaçage avec une liaison série

5

Traitement d'images OpenCV

Maltraitance d'images avec OpenCV

- Découverte de la bibliothèque OpenCV

TensorFlow

Apprentissage Profond

Objectifs « pédagogiques »

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

2

Deep Learning / Machine Learning

(Re)Découvrir les neurones informatiques

- Création d'un neurone et d'un réseau
- Découverte de Tensorflow

A la suite de ce séminaire / atelier, vous serez capable de :

- Lister les éléments d'un réseau de neurones
- Comprendre les mécanismes « cachés » derrière l'apprentissage d'un réseau de neurones
- Développer un premier neurone et un réseau

« Ceci est un chat »

NumPy

matplotlib

TensorFlow

Bibliothèques utiles

- Numpy
- Matplotlib / Pyplot
- **Tensorflow**

- Keras
- SciKitLearn

scikit learn

K Keras

TensorFlow

Apprentissage Profond

Objectifs « pédagogiques »

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

2

Deep Learning / Machine Learning

(Re)Découvrir les neurones informatiques

- Création d'un neurone et d'un réseau
- Découverte de Tensorflow

« Ceci est un chat »

NumPy

matplotlib

TensorFlow

Quelques ressources intéressantes

TensorFlow https://playground.tensorflow.org/

YouTube FR

MACHINE LEARNIA

https://youtu.be/XUFLq6dKQok

DEVOXX France

Hello TensorFlow : *3 ateliers*
pour débuter avec TensorFlow 2.0
(Alexia Audevart et Philippe Antoine)

https://youtu.be/hQ6pmoNZzU8

TensorFlow

Apprentissage Profond

Différences avec des algos classiques

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Principe des deux approches

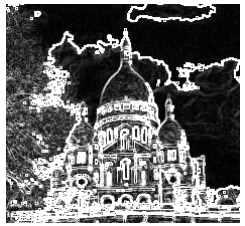
Approche « classique » / Algorithmique

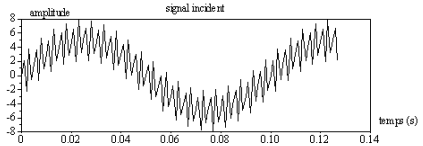
Données

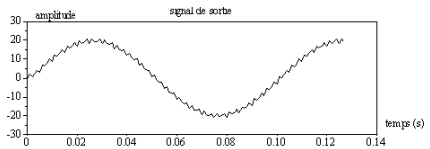
Règles
Modèle

Ordinateur

Résultats







Approche « IA » / *Deep Learning*

TensorFlow

Apprentissage Profond

Différences avec des algos classiques

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Principe des deux approches

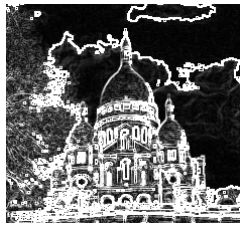
Approche « classique » / Algorithmique

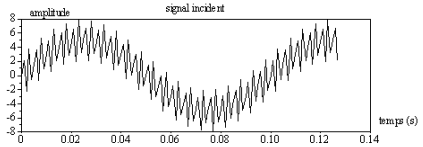
Données

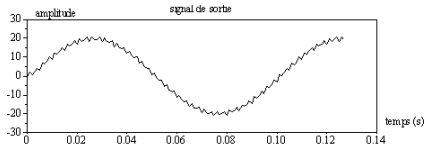
Règles
Modèle

Ordinateur

Résultats







Approche « IA » / *Deep Learning*

Données

Règles
Modèle

Ordinateur

Résultats

TensorFlow

Apprentissage Profond

Différences avec des algos classiques

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Principe des deux approches

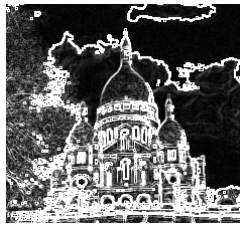
Approche « classique » / Algorithmique

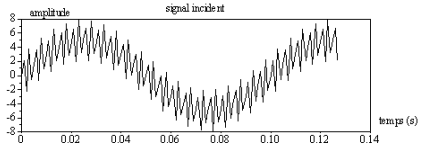
Données

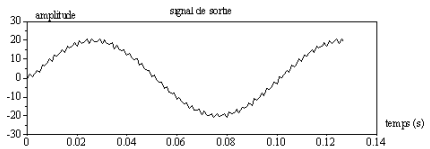
Règles
Modèle

Ordinateur

Résultats







Approche « IA » / *Deep Learning*

Données

Résultats
attendus

Données

~~Règles
Modèle~~

Ordinateur

Résultats

TensorFlow

Apprentissage Profond

Différences avec des algos classiques

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Principe des deux approches

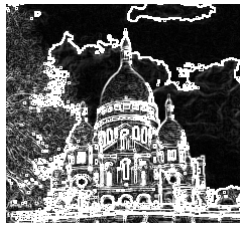
Approche « classique » / Algorithmique

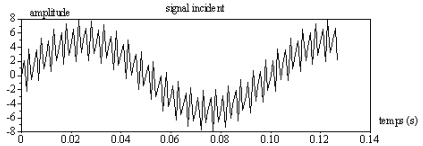
Données

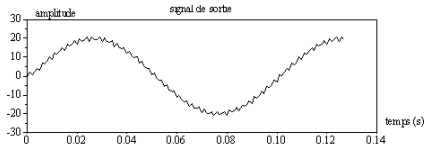
Règles
Modèle

Ordinateur

Résultats







Approche « IA » / *Deep Learning*

Phase 1

Données

Résultats
attendus

Ordinateur

Règles
Modèle

Phase 2

Données

Règles
Modèle

Ordinateur

Résultats

TensorFlow

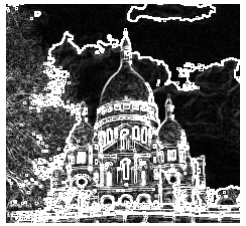
Apprentissage Profond

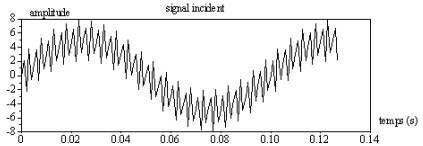
Différences avec des algos classiques

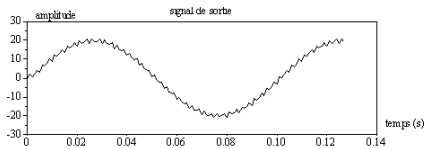
INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Principe des deux approches

Approche « classique » / Algorithmique







Approche « IA » / *Deep Learning*

Phase 1 : Apprentissage / Entrainement

Phase 2 : Utilisation

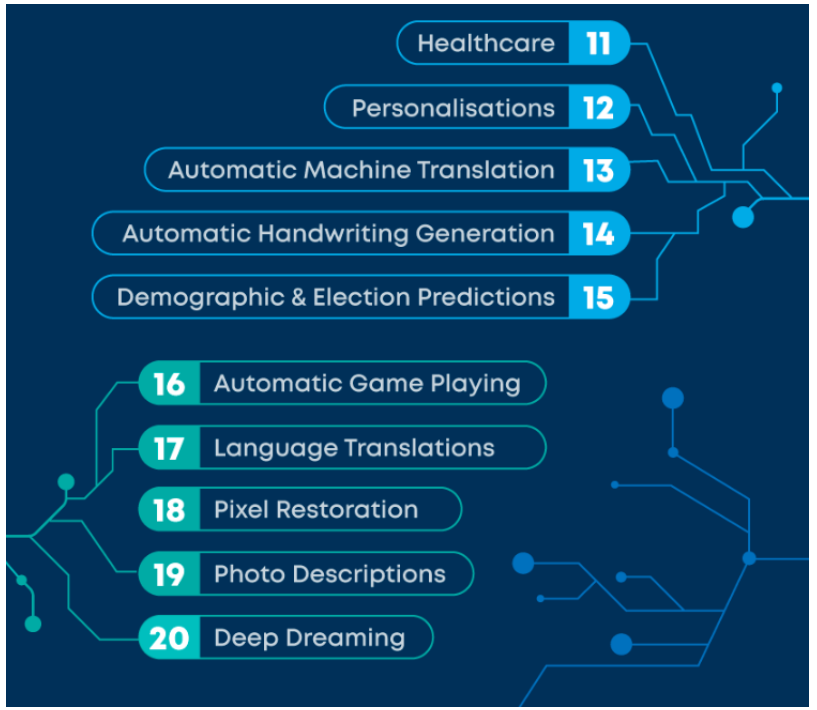
TensorFlow

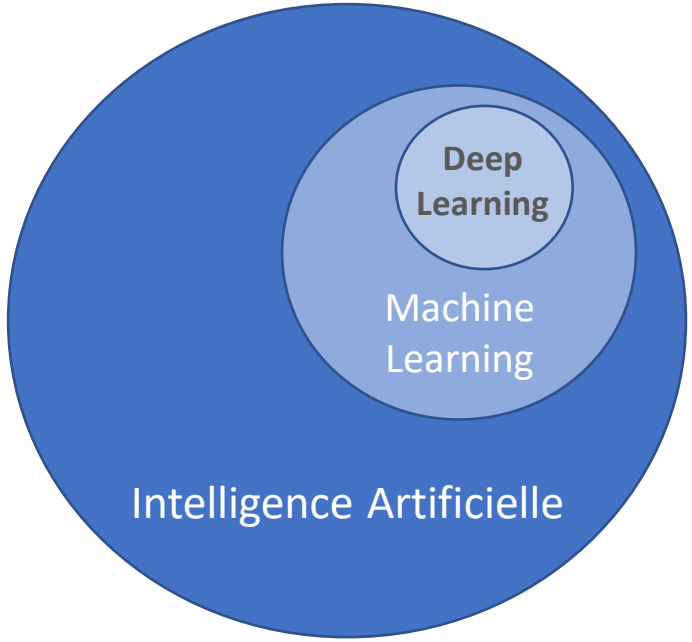
Apprentissage Profond

Applications

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Applications du Deep Learning





https://www.mygreatlearning.com/blog/deep-learning-applications/

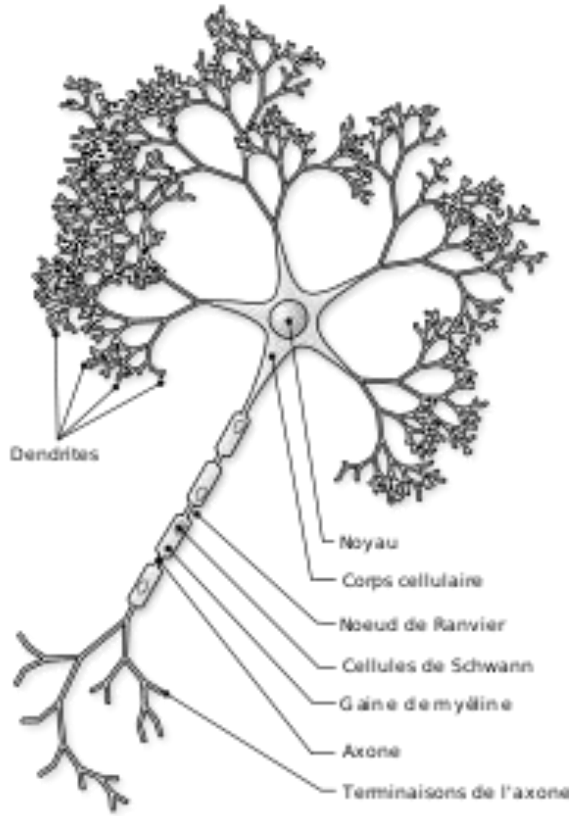
TensorFlow

Apprentissage Profond

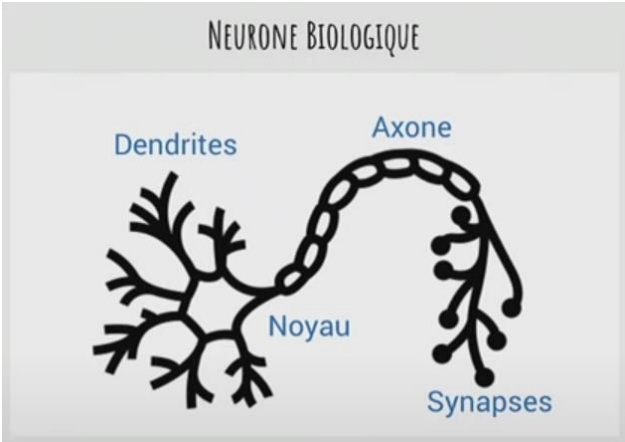
Neurone

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Qu'est-ce qu'un neurone ?



https://fr.wikipedia.org/wiki/Neurone



Hello TensorFlow : *3 ateliers*
pour débuter avec TensorFlow 2.0
(Alexia Audevart et Philippe Antoine)

https://youtu.be/hQ6pmoNZzU8

Issu d'une région du cerveau appelée «substance noire compacte», ce ***neurone dopaminergique*** *intrigue et fascine.*
CHARLES DUCROT, UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

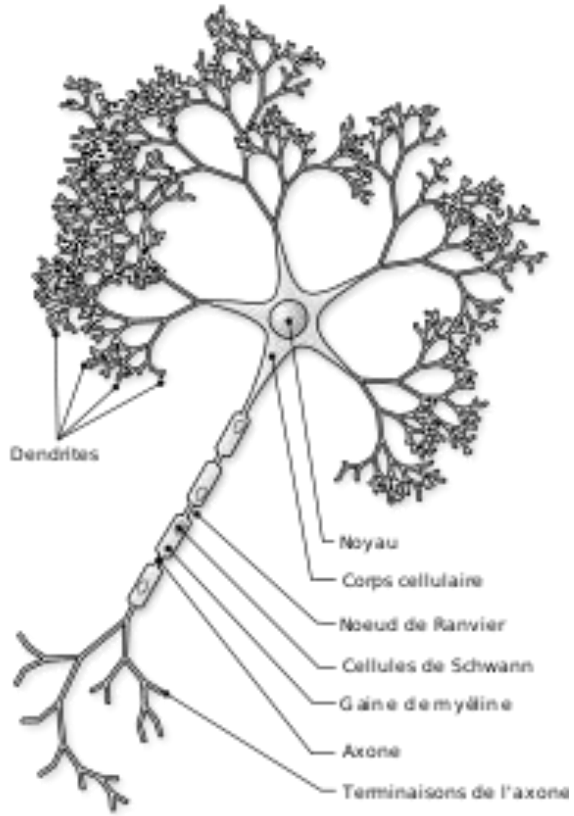
TensorFlow

Apprentissage Profond

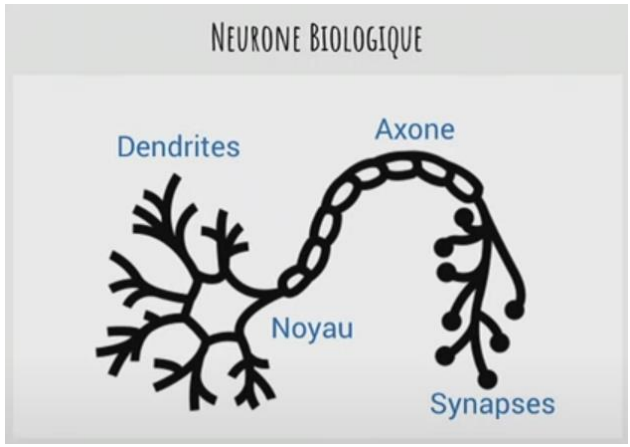
Neurone

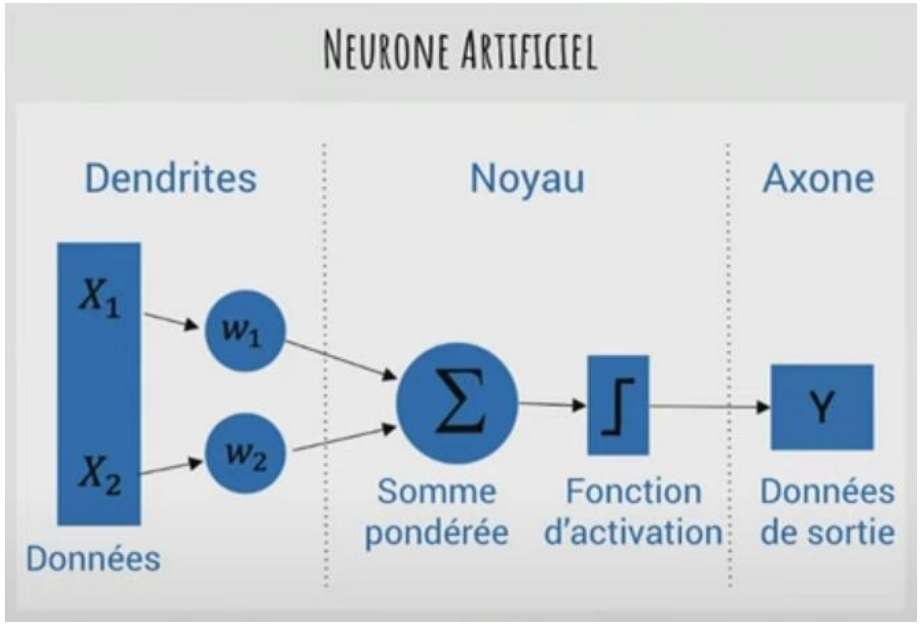
INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Qu'est-ce qu'un neurone ?



https://fr.wikipedia.org/wiki/Neurone





Hello TensorFlow : *3 ateliers*
pour débuter avec TensorFlow 2.0
(Alexia Audevart et Philippe Antoine)

https://youtu.be/hQ6pmoNZzU8

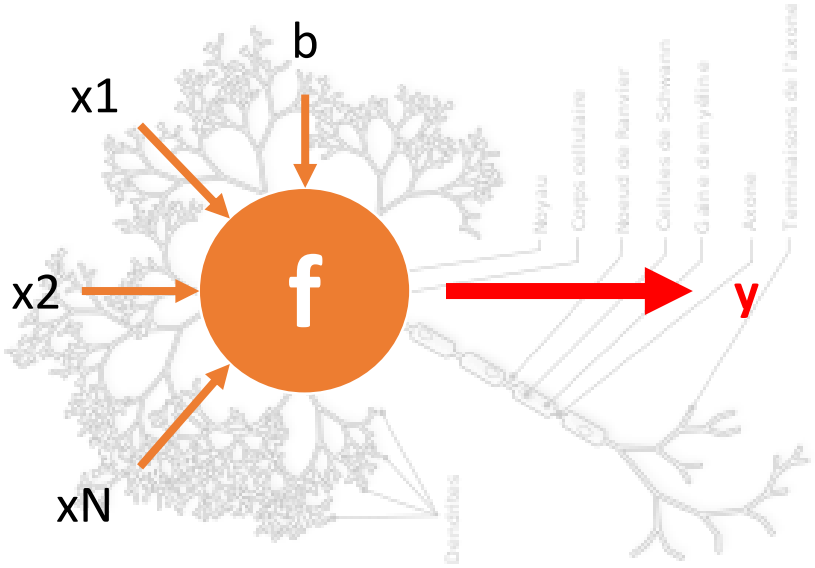
TensorFlow

Apprentissage Profond

Neurone artificiel

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Qu'est-ce qu'un neurone artificiel ?



$$f = \sum_{k=1}^{n} w_k \,.\, x_k + b$$

$$y = \begin{cases} 1 & si\ f \geq 0 \\ 0 & sinon \end{cases}$$

TensorFlow

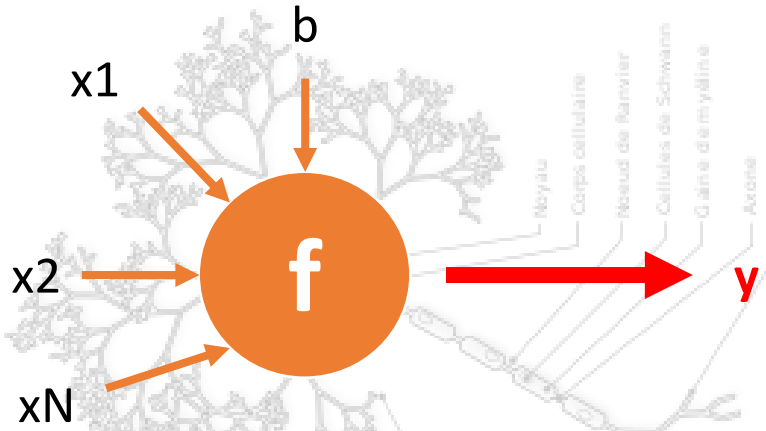
Apprentissage Profond

Neurone artificiel

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Qu'est-ce qu'un neurone artificiel ? *Perceptron – 1957 – Frank Rosenblatt*

Phase 1 : Apprentissage / Entrainement



$$f = \sum_{k=1}^{n} w_k . x_k + b$$

$$y = \begin{cases} 1 & si\ f \geq 0 \\ 0 & sinon \end{cases}$$

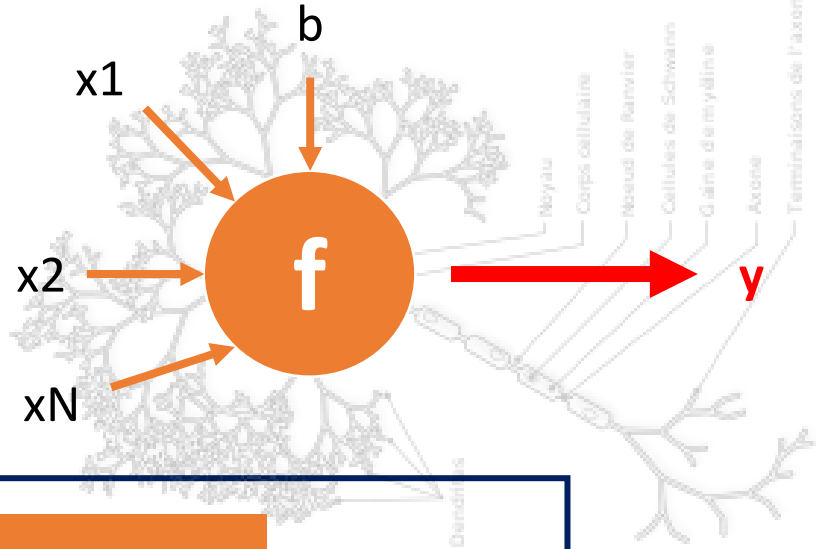
TensorFlow

Apprentissage Profond

Neurone artificiel et apprentissage

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

- **Phase d'apprentissage en plusieurs « epochs »**



$$f = \sum_{k=1}^{n} w_k . x_k + b$$

$$y = \begin{cases} 1 & si\ f \geq 0 \\ 0 & sinon \end{cases}$$

1 epoch = 1 cycle d'apprentissage (c)

$$w_k(c+1) = w_k(c) + \alpha . (y_v - y) . x_k$$

α : vitesse d'apprentissage

y_v : valeur de sortie attendue

y : valeur fournie par le neurone

TensorFlow

Apprentissage Profond

Neurone artificiel et apprentissage

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

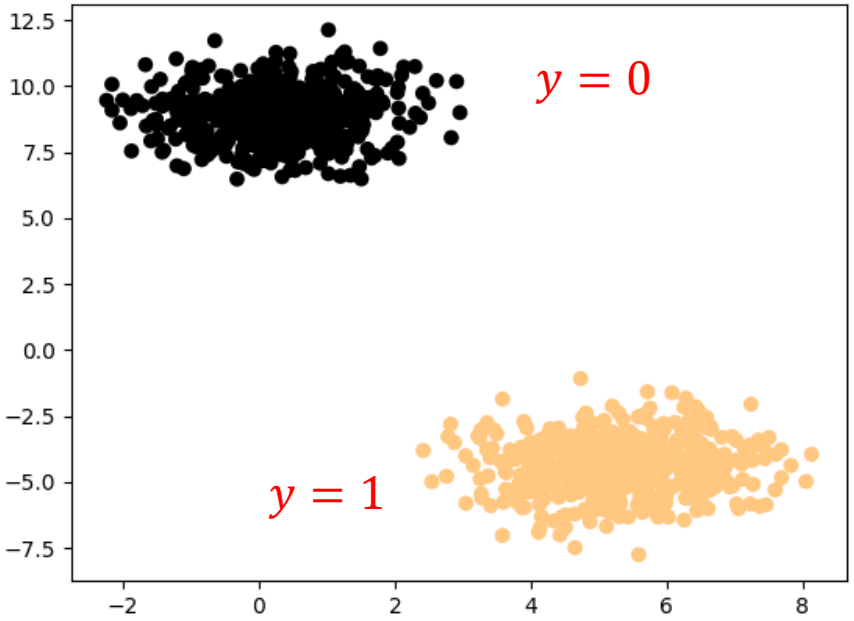
Exemple à un perceptron

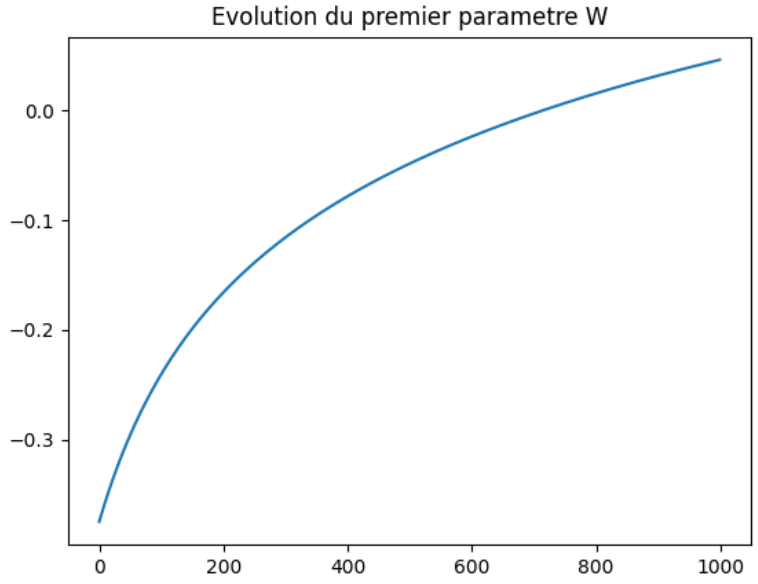
Epochs= 1000

α = 0,002

Phase 1 : Apprentissage / Entrainement

Données d'entrée





$$w_k(c+1) = w_k(c) + \alpha \,.\, (\, y_v \, - y \,) \,.\, x_k$$

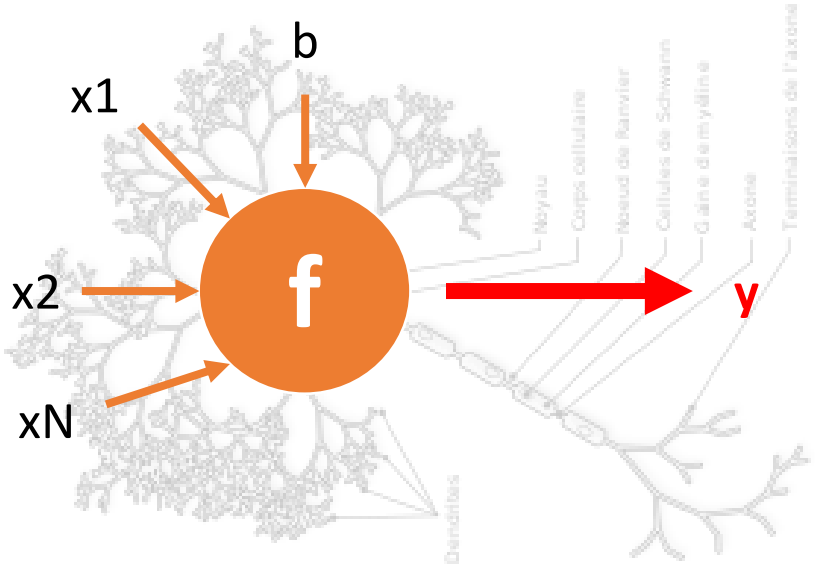
TensorFlow

Apprentissage Profond

Neurone artificiel et apprentissage

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Phase d'apprentissage / Les étapes pour 1 neurone



Etape 1 : *Forward Propagation*

$$f = \sum_{k=1}^{n} w_k . x_k + b \qquad y = \begin{cases} 1 & si\ f \geq 0 \\ 0 & sinon \end{cases}$$

Etape 2 : *Cost Function / Loss*

$$w_k(c+1) = w_k(c) + \alpha . (y_v - y) . x_k$$

Etape 3 : *Mise à jour*

α : vitesse d'apprentissage

y_v : valeur de sortie attendue

y : valeur fournie par le neurone

TensorFlow

Apprentissage Profond

Neurone artificiel et apprentissage

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

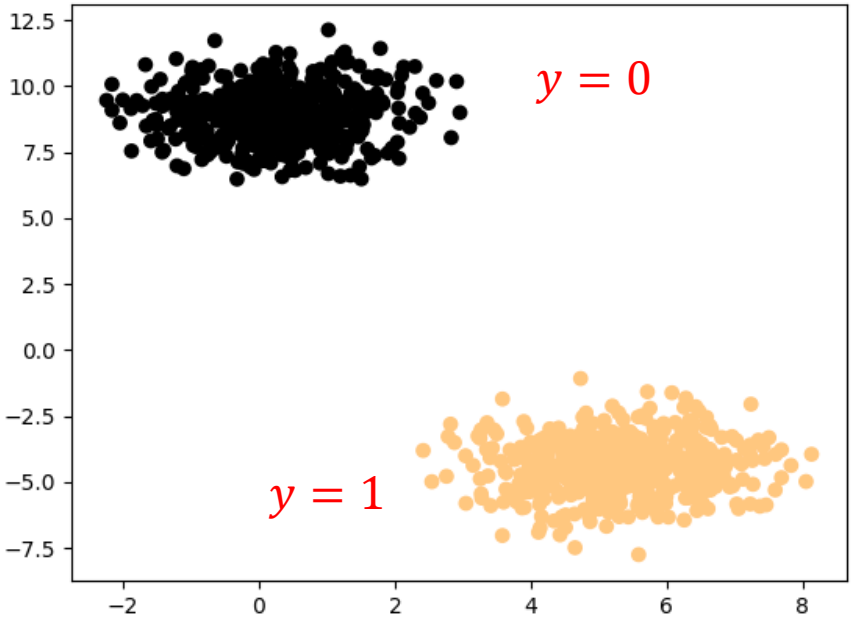
Exemple à un perceptron

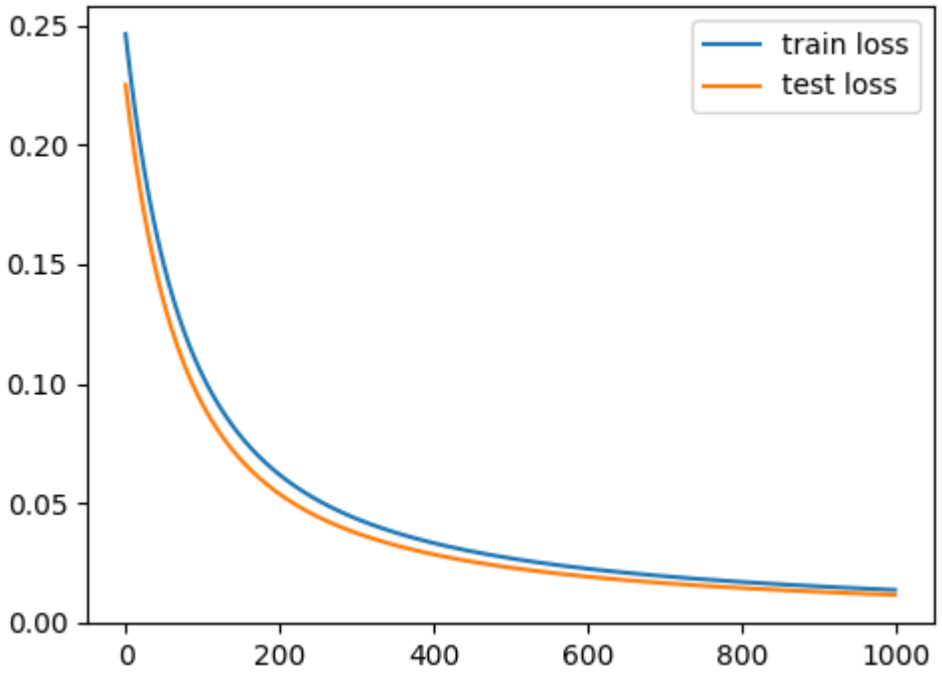
Epochs= 1000

α = 0,002

Phase 1 : Apprentissage / Entrainement

Données d'entrée





Cost Function = erreur commise par le modèle

TensorFlow

Apprentissage Profond

Neurone artificiel et apprentissage

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

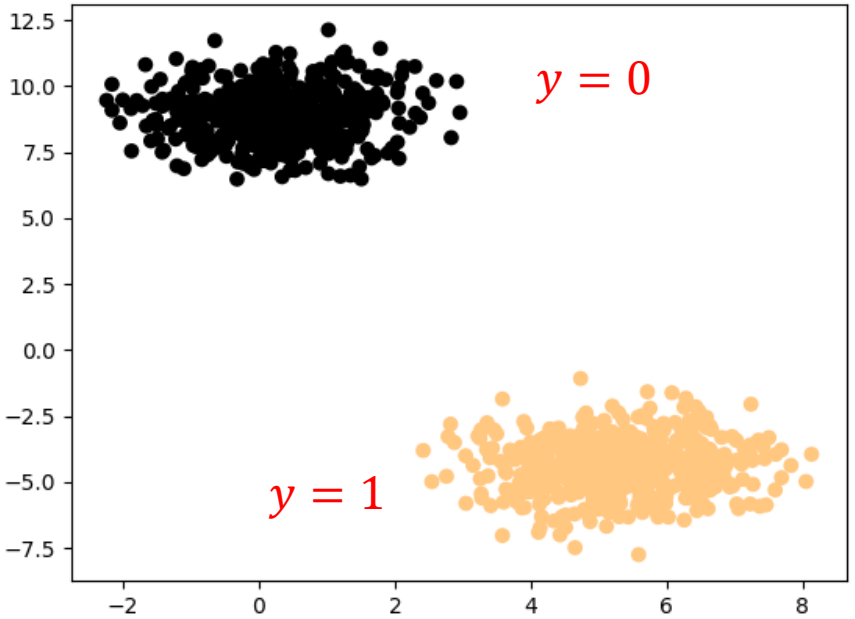
Exemple à un perceptron

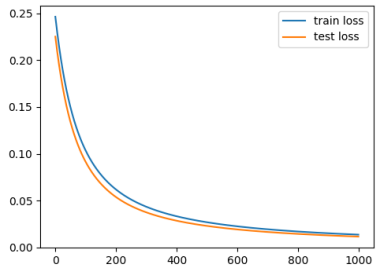
Epochs= 1000

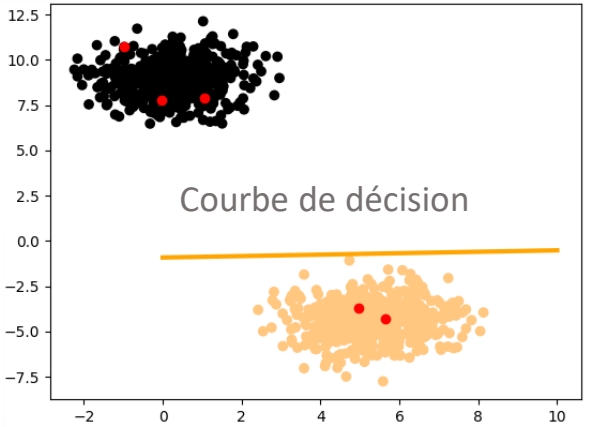
α = 0,002

Phase 1 : Apprentissage / Entrainement

Données d'entrée







y_v

```
[0 1 0 0 1]
```

y

```
[[False]
 [ True]
 [False]
 [False]
 [ True]]
```

Phase 2 : Utilisation

TensorFlow

Apprentissage Profond

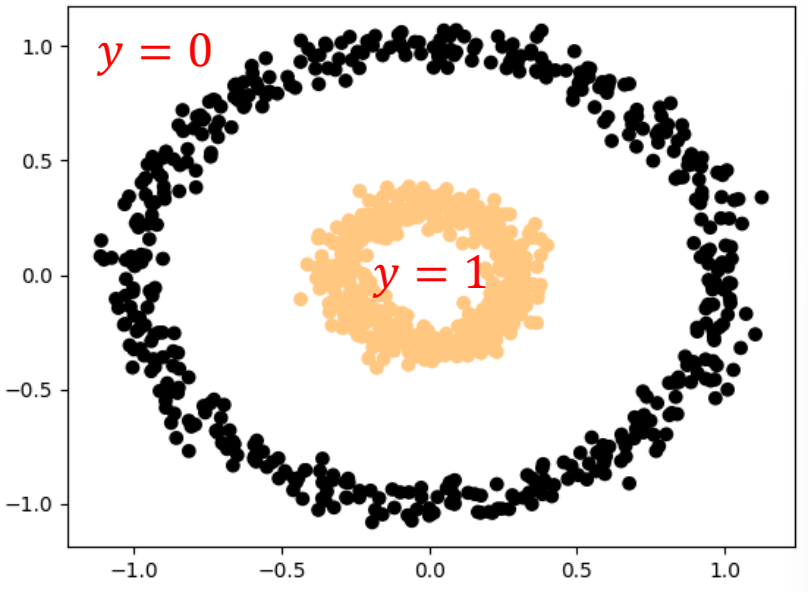
Neurone artificiel et apprentissage

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Exemple à un perceptron

Phase 1 : Apprentissage / Entrainement

Données d'entrée



$$f = \sum_{k=1}^{n} w_k \,.\, x_k + b$$

$$y = \begin{cases} 1 & si\ f \geq 0 \\ 0 & sinon \end{cases}$$

TensorFlow

Apprentissage Profond

Neurone artificiel et apprentissage

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

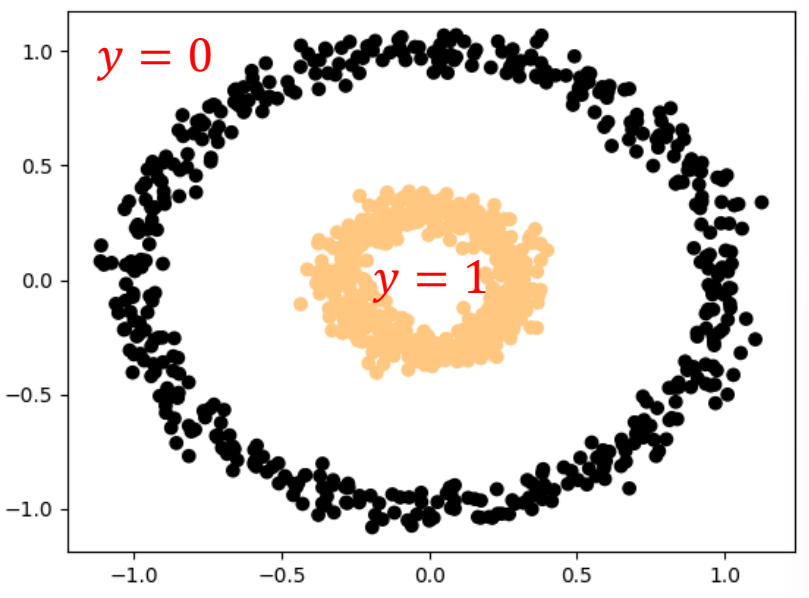
Exemple à un perceptron

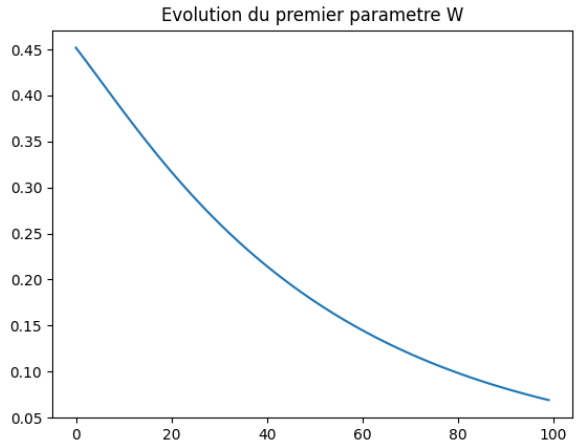
Epochs= 1000

α = 0,002

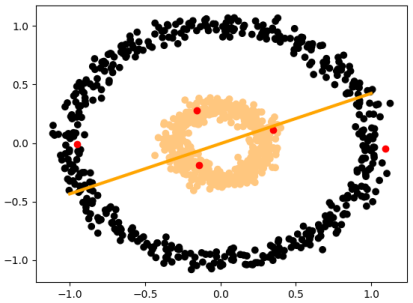
Phase 1 : Apprentissage / Entrainement

Données d'entrée

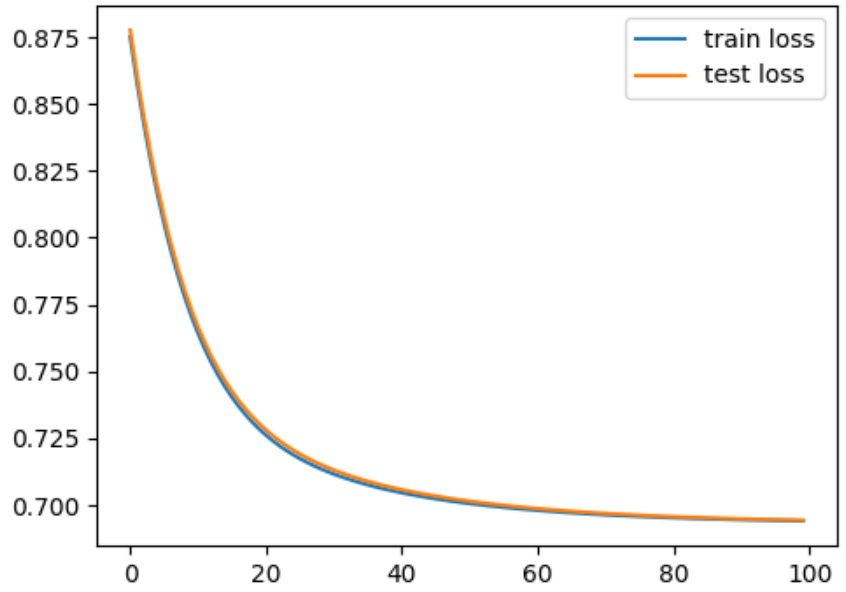




Evolution du premier paramètre W



Fonction de coût



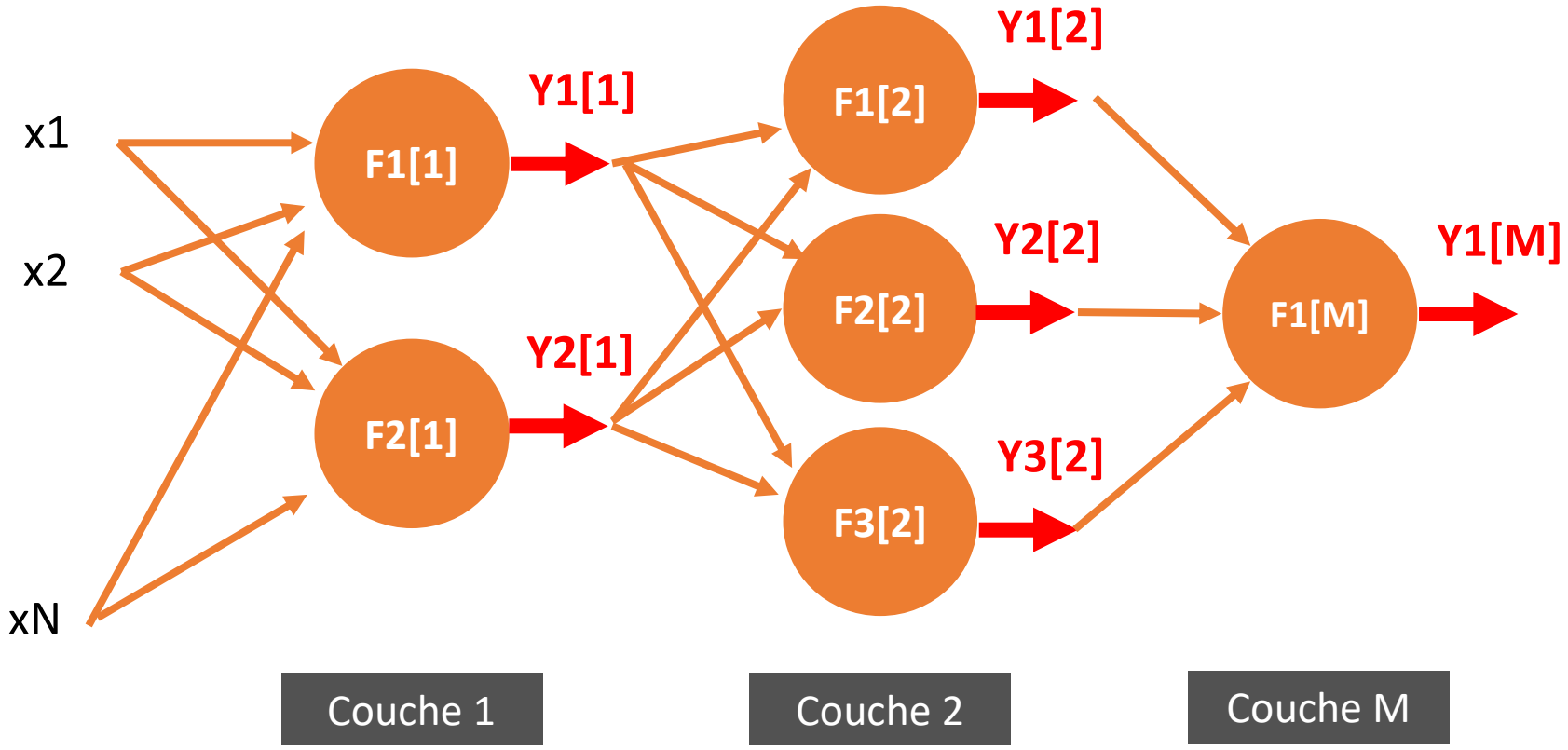
TensorFlow

Apprentissage Profond

Neurone artificiel et apprentissage

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Réseau de neurones



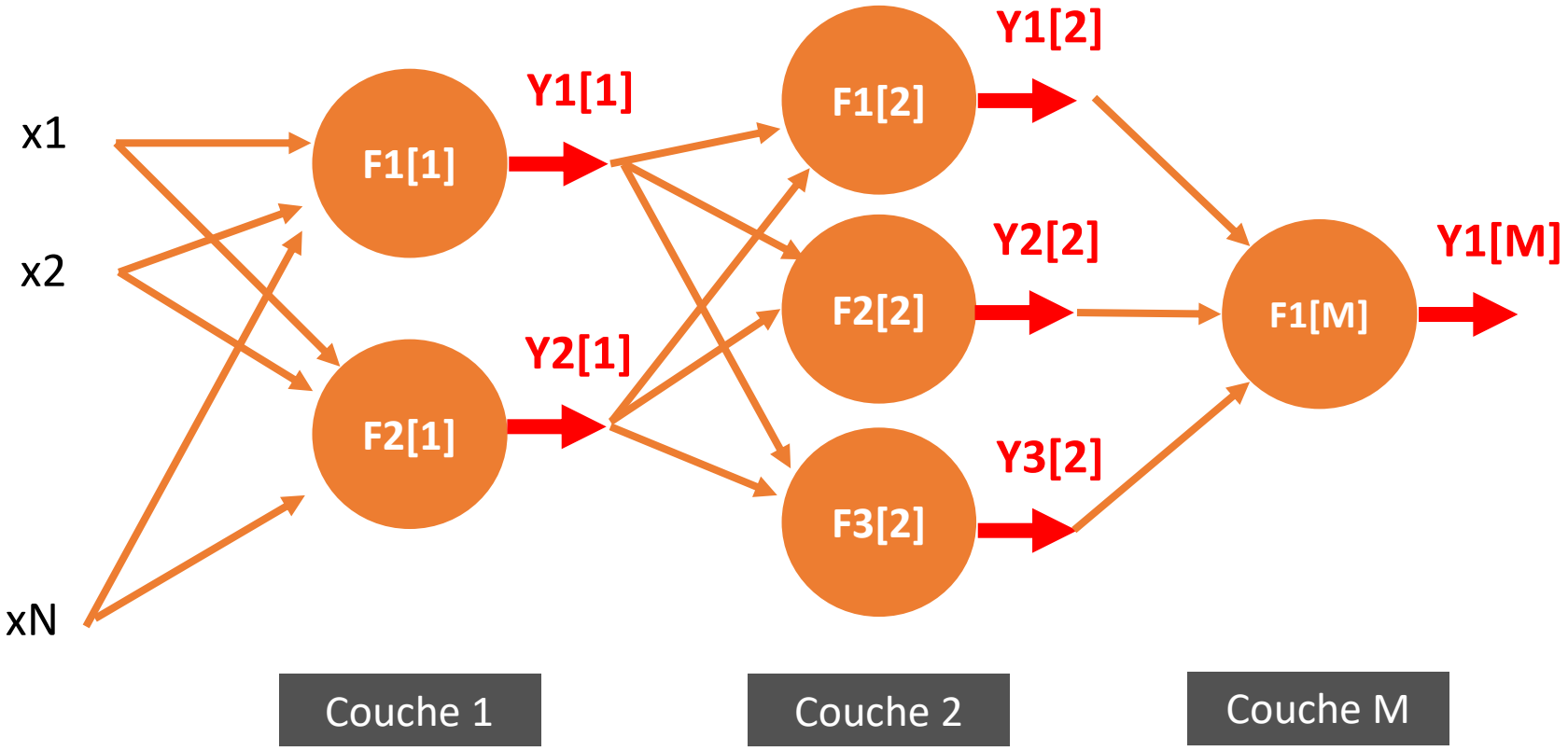
TensorFlow

Apprentissage Profond

Neurone artificiel et apprentissage

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Réseau de neurones



Etape 1 : *Forward Propagation*

- Calcul des fi[k]
- Activation : calcul des yi[k]

Etape 2 : *Cost Function / Loss*

- Comparaison de Y à la valeur attendue

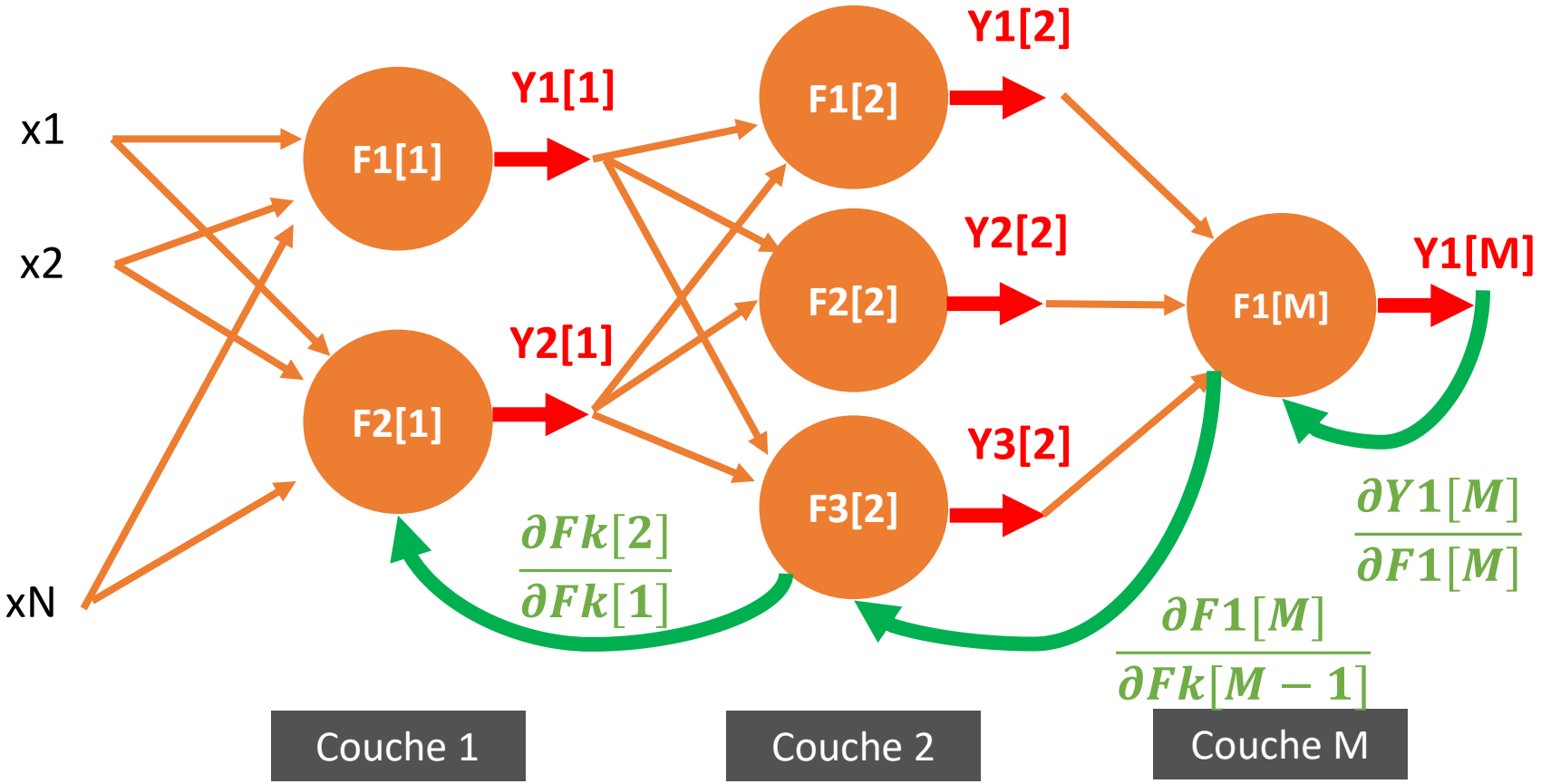
TensorFlow

Apprentissage Profond

Neurone artificiel et apprentissage

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Réseau de neurones



Etape 1 : *Forward Propagation*

- Calcul des fi[k]
- Activation : calcul des yi[k]

Etape 2 : *Cost Function / Loss*

- Comparaison de Y à la valeur attendue

Etape 3 : *Back Propagation*

- Chaine de gradients

Etape 4 : *Descente de gradients*

- Calcul des paramètres W pour minimiser l'erreur en sortie

TensorFlow

Apprentissage Profond

Neurone artificiel et apprentissage

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

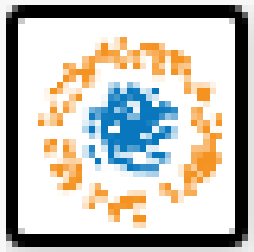
Exemple d'un réseau à 2 couches

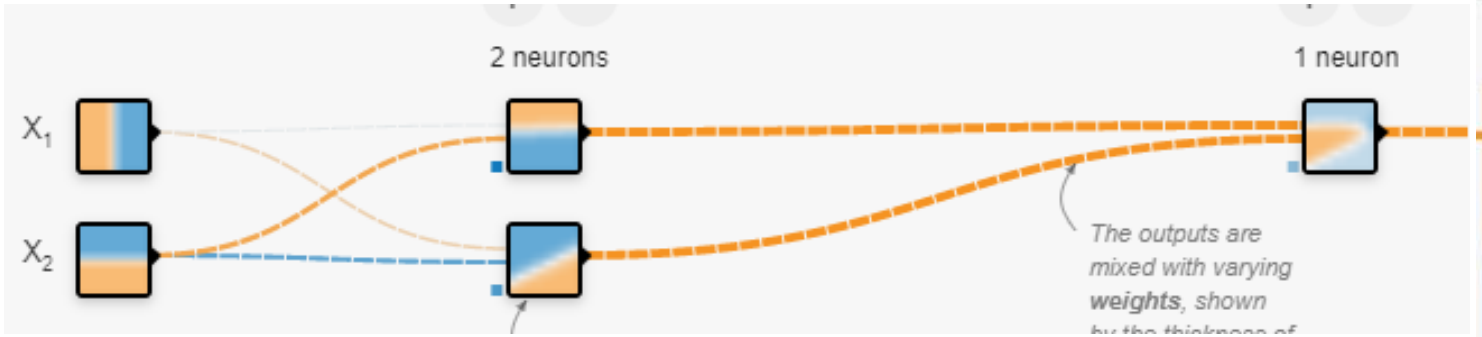
Epochs= 400

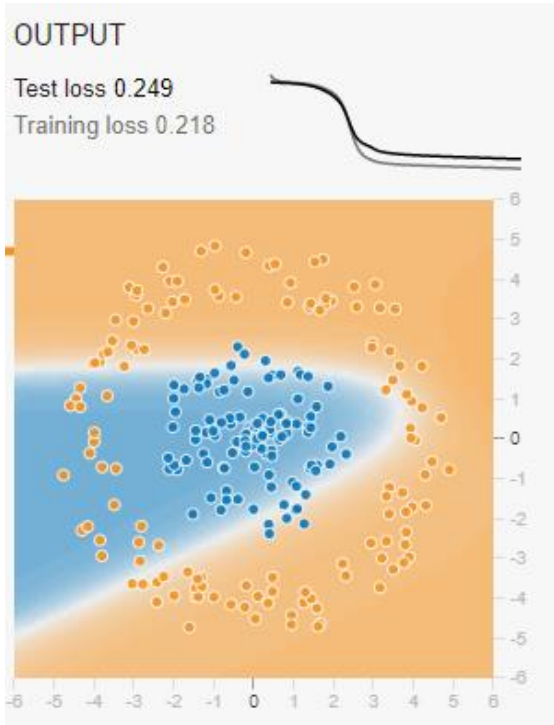
α = 0,01

Phase 1 : Apprentissage / Entrainement

Données d'entrée







TensorFlow

Apprentissage Profond

Neurone artificiel et apprentissage

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

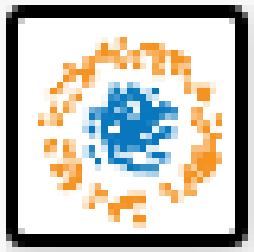
Exemple d'un réseau à 2 couches

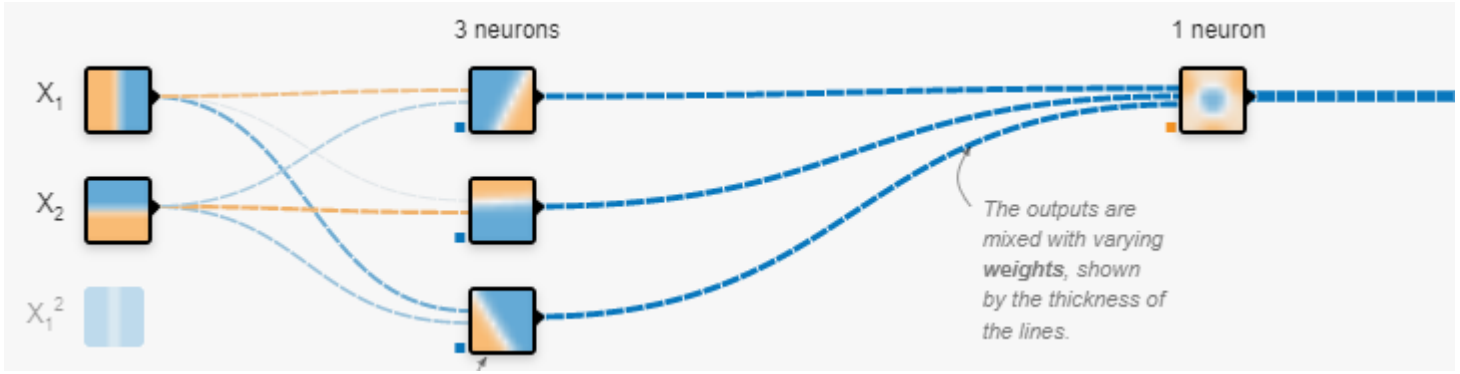
Epochs= 170

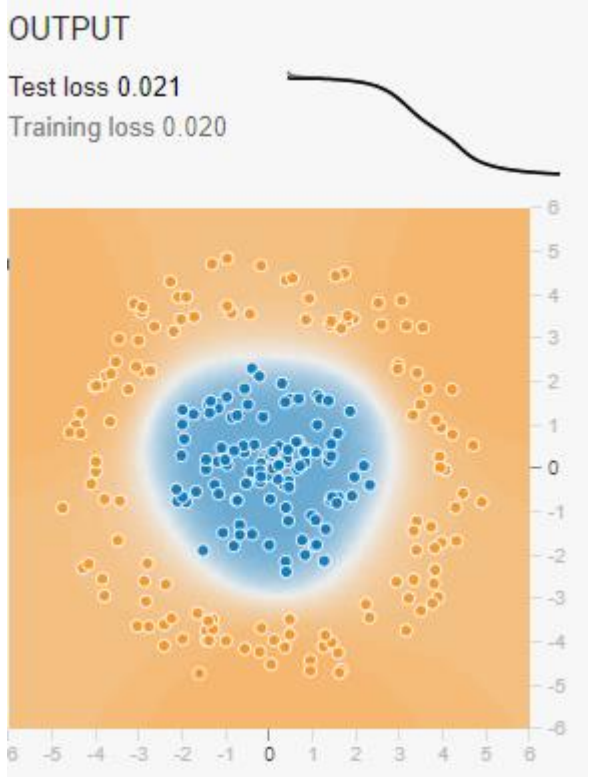
α = 0,01

Phase 1 : Apprentissage / Entrainement

Données d'entrée







TensorFlow

Apprentissage Profond

Neurone artificiel et apprentissage

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Comment vérifier que le réseau apprend bien ?

Phase 1 : Apprentissage / Entrainement

TensorFlow

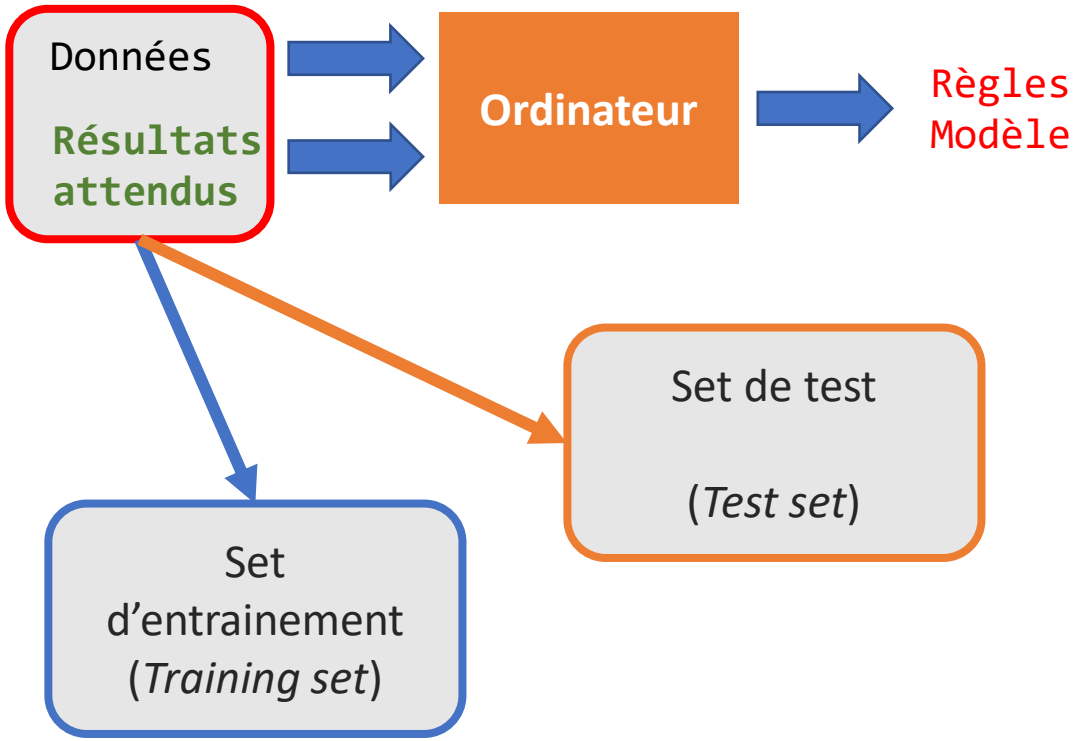
Apprentissage Profond

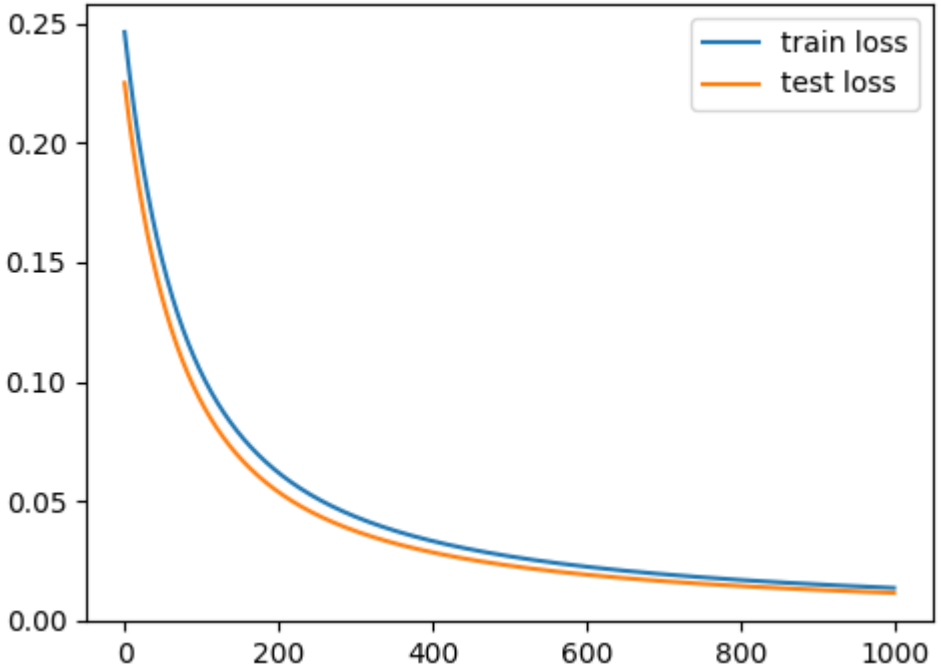
Neurone artificiel et apprentissage

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Comment vérifier que le réseau apprend bien ?

Phase 1 : Apprentissage / Entrainement





TensorFlow

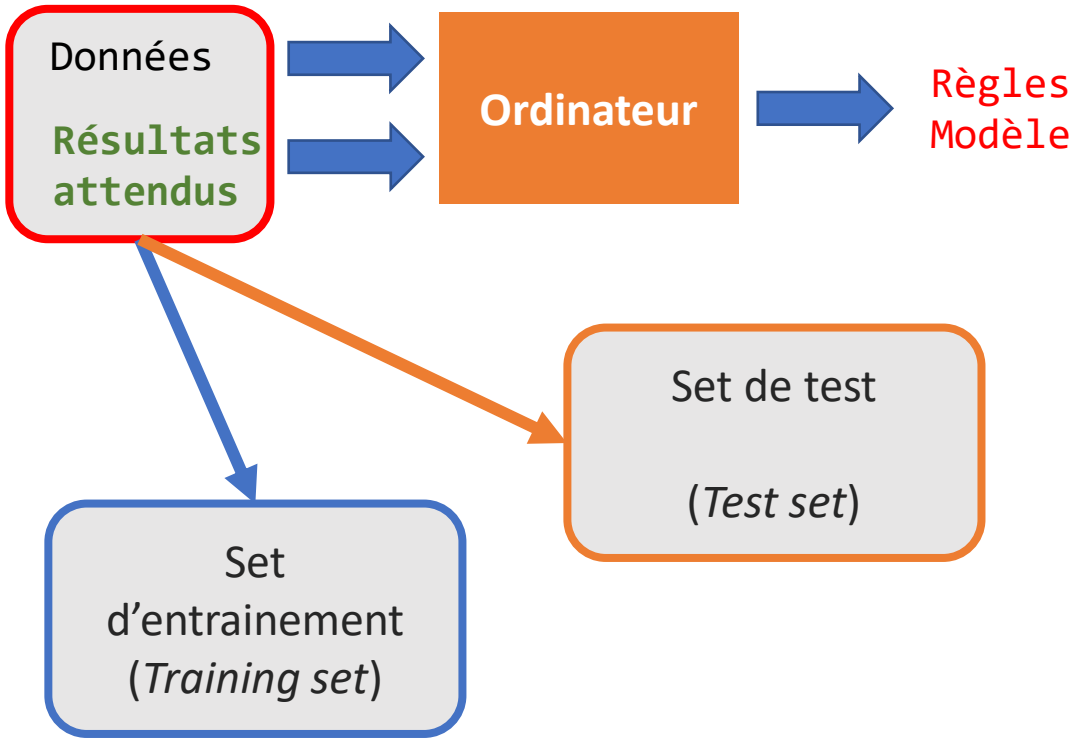
Apprentissage Profond

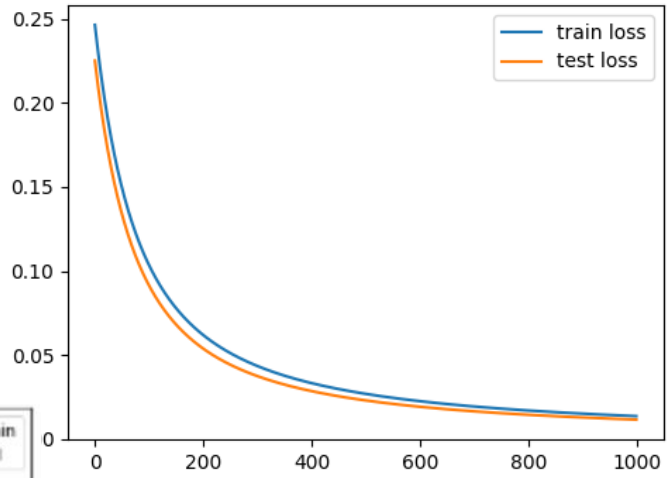
Neurone artificiel et apprentissage

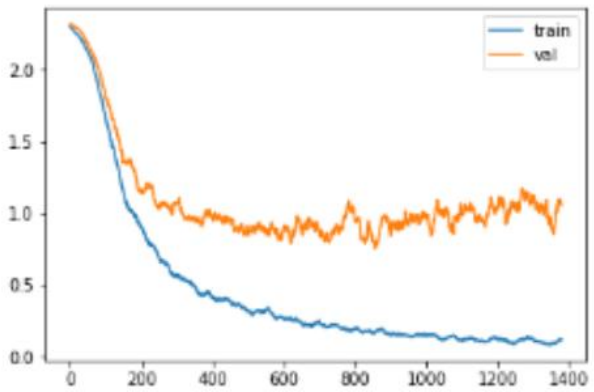
INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Comment vérifier que le réseau apprend bien ?

Phase 1 : Apprentissage / Entrainement







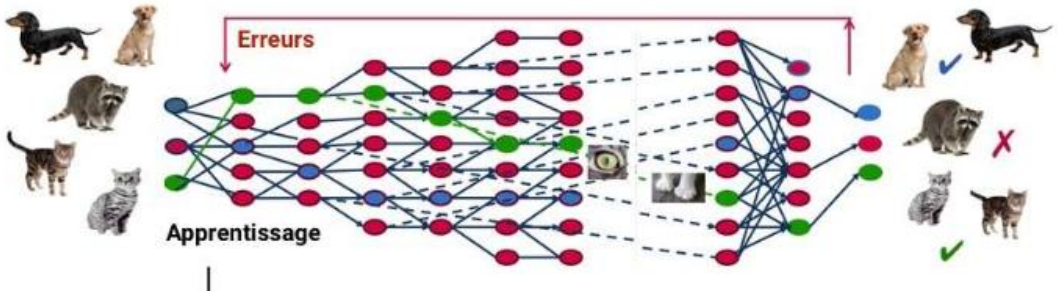
TensorFlow

Apprentissage Profond

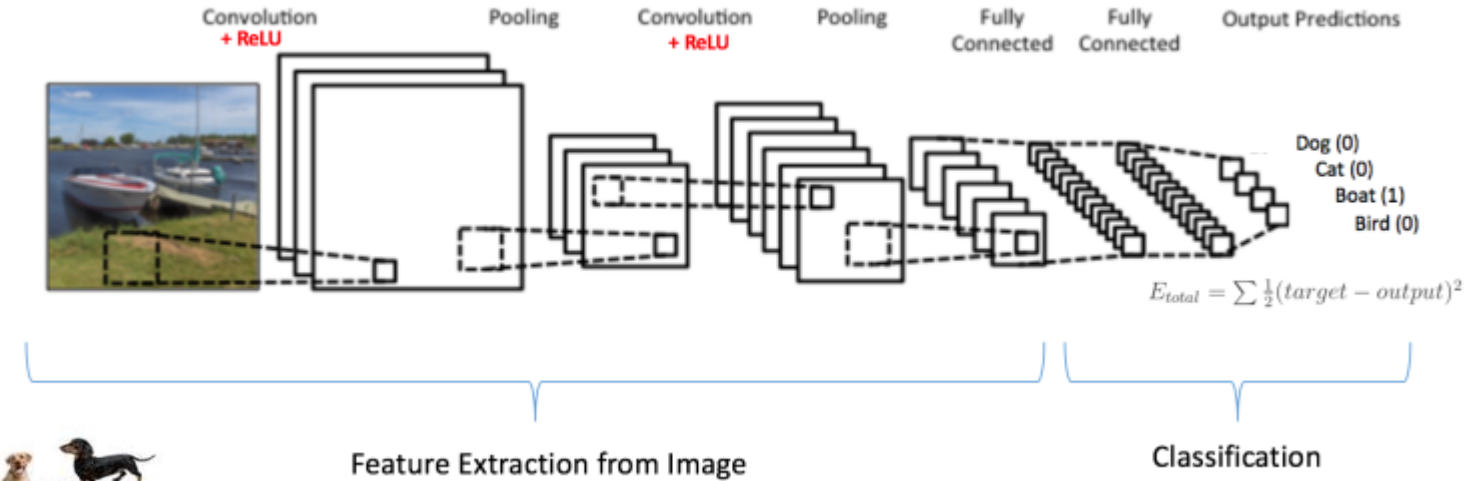
Vers des réseaux plus complexes

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Des réseaux plus « complexes » pour la classification



https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/intelligence-artificielle-deep-learning-17262/
Céline Deluzarche



CNN classifier using 1D, 2D and 3D feature vectors
Site de MathWorks

TensorFlow

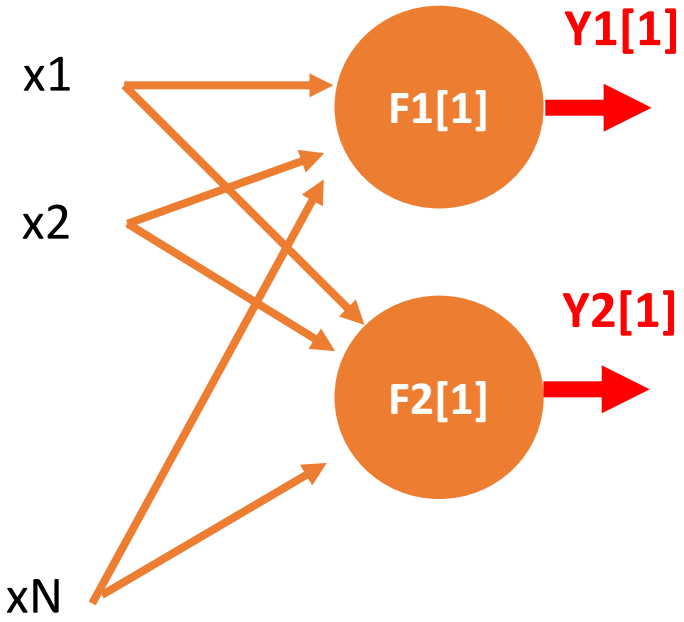
Apprentissage Profond

Vers des réseaux plus complexes

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Des réseaux plus « complexes » pour la classification

Entrée = vecteur



Couche 1

TensorFlow

Apprentissage Profond

Vers des réseaux plus complexes

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Des réseaux plus « complexes » pour la classification

Entrée = vecteur

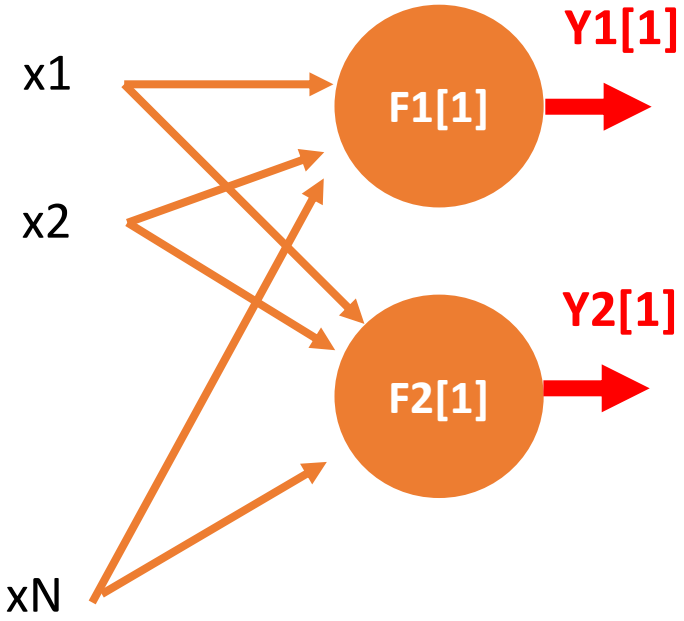
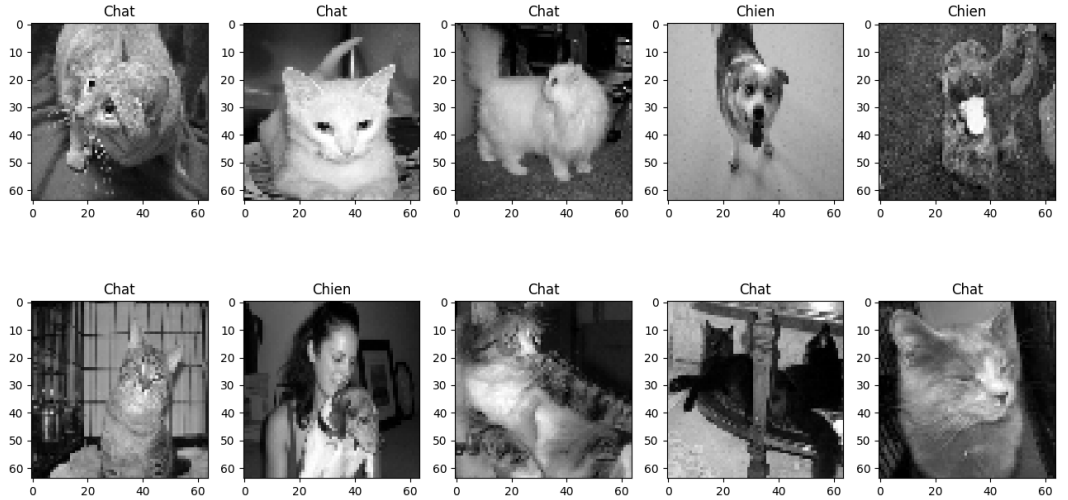


Image = matrice



Couche 1

TensorFlow

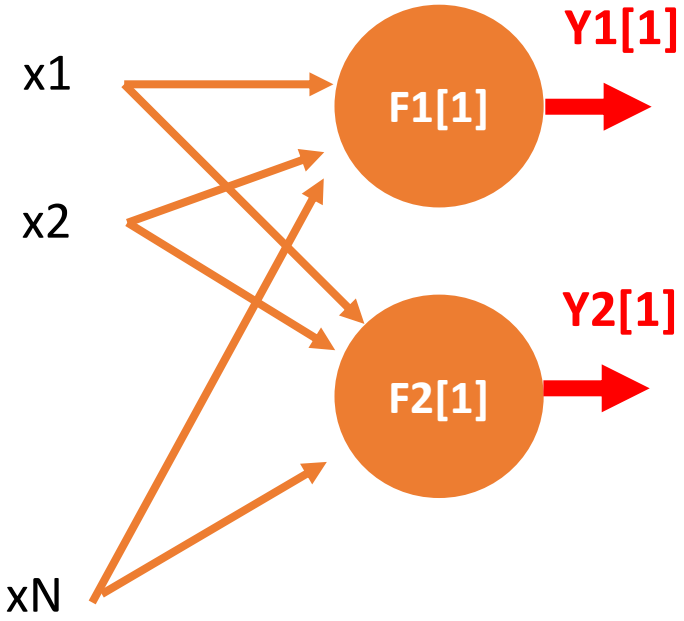
Apprentissage Profond

Vers des réseaux plus complexes

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

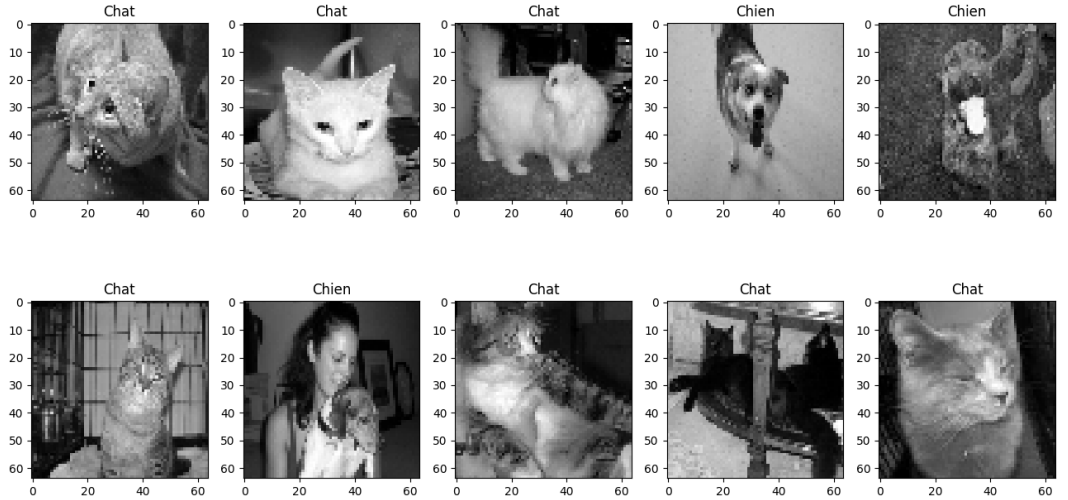
Des réseaux plus « complexes » pour la classification

Entrée = vecteur



Couche 1

Image = matrice



TensorFlow

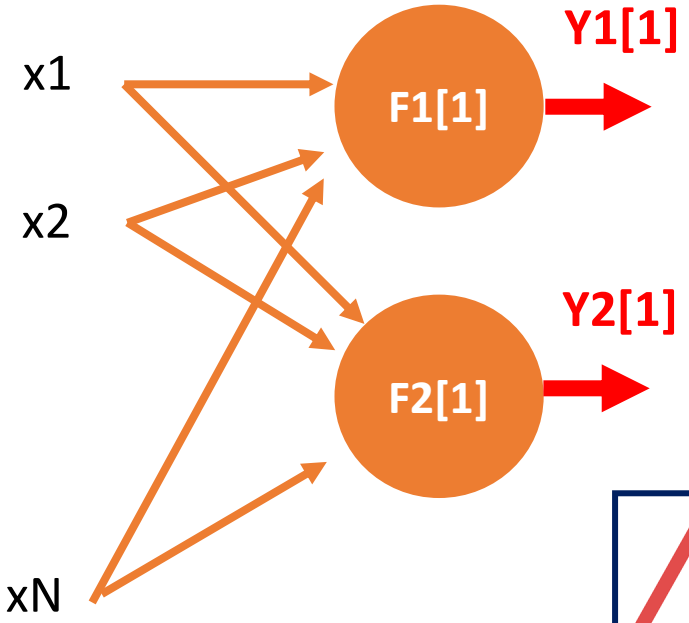
Apprentissage Profond

Vers des réseaux plus complexes

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Des réseaux plus « complexes » pour la classification

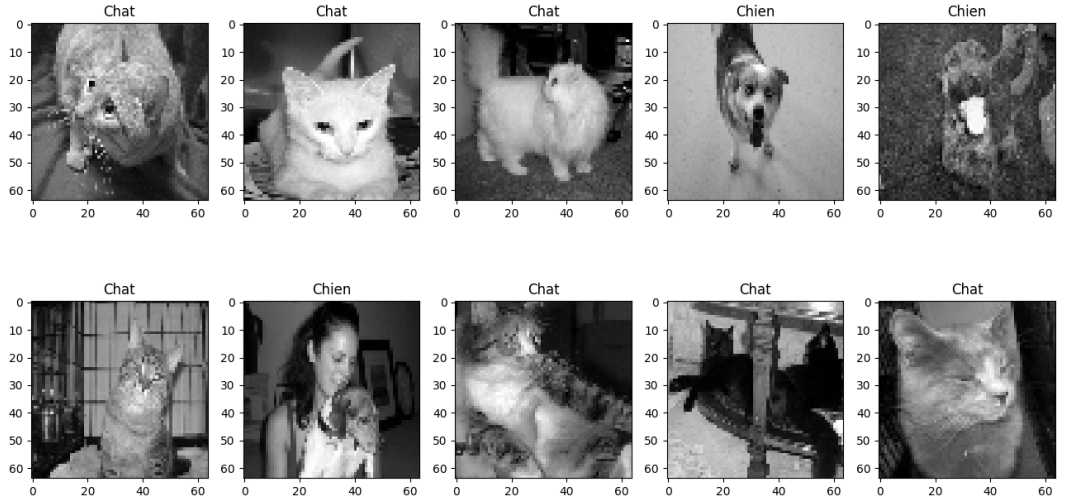
Entrée = vecteur



Toutes les données ont la même taille

Couche 1

Image = matrice



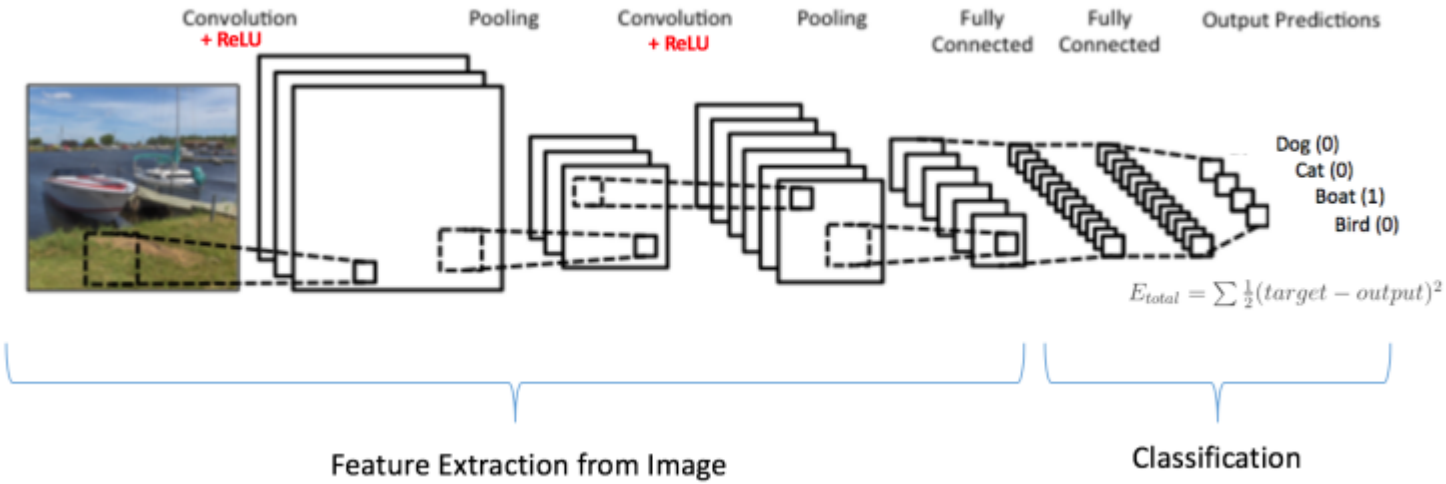
TensorFlow

Apprentissage Profond

Vers des réseaux plus complexes

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Des réseaux plus « complexes » pour la classification



CNN classifier using 1D, 2D and 3D feature vectors
Site de MathWorks

TensorFlow

Apprentissage Profond

Vers des réseaux plus complexes

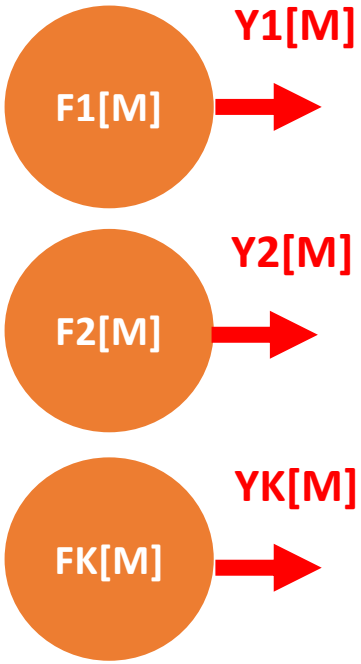
INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Des réseaux plus « complexes » pour la classification

Plus que 2 classes

Apprentissage :
60000 images de 28x28

Test :
10000 images de 28x28



Couche M

TensorFlow

Apprentissage Profond

Vers des réseaux plus complexes

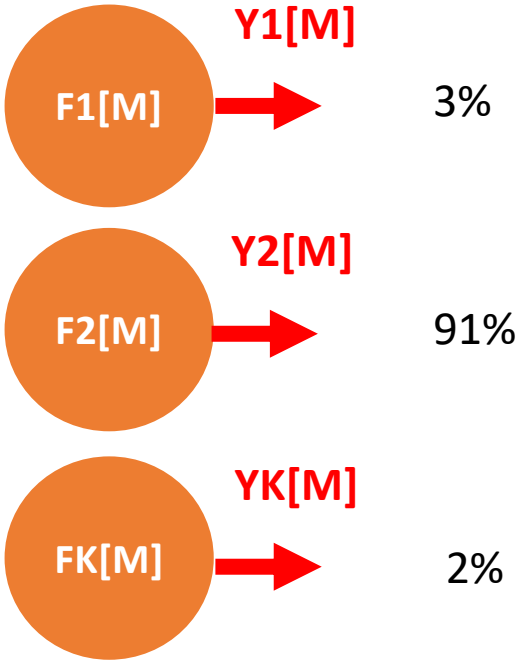
INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Des réseaux plus « complexes » pour la classification

Plus que 2 classes

Apprentissage :
60000 images de 28x28

Test :
10000 images de 28x28



Couche M

TensorFlow

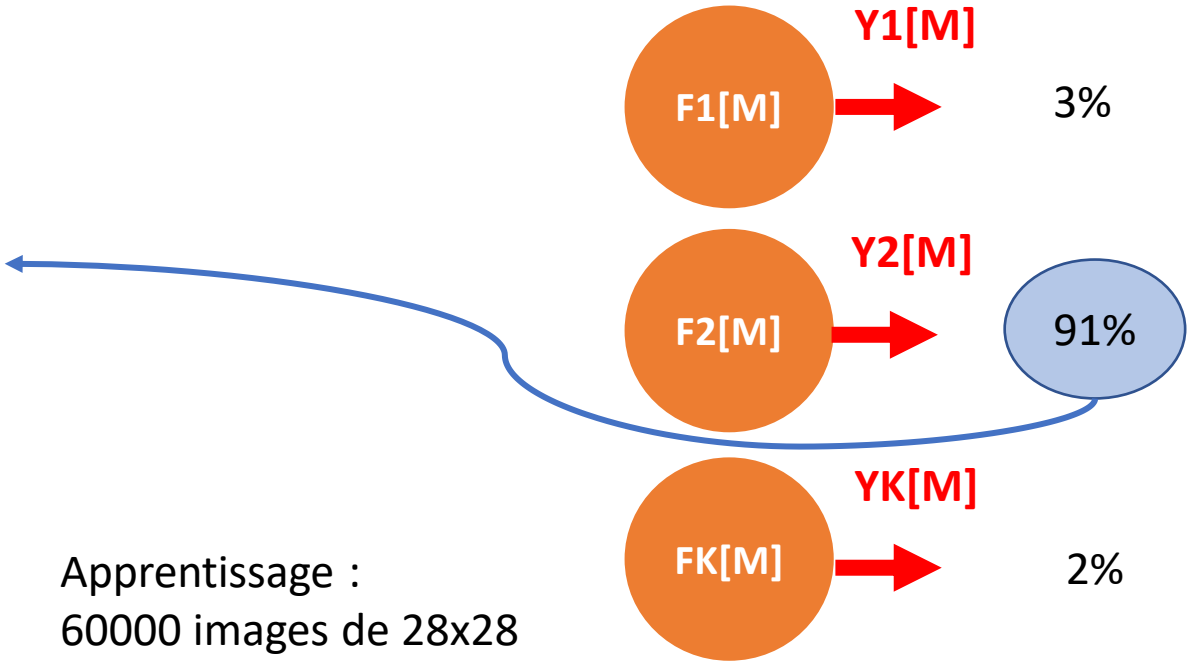
Apprentissage Profond

Vers des réseaux plus complexes

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Des réseaux plus « complexes » pour la classification

Plus que 2 classes



Apprentissage :
60000 images de 28x28

Test :
10000 images de 28x28

Couche M

TensorFlow

Apprentissage Profond

Hello World de Tensorflow

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Les étapes de conception et d'entrainement

Préparation des données

- Images de mêmes dimensions
- 2 sets différents pour entrainement et test
- Classification (résultat attendu)

Conception du modèle de réseau

- Dimensions données d'entrée
- Etages de convolution
- Etages de classification / Couches du réseau

Entrainement du modèle

- Calcul des paramètres du modèle

```
import tensorflow as tf
from tensorflow import keras
```

Vérification avec données test

- Vérification du bon apprentissage

TensorFlow

Apprentissage Profond

Hello World de Tensorflow

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Les étapes de conception et d'entrainement

K Keras

Préparation des données

- Images de mêmes dimensions
- 2 sets différents pour entrainement et test
- Classification (résultat attendu)
- **Normalisation des données**

```
import tensorflow as tf
from tensorflow import keras

fashion_mnist = keras.datasets.fashion_mnist

(train_images, train_labels), (test_images,
test_labels) = fashion_mnist.load_data()
```

```
max_img = train_images.max()
train_images = train_images / max_img
test_images = test_images / max_img
```

TensorFlow

Apprentissage Profond

Hello World de Tensorflow

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Les étapes de conception et d'entrainement

Préparation des données

- Images de mêmes dimensions
- 2 sets différents pour entrainement et test
- Classification (résultat attendu)
- **Normalisation des données**

Conception du modèle de réseau

- Dimensions données d'entrée
- Etages de convolution
- Etages de classification / Couches du réseau

```
model = keras.Sequential()

model.add( tf.keras.layers.Conv2D( 64, (3,3),
activation=tf.nn.relu, input_shape=(28,28,1)))

model.add( tf.keras.layers.MaxPooling2D((2,2)))

model.add( keras.layers.Flatten() )
model.add( keras.layers.Dense(512,
activation='selu') )

model.add( keras.layers.Dense( 10,
activation=tf.nn.softmax) )
```

TensorFlow

Apprentissage Profond

Hello World de Tensorflow

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Les étapes de conception et d'entrainement

Préparation des données

- Images de mêmes dimensions
- 2 sets différents pour entrainement et test
- Classification (résultat attendu)
- **Normalisation des données**

Conception du modèle de réseau

- Dimensions données d'entrée
- Etages de convolution
- Etages de classification / Couches du réseau

```
model.compile(
optimizer=tf.keras.optimizers.Adam(),
loss='sparse_categorical_crossentropy',
metrics=['accuracy'])
```

```
model = keras.Sequential()

model.add( tf.keras.layers.Conv2D( 64, (3,3),
activation=tf.nn.relu, input_shape=(28,28,1)))

model.add( tf.keras.layers.MaxPooling2D((2,2)))

model.add( keras.layers.Flatten() )
model.add( keras.layers.Dense(512,
activation='selu') )

model.add( keras.layers.Dense( 10,
activation=tf.nn.softmax) )
```

TensorFlow

Apprentissage Profond

Hello World de Tensorflow

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Les étapes de conception et d'entrainement

Préparation des données

- Images de mêmes dimensions
- 2 sets différents pour entrainement et test
- Classification (résultat attendu)
- **Normalisation des données**

Conception du modèle de réseau

- Dimensions données d'entrée
- Etages de convolution
- Etages de classification / Couches du réseau

```
model.compile(
optimizer=tf.keras.optimizers.Adam(),
loss='sparse_categorical_crossentropy',
metrics=['accuracy'])
```

```
model.summary()
```

```
Model: "sequential"
_________________________________________________________________
Layer (type)                 Output Shape              Param #
=================================================================
conv2d (Conv2D)              (None, 26, 26, 32)        320
_________________________________________________________________
max_pooling2d (MaxPooling2D  (None, 13, 13, 32)        0
)
_________________________________________________________________
conv2d_1 (Conv2D)            (None, 11, 11, 64)        18496
_________________________________________________________________
max_pooling2d_1 (MaxPooling  (None, 5, 5, 64)          0
2D)
_________________________________________________________________
conv2d_2 (Conv2D)            (None, 3, 3, 32)          18464
_________________________________________________________________
max_pooling2d_2 (MaxPooling  (None, 1, 1, 32)          0
2D)
_________________________________________________________________
flatten (Flatten)            (None, 32)                0
_________________________________________________________________
dense (Dense)                (None, 512)               16896
_________________________________________________________________
dense_1 (Dense)              (None, 256)               131328
_________________________________________________________________
dense_2 (Dense)              (None, 128)               32896
_________________________________________________________________
dense_3 (Dense)              (None, 10)                1290
=================================================================
Total params: 219,690
Trainable params: 219,690
Non-trainable params: 0
```

TensorFlow

Apprentissage Profond

Hello World de Tensorflow

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Les étapes de conception et d'entrainement

Préparation des données

- Images de mêmes dimensions
- 2 sets différents pour entrainement et test
- Classification (résultat attendu)

Conception du modèle de réseau

- Dimensions données d'entrée
- Etages de convolution
- Etages de classification / Couches du réseau

Entrainement du modèle

- Calcul des paramètres du modèle

```
history = model.fit( train_images, train_labels,
epochs=10, steps_per_epoch=20,
validation_data=(test_images, test_labels))

model.save('model.h5')
```

Vérification avec données test

- Vérification du bon apprentissage

TensorFlow

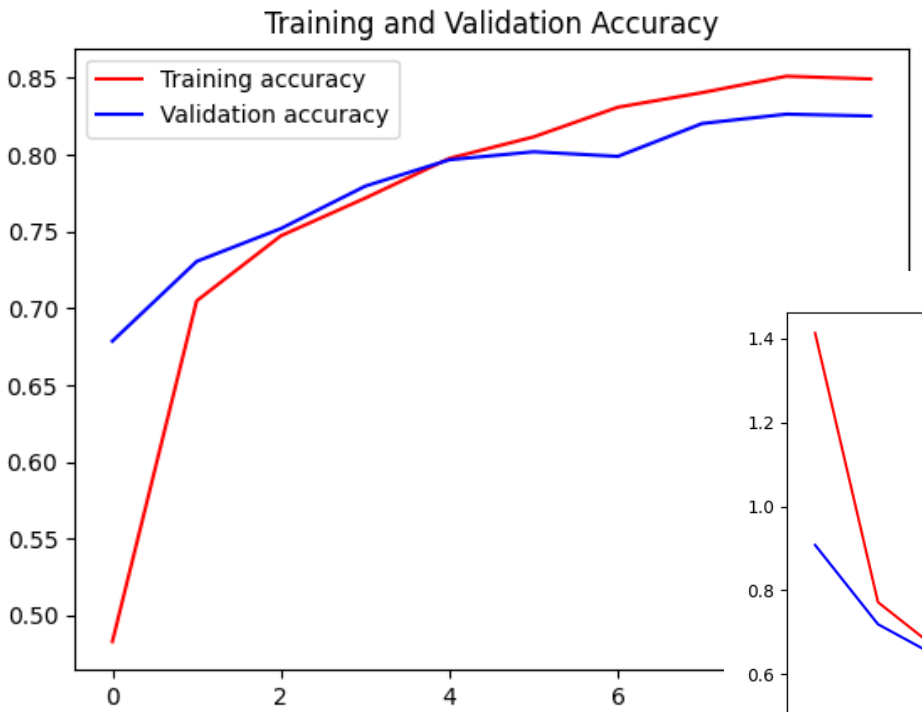
Apprentissage Profond

Quelques résultats

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

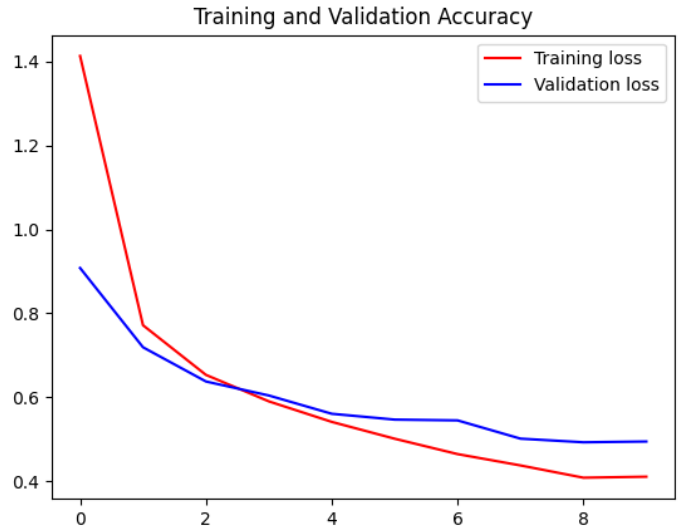
Quelques résultats (avec convolution)

10 epochs



Apprentissage :
10000 images de 28x28

Test :
10000 images de 28x28



Model: "sequential"

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d (Conv2D)	(None, 26, 26, 32)	320
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 13, 13, 32)	0
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 11, 11, 64)	18496
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 5, 5, 64)	0
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 3, 3, 32)	18464
max_pooling2d_2 (MaxPooling2D)	(None, 1, 1, 32)	0
flatten (Flatten)	(None, 32)	0
dense (Dense)	(None, 512)	16896
dense_1 (Dense)	(None, 256)	131328
dense_2 (Dense)	(None, 128)	32896
dense_3 (Dense)	(None, 10)	1290

Total params: 219,690
Trainable params: 219,690
Non-trainable params: 0

TensorFlow

Apprentissage Profond

Quelques résultats

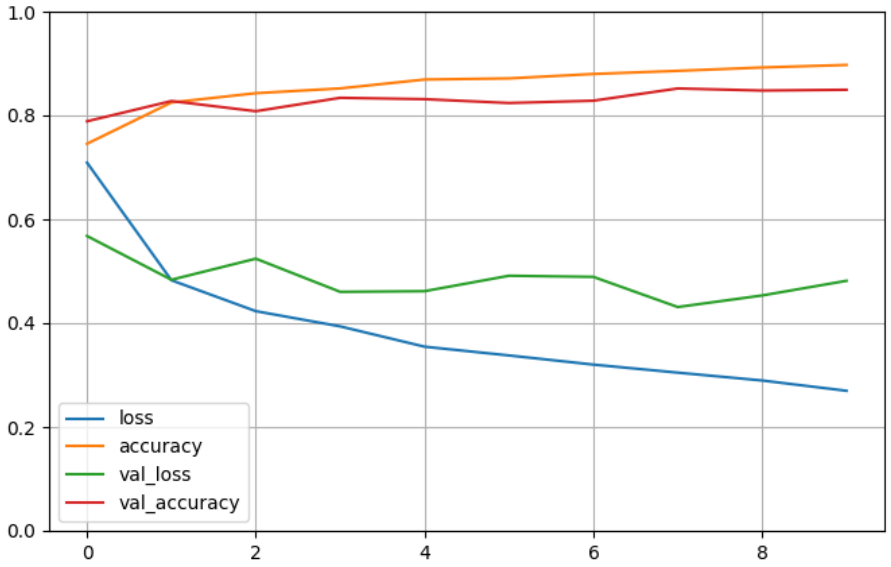
INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Quelques résultats (sans convolution)

10 epochs

Apprentissage :
10000 images de 28x28

Test :
10000 images de 28x28




```
Model: "sequential"
_________________________________________________________________
 Layer (type)                Output Shape              Param #
=================================================================
 flatten (Flatten)           (None, 784)               0

 dense (Dense)               (None, 512)               401920

 dense_1 (Dense)             (None, 256)               131328

 dense_2 (Dense)             (None, 128)               32896

 dense_3 (Dense)             (None, 64)                8256

 dense_4 (Dense)             (None, 10)                650

=================================================================
Total params: 575,050
Trainable params: 575,050
Non-trainable params: 0
```

TensorFlow

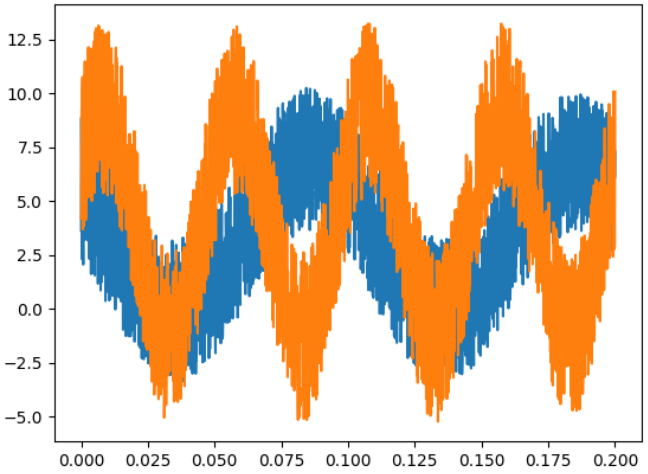
Apprentissage Profond

*Quelques **autres** résultats*

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

Quelques résultats sur des signaux

Données d'entrée



Génération signaux sinusoïdaux
à 10, 20 ou 30 Hz bruités

Train set : 1000
Test set : 100

```
Model: "sequential"
_________________________________________________________________
Layer (type)                 Output Shape              Param #
=================================================================
flatten (Flatten)            (None, 2000)              0
_________________________________________________________________
dense (Dense)                (None, 32)                64032
_________________________________________________________________
dense_1 (Dense)              (None, 8)                 264
_________________________________________________________________
dense_2 (Dense)              (None, 3)                 27
=================================================================
Total params: 64,323
Trainable params: 64,323
Non-trainable params: 0
_________________________________________________________________
```

```
Prediction par le modele
[0 1 0 2 0 2 0 1 1 2 2 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 1 2 2 0 1 1 0]
Vraies valeurs
[0 1 0 2 0 2 0 1 1 2 2 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 1 2 2 0 1 1 0]
```