

## **Le « machine learning » : quand les données remplacent les algorithmes.**

Chronique de [Pirmin Lemberger](#) - [Weave Business Technology](#) - 28/03/14 15:16

**Qu'est ce que le "machine learning" (apprentissage automatique) ? Pourquoi ce domaine est-il aujourd'hui en plein essor, quelles sont ses principaux domaines d'applications ? Quelles sont les principales stratégies utilisées dans le domaine de l'analyse prédictive ? Quels sont les prérequis pour se former à cette discipline prometteuse.**

### **Les algorithmes bientôt obsolètes ?**

D'ici quelques mois, le centre de cancérologie [Memorial Sloan Kettering](#) à New York va recruter un jeune spécialiste en diagnostic médical d'un type un peu particulier : non pas un brillant docteur en génétique mais une intelligence artificielle (IA) développée par IBM et qui répond au nom de [Watson](#). Durant ses « études » Watson a ingurgité 2 millions de pages de journaux spécialisés et presque autant de rapports cliniques. Cette voracité de connaissances et à ses capacités d'analyse hors pair le mettent d'ores et déjà en position de surpasser ses collègues humains, c'est du moins ce que prétendent ses tuteurs. De plus, contrairement à ses collègues humains, Watson possède le don d'ubiquité, à terme il sera disponible sous forme de service [cloud](#) pour tous les hôpitaux de la planète. Peu exigeant sur sa rémunération, Watson pourrait contribuer par ailleurs à alléger la note pharamineuse des coûts de la santé dans de nombreux pays.

L'exemple précédent, qui fait entrer la médecine dans une ère nouvelle, est une application d'un domaine de recherche aujourd'hui en plein essor : le « **machine learning** » (ML ou « apprentissage automatique »). L'engouement récent pour cette discipline tient en grande partie à une observation qui a surpris les spécialistes en IA eux-mêmes :

« L'utilisation conjointe de quantités massives d'informations et d'algorithmes d'apprentissage relativement simples rend possible la solution de problèmes considérés il y a peu comme inaccessibles. »

# Comment le « deep learning » révolutionne l'intelligence artificielle

Cette technologie d'apprentissage, basée sur des réseaux de neurones artificiels, a complètement bouleversé le domaine de l'intelligence artificielle en moins de cinq ans.

Abonnez vous à partir de 1 €

👍 Réagir ⭐ Ajouter 🖨️ ✉️

f Partager

🐦 Tweeter

Le Monde.fr | 24.07.2015 à 13h59 • Mis à jour le 28.07.2015 à 10h40 | Par **Morgane Tual**

*« Je n'ai jamais vu une révolution aussi rapide. On est passé d'un système un peu obscur à un système utilisé par des millions de personnes en seulement deux ans. »* Yann LeCun, un des pionniers du « deep learning », n'en revient toujours pas. Après une longue traversée du désert, « l'apprentissage profond », qu'il a contribué à inventer, est désormais la méthode phare de l'intelligence artificielle (IA). Toutes les grandes entreprises tech s'y mettent : Google, IBM, Microsoft, Amazon, Adobe, Yandex ou encore Baidu y investissent des fortunes. Facebook également, qui, signal fort, a placé Yann LeCun à la tête de son nouveau laboratoire d'intelligence artificielle installé à Paris.

Ce système d'apprentissage et de classification, basé sur des « réseaux de neurones artificiels » numériques, est, pêle-mêle, utilisé par Siri, Cortana et Google Now pour comprendre la voix, être capable d'apprendre à reconnaître des visages.

# Arbres de Décision

**Ricco RAKOTOMALALA**

Laboratoire ERIC

Université Lumière Lyon 2

5, av. Mendés France

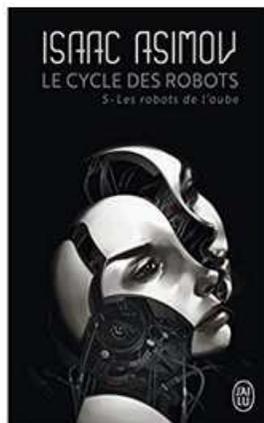
69676 BRON cedex

e-mail : rakotoma@univ-lyon2.fr

## **Résumé**

Après avoir détaillé les points clés de la construction d'un arbre de décision à partir d'un petit exemple, nous présentons la méthode CHAID qui permet de répondre de manière cohérente à ces spécifications. Nous la mettons alors en œuvre en utilisant un logiciel gratuit téléchargeable sur Internet. Les opérations sont décrites à l'aide de plusieurs copies d'écrans. L'accent est mis sur la lecture et l'interprétation des résultats. Nous mettons en avant également l'aspect interactif, très séduisant, de la construction des arbres. De manière plus générale, nous essayons de mettre en perspective les nombreuses techniques d'induction d'arbres en faisant le bilan de l'état actuel de la recherche dans le domaine.

**Mots-clés :** Arbres de décision, segmentation, discrimination, apprentissage automatique

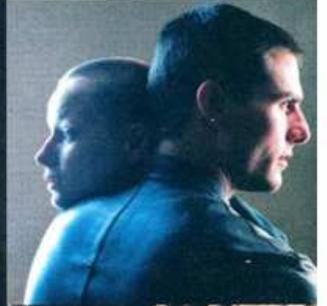
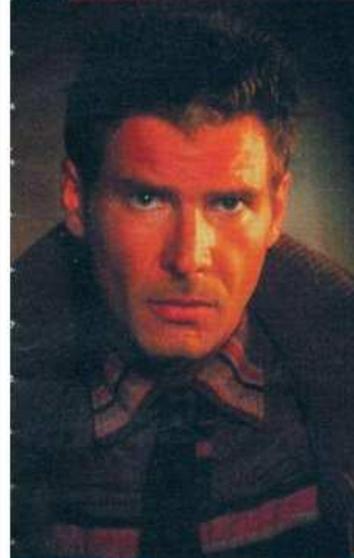


Première Loi : un robot ne peut porter atteinte à un être humain ni, restant passif, laisser cet être humain exposé au danger.

Deuxième Loi : un robot doit obéir aux ordres donnés par les êtres humains, sauf si de tels ordres entrent en contradiction avec la Première Loi.

Troisième Loi : un robot doit protéger son existence dans la mesure où cette protection n'entre pas en contradiction avec la Première ou la Deuxième Loi.





Warner Bros./Metro-Goldwyn-Mayer/Universal Pictures/Paramount Pictures

**1950.** Être ou ne pas être... Le mathématicien et cryptologue britannique Alan Turing, père de l'informatique moderne, rédige un article dans lequel il propose un test déterminant si une machine possède ou non une conscience.

**1956.** Le mathématicien John McCarthy organise au Dartmouth College, aux États-Unis, un séminaire au cours duquel est inventé le terme d'intelligence artificielle. Un nouveau champ d'étude scientifique est né.

**1984.** Ernst Dickmanns, de l'université de la Bundeswehr à Munich, et Mercedes-Benz testent une camionnette automatique équipée de caméras. Le véhicule atteint 100 km/h sur un réseau routier sans trafic. La voiture sans conducteur est aujourd'hui presque opérationnelle.

**Début des années 90.** Apparition du Web, un ensemble de pages mêlant textes, liens et images sur le réseau Internet. Des centaines de milliards de données (les datas) vont désormais pouvoir circuler et s'échanger sans entrave.

**1996.** Déploiement mondial dans des distributeurs bancaires (en France, c'est le Crédit Mutuel de Bretagne) d'un logiciel de lecture de chèques basé sur un réseau de neurone convolutif inventé par le Français Yann LeCun.

**1997.** Deep blue, le supercalculateur d'IBM, bat aux échecs le champion du monde Garry Kasparov.

**2007.** Apple commercialise l'iPhone, téléphone ordinateur doté d'un écran tactile. Le début du règne des tablettes et des smartphones.

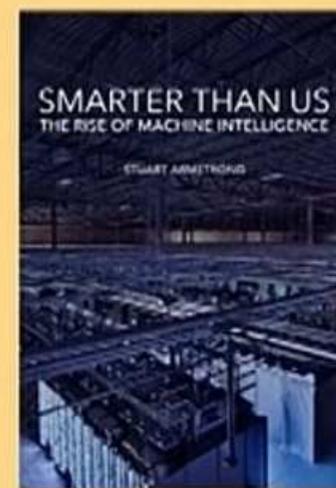
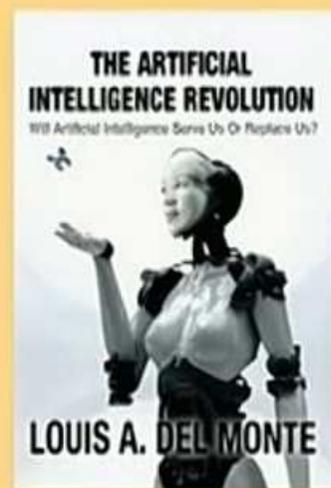
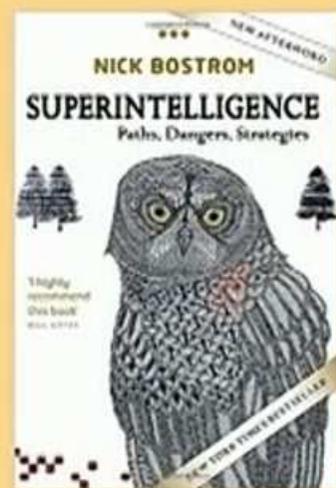
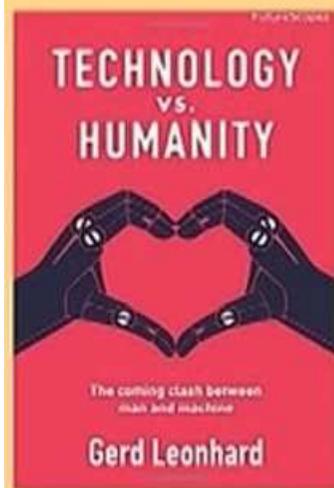
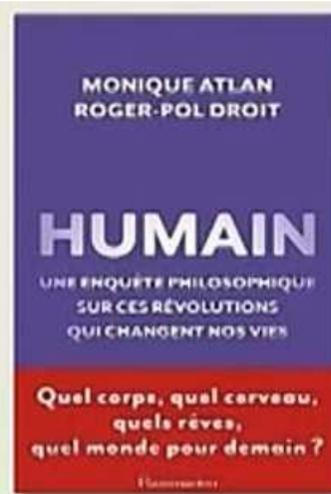
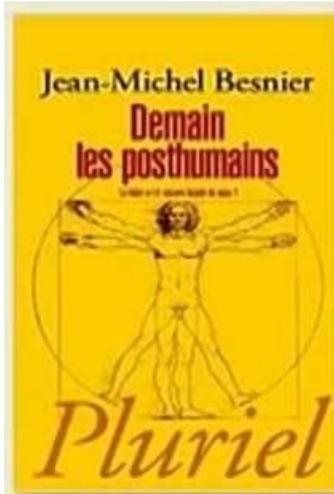
**2012.** Pour la première fois, un réseau de neurones profond gagne le challenge ImageNet, un concours de reconnaissance d'images.

**2013.** Tous les participants du challenge ImageNet utilisent des réseaux de neurones profonds.

**2014.** L'astrophysicien Stephen Hawking affirme dans une interview à la BBC que le « développement d'une intelligence artificielle complète pourrait provoquer la fin de l'humanité ». Ils sont plusieurs depuis (Elon Musk, Bill Gates, etc.) à entretenir une psychose apocalyptique autour de l'avènement d'une machine toute puissante.

**2015.** Google publie la première version de TensorFlow, son logiciel d'apprentissage machine en deep learning. Disponible en logiciel libre, il est utilisé massivement à travers le monde à des fins industrielles et de recherche.

**2016.** AlphaGo bat un maître coréen. Vingt ans après les joueurs d'échecs, les champions de go puis de poker s'inclinent à leur tour devant des programmes d'intelligence artificielle.

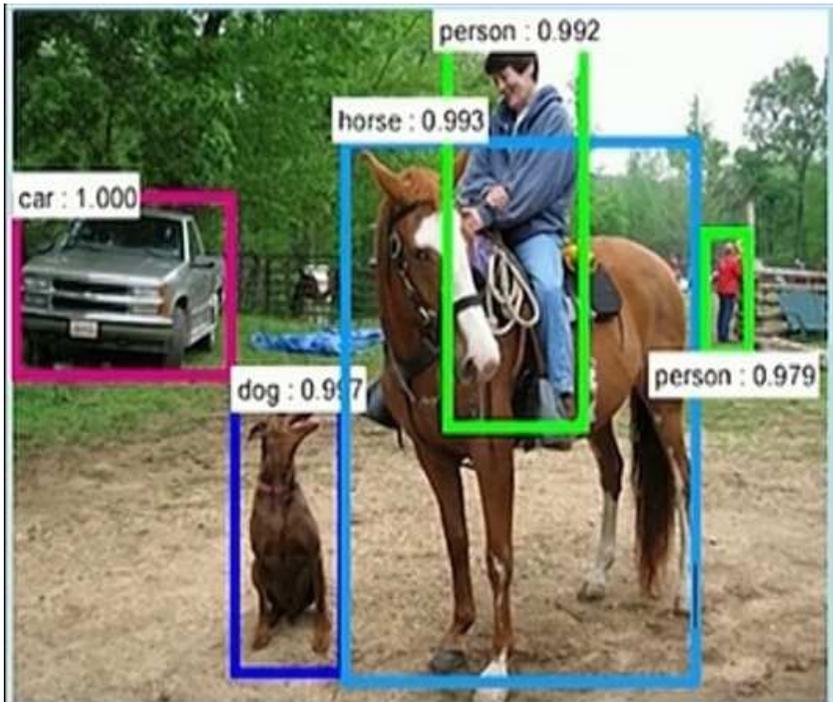
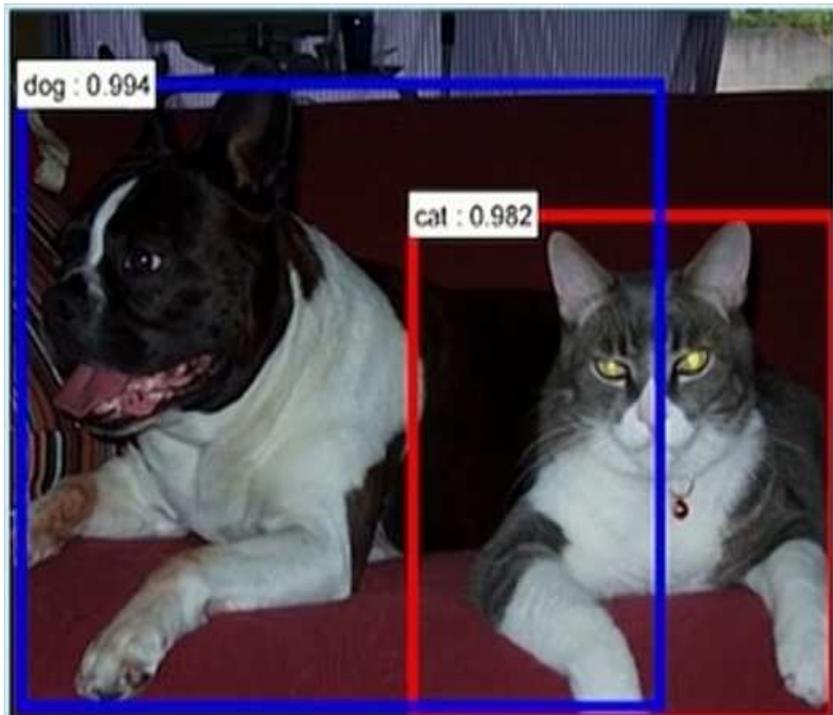


Robot pouvant bouger ses jambes  
ne sachant pas coordonner ses jambes pour marcher

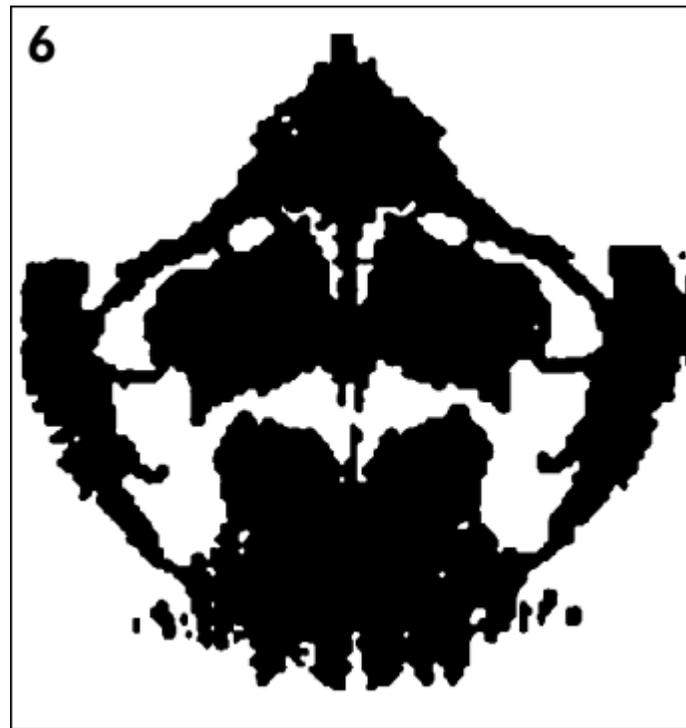
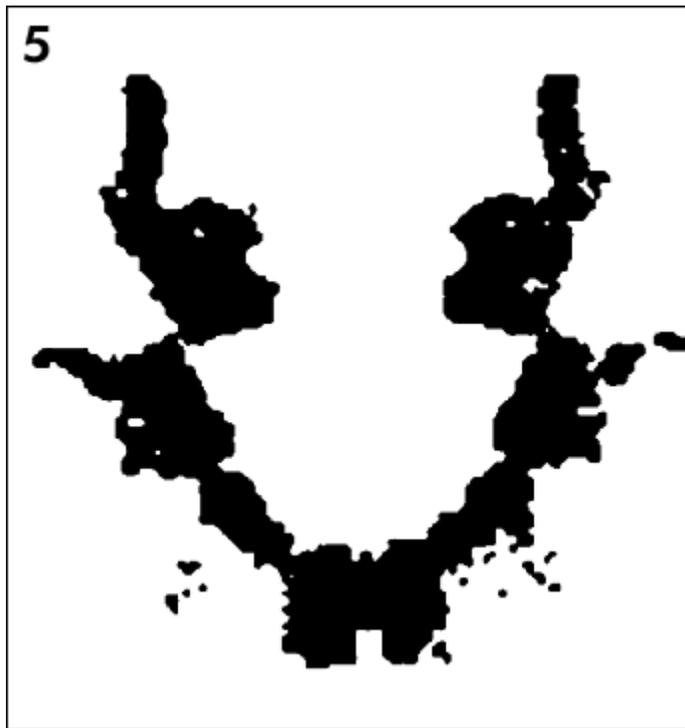
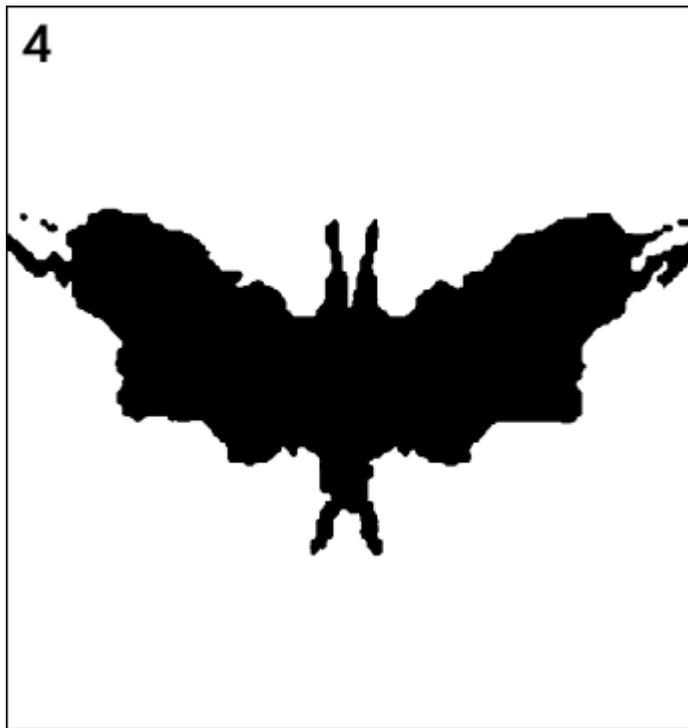
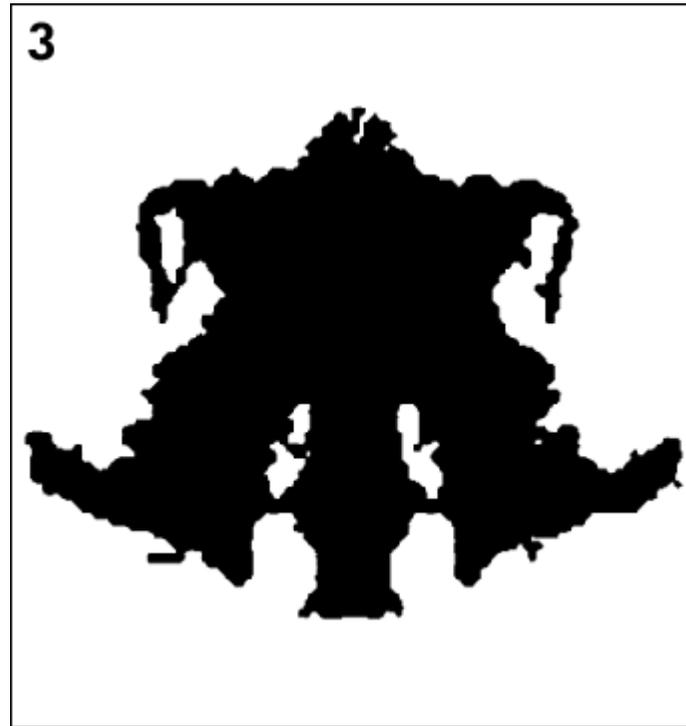
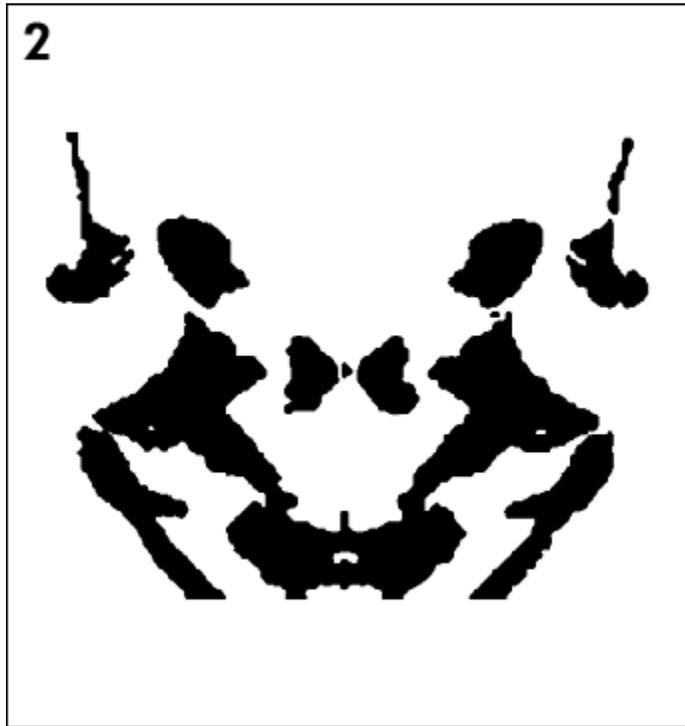
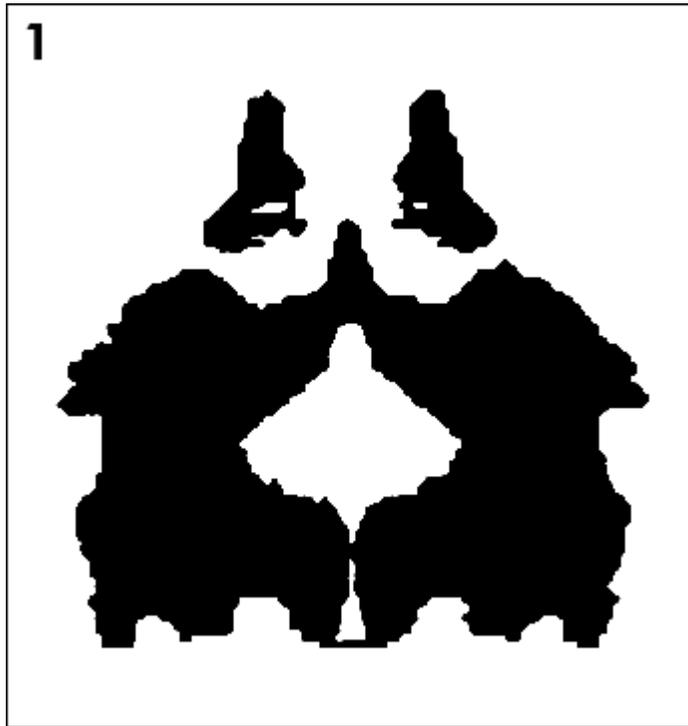
Principes

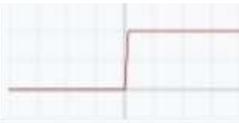
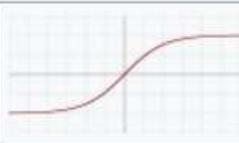
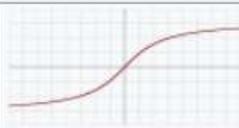
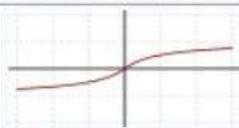
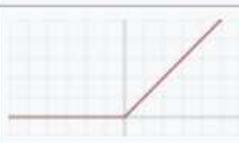
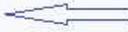
- 1- Mouvements aléatoires
  - 2- Privilégier les mouvements permettant d'avancer
- Marche de plus en plus efficace





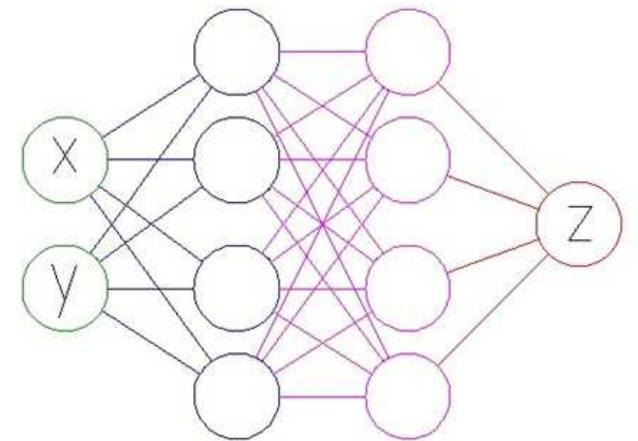
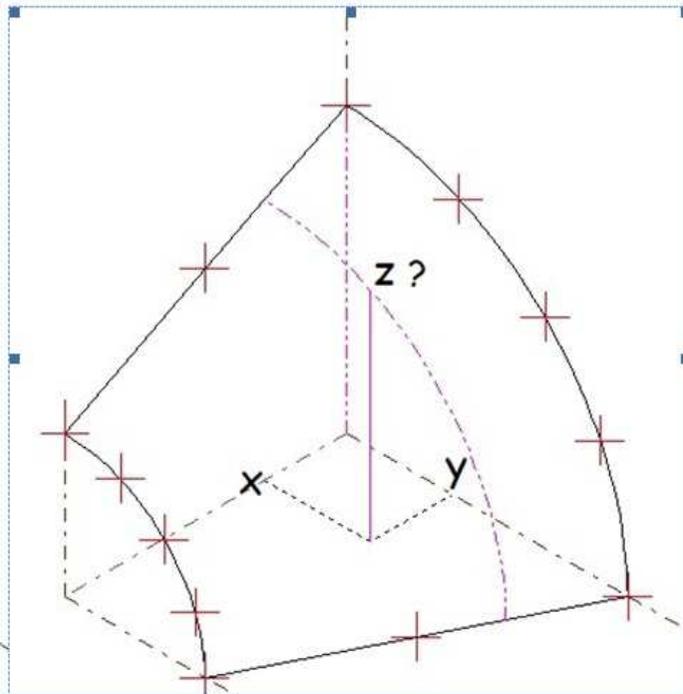
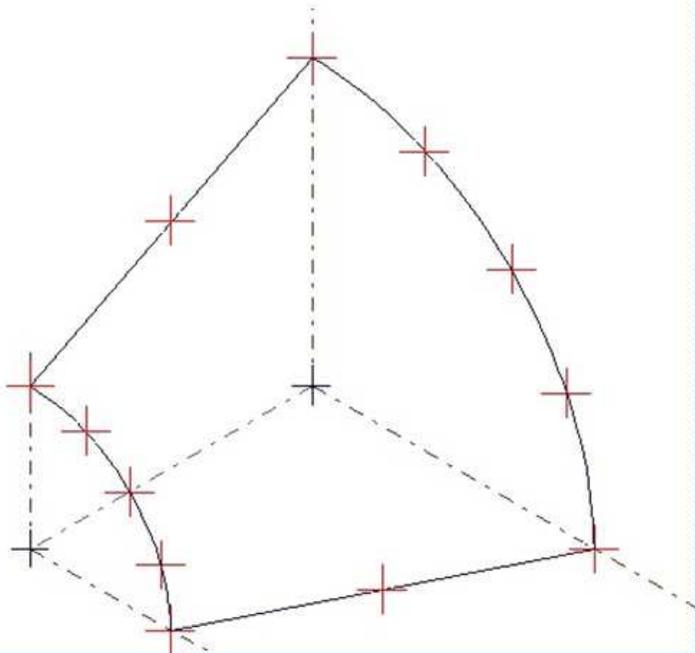
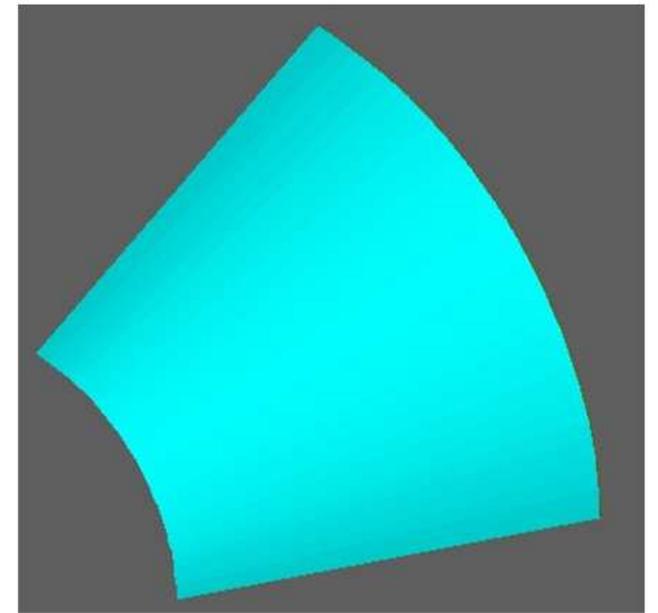
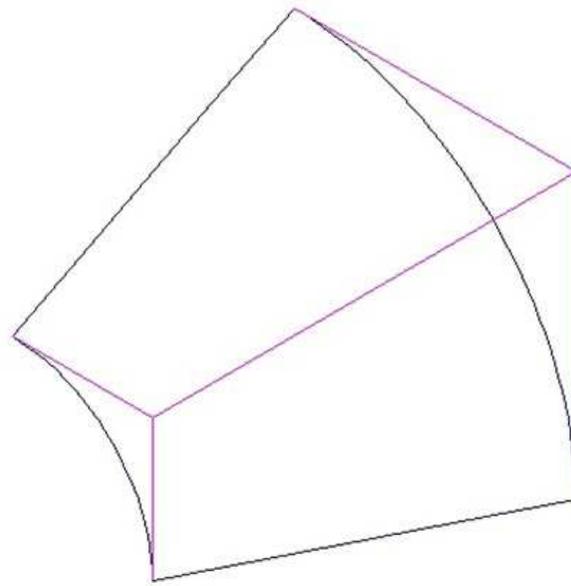
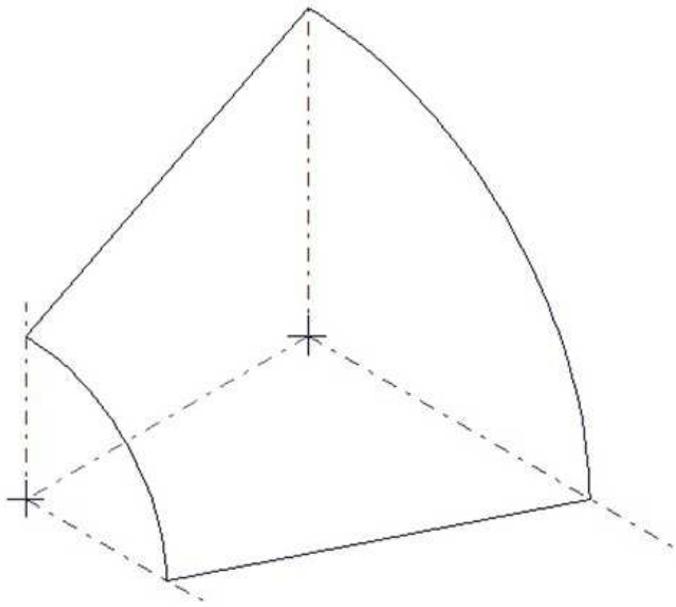




Marche/Heaviside		$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{for } x < 0 \\ 1 & \text{for } x \geq 0 \end{cases}$	$f'(x) = \begin{cases} 0 & \text{for } x \neq 0 \\ ? & \text{for } x = 0 \end{cases}$	$\{0, 1\}$	$C^{-1}$
Logistique (ou marche douce, ou sigmoïde)		$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$ 	$f'(x) = f(x)(1 - f(x))$	$(0, 1)$	$C^\infty$
Tangente Hyperbolique (TanH)		$f(x) = \tanh(x) = \frac{2}{1 + e^{-2x}} - 1$	$f'(x) = 1 - f(x)^2$	$(-1, 1)$	$C^\infty$
Arc Tangente (ArcTan ou Tan <sup>-1</sup> )		$f(x) = \tan^{-1}(x)$	$f'(x) = \frac{1}{x^2 + 1}$	$(-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2})$	$C^\infty$
Signe doux <sup>6</sup>		$f(x) = \frac{x}{1 +  x }$	$f'(x) = \frac{1}{(1 +  x )^2}$	$(-1, 1)$	$C^1$
Unité de Rectification Linéaire (ReLU) <sup>7</sup>		$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{for } x < 0 \\ x & \text{for } x \geq 0 \end{cases}$	$f'(x) = \begin{cases} 0 & \text{for } x < 0 \\ 1 & \text{for } x \geq 0 \end{cases}$	$[0, \infty[$	$C^0$
Unité de Rectification Linéaire Paramétrique (PReLU) <sup>8</sup>		$f(x) = \begin{cases} \alpha x & \text{for } x < 0 \\ x & \text{for } x \geq 0 \end{cases}$	$f'(x) = \begin{cases} \alpha & \text{for } x < 0 \\ 1 & \text{for } x \geq 0 \end{cases}$	$(-\infty, \infty)$	$C^0$
Unité Exponentielle Linéaire (ELU) <sup>9</sup>		$f(x) = \begin{cases} \alpha(e^x - 1) & \text{for } x < 0 \\ x & \text{for } x \geq 0 \end{cases}$	$f'(x) = \begin{cases} f(x) + \alpha & \text{for } x < 0 \\ 1 & \text{for } x \geq 0 \end{cases}$	$(-\alpha, \infty)$	$C^1$ si $\alpha = 1$
Unité de Rectification Linéaire Douce (SoftPlus) <sup>10</sup>		$f(x) = \log_e(1 + e^x)$ 	$f'(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$	$(0, \infty)$	$C^\infty$
Identité courbée		$f(x) = \frac{\sqrt{x^2 + 1} - 1}{2} + x$	$f'(x) = \frac{x}{2\sqrt{x^2 + 1}} + 1$	$(-\infty, \infty)$	$C^\infty$

```
deepLearnAlgos.pas
DeepLearning | DeepLearnFiles | DeepLearnAlgos |
(*.....*)
FUNCTION sigmoide(x:DOUBLE):DOUBLE;
BEGIN
  sigmoide:=1.0/(1.0+exp(-x));
END;
(*.....*)
FUNCTION softPlus(x:DOUBLE):DOUBLE;
BEGIN
  softPlus:=ln(1.0+exp(x));
END;
(*.....*)
PROCEDURE propager_en_avant_pour_calculer_neurones(numDonnee:INTEGER);
VAR i,j : INTEGER;
    nbNl,nbNp : INTEGER;
    numCouche : INTEGER;
    sProduits : DOUBLE;
    ptnc,ptnp : pointCouche;
    ptnd : pointDonnee;
BEGIN
  ptnd:=Ddeb[numDonnee];
  FOR numCouche:=1 TO nbCouches DO
    BEGIN
      ptnc:=Cdeb[numCouche];
      nbNl:=nbNeuronesParCouche[numCouche];
      nbNp:=nbNeuronesParCouche[numCouche-1];
      IF numCouche>1 THEN ptnp:=Cdeb[numCouche-1];
      FOR i:=1 TO nbNl DO
        BEGIN
          sProduits:=0.0;
          IF numCouche=1
            THEN FOR j:=1 TO nbNp DO
              sProduits:=sProduits+ptnc^.Bneurone[i,j]*ptnd^.Bneurone[j]
            ELSE FOR j:=1 TO nbNp DO
              sProduits:=sProduits+ptnc^.Bneurone[i,j]*ptnp^.Bneurone[j];
          IF probabilite
            THEN ptnc^.Vneurone[i]:=sigmoide(sProduits+ptnc^.Bneurone[i])
            ELSE ptnc^.Vneurone[i]:=softPlus(sProduits+ptnc^.Bneurone[i])
          END;
        END;
      END;
    END;
  END;
(*.....*)
```

```
deepLearnAlgos.pas
DeepLearning | DeepLearnFiles | DeepLearnAlgos |
PROCEDURE apprendre_au_reseau_de_neurones_batch;
VAR ptnc : pointCouche;
    ptnd : pointDonnee;
    arretIter : BOOLEAN;
    arretData : BOOLEAN;
    nbNl,i,j : INTEGER;
    numDonnee : INTEGER;
    precision : DOUBLE;
    prec_prec : DOUBLE;
    norme_dif : DOUBLE;
    diff_prec : DOUBLE;
    difference : DOUBLE;
    nbIter : LONGINT;
BEGIN
  precision:=1.0E9;
  difference:=1.0E9;
  prec_prec:=precision;
  diff_prec:=difference;
  ptnc:=Cdeb[numCouches];
  nbNl:=nbNeuronesParCouche[numCouches];
  nbIter:=0;
  arretIter:=FALSE;
  WRITELN('precision: ');
  REPEAT
    calculer_plus_grande_difference(numDonnee,difference);
  IF (nbIter MOD 100 = 0) THEN
    afficher_precision(nbIter,difference,diff_prec);
  nbIter:=nbIter+1;
  arretData:=FALSE;
  IF difference<=precisionSouhaitee
    THEN arretIter:=TRUE
    ELSE REPEAT
      propager_en_avant_pour_calculer_neurones(numDonnee);
      propager_gradients_en_arriere_pour_calculer_poids(numDonnee);
      norme_dif:=0.0;
      FOR i:=1 TO nbNl DO
        norme_dif:=norme_dif+ptnc^.Dneurone[i]*ptnc^.Dneurone[i];
      norme_dif:=SQRT(norme_dif);
      precision:=norme_dif;
      IF (precision >= prec_prec) OR (norme_dif<=precisionSouhaitee)
        THEN arretData:=TRUE
        ELSE prec_prec:=precision;
      UNTIL arretData;
    UNTIL arretIter;
```



NB Jouer	Ensoleillemei ▼			
Jouer ▼	couvert	pluie	soleil	Total
non	0	2	3	5
oui	4	3	2	9
Total	4	5	5	14

	t de Tschuprow
Ensoleillement	0.3559
Vent	0.2582

Y / X	$x_1$	$x_l$	$x_L$	$\Sigma$
$y_1$		$\vdots$		$n_{.l}$
$y_k$	$\dots$	$n_{kl}$	$\dots$	
$y_K$		$\vdots$		
$\Sigma$		$n_{k.}$		$n$

$$\chi^2 = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \frac{\left( n_{kl} - \frac{n_{k.} \times n_{.l}}{n} \right)^2}{\frac{n_{k.} \times n_{.l}}{n}}$$

$$t = \frac{\chi^2}{n \sqrt{(K-1) \times (L-1)}}$$

[0 ; 1]

