Corrigé et barème – De la machine de Turing à l'intelligence artificielle

Histoire de l'informatique (Turing, von Neumann), algorithme et programme, apprentissage machine, classification (k plus proches voisins), réseaux de neurones, biais et enjeux (programme d'enseignement scientifique de Terminale)

Durée : 120 min – Sans document – Sur 20 points · Enseignement scientifique Terminale

Exercice 1 – Repères : de Turing à l'intelligence artificielle *(4 pts)*

a) Machine qui lit sur son ruban la description d'une autre machine (et ses données) et la simule : une seule machine exécute n'importe quel programme fourni comme donnée, ce qui est le principe de l'ordinateur programmable. (1)

b) La conférence de Dartmouth (McCarthy, Minsky, Shannon…) : ses organisateurs pensaient que l'apprentissage et les autres aspects de l'intelligence pouvaient être décrits assez précisément pour qu'une machine les simule. (1)

c) Un interrogateur dialogue par écrit avec un humain et une machine ; s'il ne les distingue pas de façon répétée, la machine réussit. Elle a démontré sa capacité à imiter une conversation, pas qu'elle comprend ni qu'elle pense. (1)

d) En 1936, Turing publie un modèle théorique (ruban infini), jamais construit. Les calculateurs électroniques apparaissent dans les années 1940 (ENIAC, 1946) et le premier programme enregistré est exécuté en 1948. (1)

Erreur fréquente — Ne pas confondre le modèle théorique de 1936 avec les machines réelles construites à partir des années 1940.

Exercice 2 – Machine de Turing : ajouter 1 en binaire *(4 pts)*

a) En q0, la tête parcourt 1, 0, 1, 1 sans rien modifier, lit □ et repart à gauche en q1. En q1 : dernier 1 $\to$ 0, avant-dernier 1 $\to$ 0, puis 0 $\to$ 1 et arrêt. Ruban final : 1100. (1)

b) 4 transitions pour parcourir les chiffres + 1 sur le blanc + 3 en q1 (deux 1 changés en 0, puis le 0 changé en 1) = 8 transitions. (1)

c) q0 parcourt les trois 1 et le blanc (4 transitions) ; q1 change les trois 1 en 0 (3 transitions), puis lit le blanc à gauche et écrit 1 (1 transition). Ruban final : 1000. (1)

d) 1011 en binaire vaut $8 + 2 + 1 = 11$ et 1100 vaut $8 + 4 = 12$; 111 vaut 7 et 1000 vaut 8 : la machine calcule n + 1. L'état q1 gère la retenue : il remplace les 1 de droite par des 0, puis le premier 0 (ou blanc) rencontré par 1. (1)

Astuce — Pour comprendre ce que fait une machine de Turing, convertir l'entrée et la sortie en nombres décimaux et comparer.

Exercice 3 – Classer un point par les k plus proches voisins *(4 pts)*

a) ZR1 $= \sqrt{(5^2 + 1^2)} = \sqrt{26} \approx 5{,}10$; ZR2 $= \sqrt{(2^2 + 5^2)} = \sqrt{29} \approx 5{,}39$; ZR3 $= \sqrt{(4^2 + 4^2)} = \sqrt{32} \approx 5{,}66$; ZR4 $= \sqrt{(5^2 + 3^2)} = \sqrt{34} \approx 5{,}83$; ZR5 $= \sqrt{(6^2 + 1^2)} = \sqrt{37} \approx 6{,}08$. (1)

b) Ordre : R1 (A), R2 (B), R3 (B), R4 (A), R5 (B). k = 1 : R1, donc classe A. k = 3 : 1 A contre 2 B, donc classe B. (1)

c) k = 5 : 2 A (R1, R4) contre 3 B (R2, R3, R5), donc classe B. (1)

d) Avec k égal au nombre total d'exemples, on attribue toujours la classe majoritaire de l'ensemble, quelle que soit la position du point : l'information de proximité est perdue. Le meilleur k se choisit d'après l'erreur sur des données de test. (1)

Le point clé — La qualité d'un modèle des k plus proches voisins dépend du choix de k, qui se fait sur des données de test et non « le plus grand possible ».

Exercice 4 – Un neurone artificiel *(4 pts)*

a) $(0\ ;\ 0) : s = -0{,}5 \to 0$; $(1\ ;\ 0) : s = 1 \to 1$; $(0\ ;\ 1) : s = -1{,}5 \to 0$; $(1\ ;\ 1) : s = 1{,}5 - 1 - 0{,}5 = 0 \geq 0 \to 1$. (1)

b) La sortie est toujours égale à x_1 : l'entrée x_2 n'a aucun effet (le cas limite $s = 0$ pour $(1\ ;\ 1)$ donne bien 1). (1)

c) $(0\ ;\ 0) : -1{,}2 \to 0$; $(1\ ;\ 0) : 0{,}3 \to 1$; $(0\ ;\ 1) : -2{,}2 \to 0$; $(1\ ;\ 1) : -0{,}7 \to 0$. Sortie 1 seulement pour $(1\ ;\ 0)$: fonction « x_1 ET NON x_2 ». (1)

d) Pour OU, il faudrait $(0\ ;\ 0) \to 0$, soit $b < 0$, et $(0\ ;\ 1) \to 1$, soit $-1 + b \geq 0$, soit $b \geq 1$. Ces deux conditions sont incompatibles : aucun b ne convient. (1)

Attention — Le cas $s = 0$ donne la sortie 1 : bien lire la condition « $s \geq 0$ » avant de conclure.

Exercice 5 – Évaluer un modèle de dépistage *(4 pts)*

a) Les seules erreurs sont les 15 malades déclarés sains : $15 \div 600 = 0{,}025$, soit 2,5 %. (1)

b) Taux de réussite : $585 \div 600 = 97{,}5$ %. Ce chiffre ne suffit pas : le modèle n'a rien appris et ne sert à rien, puisqu'il ne repère aucun malade. (1)

c) $0 \div 15 = 0$ % des malades détectés. Il faut surveiller la proportion de malades effectivement détectés, c'est-à-dire limiter les faux négatifs. (1)

d) Si les malades ne représentent qu'environ 2,5 % des exemples, répondre toujours « sain » rend l'erreur globale très faible : le modèle y est poussé. Correction : ajouter des exemples de malades ou pénaliser davantage les malades non détectés, et évaluer classe par classe. (1)

À retenir — Quand une classe est rare, un taux de réussite global élevé peut cacher un modèle inutile : on évalue toujours classe par classe.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).