

Intelligence Artificielle et Traitement de l'Incertain

Contrôle Terminal du Mercredi 13 Octobre 2021.

Le barème est donné à titre indicatif. La compréhension du sujet faisant partie de l'épreuve, **on ne répondra à aucune question**. Si vous rencontrez des ambiguïtés, vous expliquerez **sur votre copie** comment vous les interprétez.

Durée 2h.

Documents autorisés.

 Les trois exercices sont indépendants.

I - Réseaux bayésiens (13 points)

Énoncé : Trois lignes de bus (27,44,115) desservent l'Université Paul Sabatier. La fréquence sur la ligne 27 est plus élevée que celle de la ligne 44, elle-même plus élevée que celle de la ligne 115 : il y a en moyenne 5 bus sur la ligne 27 pour 3 sur la ligne 44 et 2 sur la ligne 115.

Sur la ligne 27, en journée, 9 bus sur 10 sont simples et la nuit tous les bus sont simples. La ligne 44 n'a que des bus doubles en journée et la nuit seulement 1 bus sur 10 est simple. Sur la ligne 115, 8 bus sur 10 sont des bus doubles, de nuit et de jour.

70% des bus doubles ont des écrans d'information alors que seuls 20% des bus simples en ont.

Les bus de la ligne 27 qui circulent dans l'université affichent la direction : Rangueil sauf pour 1 bus sur 10 de cette même ligne qui affiche la direction : Toulouse-centre.

De même les bus des lignes 44 et 115 qui circulent à l'Université affichent la direction : Toulouse-centre sauf pour 1 bus sur 10 de chacune de ces lignes qui affiche la direction : Rangueil.

La plupart (75%) des bus en direction de Toulouse-centre diffusent des messages sonores. En direction de Rangueil aucun bus ne diffusent de message sonore.

Le régime journée (resp. nuit) commence à 6h (resp. 18h) et se termine à 18h (resp. 24h)

On s'intéresse à un bus en train de circuler sur l'université.

Variables : On propose d'utiliser les 6 variables suivantes :

VARIABLE	valeurs	signification
D	r, t	direction (Rangueil ou Toulouse-centre)
E	e, ne	écran d'information (écran, non écran)
L	s, d	longueur du bus (simple ou double)
M	m, nm	message sonore (message, non message)
N	$l27, l44, l115$	numéro de la ligne du bus
R	j, n	régime (journée ou nuit)

- 1) Construire un réseau causal probabiliste (noté RB dans la suite) en utilisant les variables ci-dessus et les probabilités définies dans l'énoncé. *Vous dessinerez le réseau et donnerez le contenu initial de toutes les tables.*

- 2) Proposez un arbre de groupes de jonction avec des groupes de taille maximum 3. Expliquez comment il est initialisé : vous donnerez les formules permettant de calculer le contenu des tables à l'initialisation sans effectuer les calculs. (Cet arbre sera utilisé dans les questions suivantes.)
- 3) Donnez les formules permettant d'obtenir des tables qui contiennent les probabilités conjointes pour tous les groupes de l'arbre de groupes. *Détaillez les raisonnements pour les obtenir, en justifiant les indépendances entre variables, lorsque c'est nécessaire, n'effectuez aucun calcul.*
- 4) Un bus de la ligne 44 circule dans l'université. Est-il simple ou double ? *Détaillez votre raisonnement et donnez le résultat final avec 2 décimales.*
- 5) Il est 20h30. Un bus simple circule dans l'université. Quelle est la probabilité que sa direction soit Rangueil ? *Pour cette question vous détaillerez votre méthode (les évidences à intégrer, les envois de messages à faire) et vous donnerez le résultat final avec 2 décimales, vous pouvez éviter les calculs des cases inutiles des tables.*

II - Raisonnement en logique possibiliste (7 points)

A) Raisonnement avec les axiomes possibilistes

On dispose des connaissances possibilistes suivantes :

- K1. $N(p \rightarrow m) \geq 0.6$
- K2. $\Pi(o \rightarrow p) \geq 0.8$
- K3. $N(o \rightarrow d) \geq 0.4$
- K4. $N(d \rightarrow \neg m) \geq 0.9$
- K5. $N(o) = 1$

Signifiant respectivement qu'il est 0.6-certain que manger un oeuf pourri rend malade, il est 0.8-possible que lorsqu'on a un oeuf alors il est pourri, il est 0.4-certain que lorsqu'on a un oeuf alors il est dur, il est 0.9-certain que manger un oeuf dur ne rend pas malade. On dispose d'un oeuf.

- 1) *En justifiant chaque étape du raisonnement par les noms des axiomes sur les mesures de nécessité ou possibilité utilisés, donnez une information sur le degré de certitude associé à la vérité de chaque proposition suivante ou de sa négation.*
 - (a) p (oeuf pourri)
 - (b) d (oeuf dur)
- 2) Donnez deux informations sur le degré de nécessité de non malade en utilisant deux raisonnements différents. Que peut-on en conclure ?

B) Résolution possibiliste

Les connaissances disponibles concernent la réalisation d'un projet. On les accompagne de leur degré de certitude.

- F1. On est certain à un degré au moins 0.6 que si l'ingénieur 2 est malade alors le projet ne sera pas réalisé.
- F2. On est un peu certain (à un degré au moins 0.5) que si l'ingénieur 1 n'est pas malade et que le matériel est disponible alors le projet sera réalisé.
- F3. On est certain à un degré au moins 0.6 que si le matériel n'est pas disponible alors le projet ne sera pas réalisé.
- F4. On est faiblement certain (à un degré 0.4) que si le précédent projet est en retard alors le matériel ne sera pas disponible.
- F5. On est quasiment sûr (à un degré au moins 0.8) que l'ingénieur 1 n'est pas malade
- F6. On a quelques certitude (à un degré au moins 0.2) que l'ingénieur 2 est malade.
- F7. On pense (avec une certitude d'au moins 0.3) que le projet précédent est en retard.

On utilisera les variables suivantes :

VARIABLE	signification
MD	Matériel disponible
MI1	Malade Ingénieur 1
MI2	Malade Ingénieur 2
PR	Projet réalisé
RPP	Retard projet précédent

- 1) En utilisant les variables ci-dessus, écrire les connaissances sous la forme d'une base de clauses possibilistes BP (numérotez les clauses), on rappelle qu'une clause possibiliste se note (C, α) et signifie qu'on est certain de C à un degré supérieur ou égal à α c'est-à-dire $N(C) \geq \alpha$ où N est une mesure de nécessité.
- 2) BP est-elle consistante ? sinon quel est son degré d'inconsistance.
- 3) Que peut-on conclure sur $N(PR)$ et $N(\neg PR)$? Vous détaillerez les résolutions effectuées.