

REVENDEICATIONS

1. Dispositif (100) de gestion de trafic aérien, dans un espace aérien comprenant un aéronef de référence et au moins un autre aéronef, le dispositif (100) utilisant une représentation tridimensionnelle de l'espace aérien à un instant où un conflit aérien est détecté entre l'aéronef de référence et ledit au moins un autre aéronef, le dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend :
 - une unité d'encodage de l'espace aérien (101) configurée pour déterminer une représentation de l'espace aérien en dimension réduite en appliquant un auto-encodeur récurrent à ladite représentation tridimensionnelle de l'espace aérien audit instant de détection de conflit aérien;
 - une unité d'aide à la décision (103) configurée pour déterminer une action de résolution de conflit à mettre en œuvre par ledit aéronef de référence, ladite unité d'aide à la décision (103) mettant en œuvre un algorithme d'apprentissage par renforcement profond pour déterminer ladite action à partir de ladite représentation de l'espace aérien en dimension réduite, d'informations relatives audit aéronef de référence et/ou audit au moins un autre aéronef, et d'une géométrie correspondant audit conflit aérien,et en ce que ledit algorithme d'apprentissage par renforcement profond est préalablement entraîné à approximer, pour une représentation donnée d'un scénario dans l'espace aérien à l'instant où un conflit est détecté, une fonction de récompense, ladite action correspondant à une stratégie optimale maximisant ladite fonction de récompense lors de la phase d'entraînement.
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit auto-encodeur récurrent est préalablement entraîné en utilisant des données réelles des plans de vol de l'aéronef de référence et de l'au moins un autre aéronef.
3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit auto-encodeur est un auto-encodeur LSTM (Long Short-Term Memory).
4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce ladite fonction de récompense associe une valeur à chaque triplé comprenant une situation aérienne à un premier instant donné, une action prise à un temps donné, et une situation aérienne à un second instant donné, ladite valeur se décomposant en plusieurs pénalités comprenant:
 - une pénalité positive si l'action prise à l'instant donné a résolu ledit conflit, ou
 - une pénalité négative si l'action prise à l'instant donné n'a pas permis de résoudre ledit conflit ou a engendré au moins un autre conflit aérien ;

- une pénalité négative si l'action prise à l'instant donné engendre une nouvelle trajectoire provoquant un détour ;
 - une pénalité positive si l'action prise à l'instant donné engendre une nouvelle trajectoire plus courte ;
 - une pénalité négative si l'action prise à l'instant donné permet de résoudre ledit conflit aérien et la résolution a lieu proche du conflit ;
 - une pénalité négative croissante avec le nombre d'actions prises pour la résolution dudit conflit aérien.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit algorithme d'apprentissage par renforcement profond est préalablement entraîné en utilisant des données opérationnelles et des scénarios correspondant à toutes les manœuvres possibles de l'aéronef de référence, toutes les actions possibles pour résoudre ledit conflit aérien, et toutes les catégories possibles des aéronefs en conflit.
 6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit algorithme d'apprentissage par renforcement profond utilise un réseau de neurones profond mettant en œuvre une technique d'apprentissage par renforcement.
 7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que ledit algorithme d'apprentissage par renforcement profond est choisi parmi les algorithmes de la famille des algorithmes de Q-learning ou de la famille des algorithmes actor-critic.
 8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que au moins deux aéronefs parmi ledit aéronef de référence et ledit au moins un autre aéronef sont de catégories différentes.
 9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite action est choisie dans un groupe comprenant la régulation de la vitesse dudit aéronef de référence, le changement d'altitude dudit aéronef de référence, le changement de direction dudit aéronef de référence avec retour sur la trajectoire initiale, le direct sur un point nommé, l'attente sans faire d'action.
 10. Procédé pour la gestion de trafic aérien, dans un espace aérien comprenant un aéronef de référence et au moins un autre aéronef, à partir d'une représentation tridimensionnelle de l'espace aérien à un instant où un conflit aérien est détecté entre l'aéronef de référence et ledit au moins un autre aéronef, le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :
 - déterminer (203) une représentation de l'espace aérien en dimension réduite en appliquant un auto-encodeur récurrent à ladite représentation tridimensionnelle de l'espace aérien audit instant de détection de conflit aérien;

- déterminer (205) une action de résolution de conflit à mettre en œuvre par ledit aéronef de référence, ladite action étant déterminée à partir de ladite représentation de l'espace aérien en dimension réduite, d'informations relatives audit aéronef de référence et/ou audit au moins un autre aéronef, et d'une géométrie correspondant audit conflit aérien, en mettant en œuvre un algorithme d'apprentissage par renforcement profond pour déterminer ladite action, et en ce que ledit algorithme d'apprentissage par renforcement profond est préalablement entraîné, dans une phase d'entraînement, à approximer pour une représentation donnée d'un scénario dans l'espace aérien à l'instant où un conflit est détecté, une fonction de récompense, ladite action de résolution de conflit déterminée correspondant à une stratégie optimale maximisant ladite fonction de récompense dans ladite phase d'entraînement.