

# Système Multi-Agents et Réalité Virtuelle

---

EXPLORATION COLLABORATIVE SOUS UNITY



Émilie ROGER et Alexia TARTAS

# Table des matières

<b>1. Introduction</b>	<b>3</b>
1.1. Contexte	3
1.2. Sujet	3
<b>2. Installation et utilisation</b>	<b>4</b>
2.1. Installation	4
2.2. Utilisation	4
<b>3. Modélisation</b>	<b>7</b>
3.1. Description de la modélisation	7
3.2. Liens avec les concepts théoriques	9
<b>4. Simulations</b>	<b>11</b>
4.1. Définition des mesures	11
4.2. Hypothèses des simulations	12
4.3. Résultats des simulations	13
4.4. Conclusion	26
<b>5. Structure logicielle</b>	<b>27</b>
<b>6. Gestion de projet</b>	<b>29</b>
6.1. Répartition des tâches	29
6.2. Planning	29
<b>7. Conclusion</b>	<b>30</b>
7.1. Apport pédagogique	30
7.2. Difficultés	30
7.3. Améliorations	30
<b>8. Annexes</b>	<b>32</b>
8.1. Pré-travail	32
8.2. Bibliographie	34
8.3. Annexes d'annexes	34

# 1. Introduction

## 1.1. Contexte

L'objectif de ce projet est de modéliser une situation d'exploration sous Unity. Les agents impliqués dans la situation collaborent pour atteindre leur objectif. En paramétrant le comportement des agents, une telle modélisation permet d'analyser le résultat de la collaboration suivant les paramètres choisis et de mettre en évidence des comportements.

Il s'agit donc de créer un **système multi-agents** en **réalité virtuelle** qui met en place une **exploration collaborative**.

## 1.2. Sujet

Nous avons choisi de modéliser des voitures qui se déplacent dans une ville. Ici les agents sont des voitures autonomes errant dans une "ville". Ces voitures sont colorées pour différencier plusieurs types de comportements. Dans cette ville on distingue deux grands types de voiture :

- les voitures étrangères ("extérieures") qui ne connaissent pas la ville et qui ont pour objectif de rejoindre la sortie de la ville correspondant à leur couleur
- les voitures locales ("intérieures") qui se baladent dans la ville, elles n'ont pas d'objectif. Elles connaissent en partie la ville et sont là pour guider les voitures étrangères (ou au contraire les perdre).

Afin que les voitures extérieures puissent atteindre la sortie correspondant à leur couleur, elles vont devoir demander leur chemin aux voitures intérieures grâce à des échanges d'informations. Elles peuvent également demander leur chemin aux voitures de même couleur car elles ont le même objectif qu'elles.

La simulation permet de voir l'influence du comportement des voitures, extérieures et intérieures, sur la facilité d'un groupe de voitures extérieures de même couleur à sortir de la ville.

## 2. Installation et utilisation

### 2.1. Installation

Vous devez lancer “main.unity” qui se trouve dans le dossier “CarAmelia 2/Assets/\_Scenes”. Une fois le projet ouvert, vous n'avez qu'à lancer la simulation et suivre les instructions qui vous seront affichées.

### 2.2. Utilisation

Une première interface permet de paramétrer et lancer la simulation. Pour cela il faudra remplir plusieurs champs, comme on peut le voir sur l'image ci-dessous :

**Bienvenue à Amélia City !**

Des voitures étrangères débarquent à Amélia City. Complètement perdues, elles essayent de trouver la sortie qui correspond à leur couleur favorite. Pour cela elles vont devoir demander conseil aux voitures locales et s'entraider.

Afin de paramétrer le comportement des voitures dans la simulation, veuillez compléter les champs suivants :

**VOITURES LOCALES**

Les voitures locales ont 2 paramètres qui caractérisent leur comportement :

- la sincérité pour savoir si elles vont donner aux voitures étrangères des informations justes ou non
- le nombre de sorties connues parmi les 3 sorties de la ville (pour les voitures bleues, orange ou blanches)

Attention : nombre de voitures sincères + nombre de voitures non-sincères < 114

Nombre de voitures sincères :

Nombres de voitures sincères connaissant : 0 sortie  1 sortie  2 sorties  3 sorties

Nombre de voitures non-sincères :

Nombres de voitures non-sincères connaissant : 0 sortie  1 sortie  2 sorties  3 sorties

**VOITURES ÉTRANGÈRES**

Les voitures étrangères ont 2 paramètres qui caractérisent leur comportement :

- la confiance pour savoir si elles redemanderont souvent leur chemin une fois l'information reçue
- la générosité pour savoir si elles vont facilement partager les informations qu'elles ont reçues

Attention, pour une couleur de voiture : somme des valeurs de la ligne "Confiance" = somme des valeurs de la ligne "Générosité"

Nombre de voitures bleues :

Nombres de voitures bleues ayant une confiance de : 1  2  3  4  5

Nombres de voitures bleues ayant une générosité de : 1  2  3  4  5

Nombre de voitures orange :

Nombres de voitures orange ayant une confiance de : 1  2  3  4  5

Il suffira de suivre les indications renseignées sur l'interface et de cliquer sur le bouton “Commencer !”. Si vous remplissez mal les champs, vous ne pourrez pas lancer la simulation : le bouton “Commencer !” sera inactivé. Ainsi, faites bien attention à ce que le nombre total de voitures locales ne dépassent pas 114 (= le nombre maximal de positions possibles pour les voitures locales), et à ce que, pour une couleur de voitures étrangères donnée, la somme des nombres renseignés pour le paramètre “Confiance” soit égale à la somme des nombres renseignés pour le paramètre “Générosité”.

NB : Des valeurs par défaut sont pré-remplies dans les différents champs afin de lancer plus rapidement la simulation.

Une fois la simulation lancée, vous en aurez une vue globale. Cependant, vous pouvez visualiser le jeu en suivant une voiture en particulier (intérieure ou extérieure) en faisant un clic gauche dessus. Afin de ne pas surcharger le jeu, aucune information concernant les

paramètres des voitures n'apparaît à l'écran. Toutefois, en faisant clic droit sur une voiture (intérieure ou extérieure), une boîte de dialogue s'ouvre dans laquelle est indiquée la valeur des paramètres de la voiture.

Ces consignes vous seront rappelées si vous cliquez sur le bouton "Consigne" qui se trouve en haut de l'écran. Vous y trouverez également un bouton "Pause" pour arrêter temporairement la simulation, qui devient un bouton "Reprendre" si vous cliquez dessus. Il y a également un bouton "Stop" pour mettre un terme à la simulation et arriver sur l'interface de fin qui affiche les résultats de la simulation. Un bouton "Redémarrer" est présent en haut à droite de l'écran pour lancer une nouvelle simulation, et revenir directement à l'interface de début, sans passer par l'interface de fin. Un chronomètre est également présent pour vous indiquer combien de temps s'est écoulé depuis l'arrivée de la première voiture extérieure. Vous pouvez accélérer ou décélérer le temps de la simulation (si vous trouvez que les voitures roulent comme des escargots ou comme des fusées) en cliquant sur les boutons "Accélérer" et "Ralentir" présents en bas de l'écran.

Lors de la simulation, nous affichons à l'écran les échanges d'informations entre les voitures que ça soit entre deux voitures extérieures de même couleur ou entre une voiture intérieure et une voiture extérieure. Cet échange d'informations est modélisé par une flèche jaune avec un symbole vert "check" si l'échange a été fructueux (= échange réussi, la voiture a bien reçu une information juste ou non) ou un symbole rouge "croix" si l'échange a été infructueux (= échange raté, la voiture n'a pas pu recevoir d'informations). Nous affichons également les sorties vers lesquelles se dirigent les voitures extérieures à partir du moment où on leur a transmis une information, qu'elle soit bonne ou mauvaise.

À la fin de la simulation, nous affichons les informations concernant le jeu. En effet, nous faisons un rappel concernant les données d'entrées pour chaque groupe et les résultats de la simulation :

- Concernant les voitures intérieures, le nombre total de voitures et le nombre moyen de sorties connues pour l'ensemble des voitures
- Concernant les voitures extérieures, pour chaque couleur, le nombre de voitures ayant réussi à sortir de la ville sur le nombre total des voitures du groupe, la confiance et la générosité moyennes du groupe, des informations sur le temps (le temps de la voiture la plus rapide et celui de la plus lente, ainsi que le temps moyen de sortie pour l'ensemble des voitures) et sur les échanges (nombre d'échanges réussis avec les voitures intérieures et extérieures sur le nombre total d'échanges).



Vous pouvez refaire une simulation en cliquant sur “Recommencer”.

## 3. Modélisation

### 3.1. Description de la modélisation

Dans cette ville, nous avons une entrée, d'où proviennent toutes les voitures extérieures, et trois sorties de trois couleurs différentes correspondant aux couleurs des voitures extérieures.



Les voitures échangent de l'information : les voitures extérieures reçoivent de l'information de la part des voitures intérieures à propos de leur objectif, à savoir la position de la sortie correspondant à leur couleur. Comme il s'agit d'exploration collaborative, les voitures extérieures de même couleur peuvent également s'entraider en partageant la position de leur objectif au moment où elles se croisent. L'information reçue à propos de la position de leur sortie n'est pas forcément correcte. La justesse de l'échange d'informations dépend de certains paramètres définissant le comportement des voitures. Voici les paramètres permettant de spécifier le comportement d'une voiture :

- ❖ pour les voitures extérieures :
  - Le paramètre "Générosité" : ce paramètre est un indice, variant de 1 à 5, de volonté de partager de l'information. Si la voiture est très généreuse (indice de 5), dès qu'elle croise une voiture de la même couleur qu'elle qui lui demande de l'aide, elle lui partagera la position de la sortie vers laquelle elle se dirige actuellement. Plus l'indice baisse, plus la probabilité que la voiture collabore avec ses partenaires diminue. Si l'indice est de 1, la voiture ne partagera jamais la position vers laquelle elle se dirige.
  - Le paramètre "Confiance" : ce paramètre est un indice, variant de 1 à 5, de foi dans l'information. Si la voiture est confiante (indice de 5), une fois qu'elle

reçoit une information de la part d'une voiture, elle n'ira pas re-vérifier cette information auprès d'autres voitures, alors que si elle n'est pas confiante du tout (indice de 1), elle re-demandera la position de sa sortie et actualisera la position de son objectif à chaque voiture qu'elle croise.






Les voitures extérieures roulent aléatoirement dans la ville tant qu'elles n'ont pas croisé de voitures pouvant leur indiquer une position de sortie (juste ou fausse). Lorsqu'une voiture extérieure atteint une position de sortie, si cette position s'avère juste, la voiture "gagne" et sort de la simulation, alors que si elle s'avère fausse, la voiture repart en mode aléatoire..

❖ pour les voitures intérieures

- Le paramètre "Sincérité" : ce paramètre permet d'indiquer si l'information donnée par la voiture aux voitures extérieures sera juste ou non. Une voiture sincère, si elle connaît la sortie qu'on lui demande, donnera la position correcte de la sortie recherchée par la voiture extérieure (échange réussi), ou ne dira rien sinon (échange raté). En revanche, une voiture non-sincère, donnera une information incorrecte si elle peut, c'est-à-dire si elle connaît une ou plusieurs sorties ne correspondant pas à celle recherchée par la voiture extérieure (échange réussi), ou ne dira rien sinon (échange raté).
- Le paramètre "Nombre de sorties connues" : ce paramètre permet de savoir à quel point les voitures connaissent bien la ville. Elles peuvent ainsi connaître entre 0 et 3 sorties.

Les voitures intérieures choisissent une position aléatoire sur la carte et suivent la trajectoire pour atteindre ce point. Dès qu'elles atteignent la position qu'elles s'étaient fixée, elles changent automatiquement d'objectif.

En résumé :

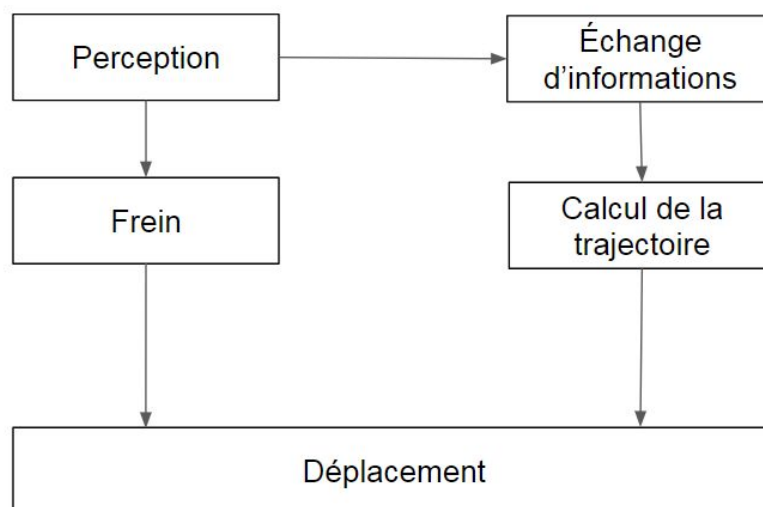
Type	Image	Paramètres	Objectif
<b>Voitures extérieures</b>		Générosité Confiance	Sortie bleue
			Sortie orange
			Sortie blanche
<b>Voitures intérieures</b>		Sincérité Nombre de sorties connues	—
			—



On peut apparenter cette situation à une situation réelle. Supposons qu'il y ait un accident sur l'autoroute, que les voitures doivent sortir de cette autoroute et qu'elles soient obligées de passer par une ville pour atteindre leur destination. Il serait intéressant d'étudier la rapidité des voitures à trouver leur chemin à travers la ville suivant l'affluence dans cette ville et le caractère de chacune des personnes rencontrées, en supposant que les personnes rencontrées ne soient pas forcément coopérantes. (S'agit-il d'une bonne représentation de la réalité ? À vous d'en juger !)

### 3.2. Liens avec les concepts théoriques

Pour être franches, nous ne nous sommes pas basé sur des modèles avant de modéliser la situation. Ce lien avec les concepts théoriques est venu à la fin du projet. En revanche, nous avons essayé de représenter l'architecture de la modélisation sous forme de couches.



En première couche, la voiture roule si elle ne rencontre rien : c'est l'action de base. Cette couche est impliquée par d'autres couches, notamment la couche "Frein" et la couche "Calcul de trajectoire". Ce sont ces deux couches qui peuvent influencer le déplacement de la voiture. Si la voiture croise une autre voiture, la couche "Perception" va, soit obliger la voiture à freiner (si elle arrive trop vite sur une autre voiture, ou s'il y a une priorité à droite), soit échanger de l'information avec la voiture. Cette couche "Perception" a la priorité sur toutes les couches. La couche "Échange d'informations" influence le calcul de trajectoire de la voiture suivant les informations qu'elle reçoit. Dans cette couche sont définis les paramètres de la voiture.

On se rend bien compte que la modélisation suit un modèle réactif. Les entrées de la voiture sont en lien direct avec ses réactions. Chaque voiture a son but. Son comportement dépend simplement de ses paramètres, les réactions des voitures ne dépendent pas d'un raisonnement basé sur ses représentations. Les voitures ne sont pas en mesure de planifier ni d'anticiper. L'environnement est un monde clos, les voitures suivent des chemins prédéfinis. Il existe des relations hiérarchiques entre les différentes couches : les couches

en impliquent d'autres. Ce choix de modèle est intéressant pour favoriser la rapidité des prises de décision des voitures.

## 4. Simulations

### 4.1. Définition des mesures

La modélisation que nous avons faite permet de regarder l'influence des comportements des voitures (intérieures comme extérieures), sur la réussite collective des voitures extérieures. Pour cela, nous avons prévu de mesurer plusieurs paramètres. Pour chaque paramètre évalué, nous avons émis une hypothèse, que l'on essaiera de corroborer ou réfuter après avoir fait différentes simulations.

La modélisation permet de faire varier différents paramètres. Pour chaque groupe de voitures extérieures, un groupe étant un ensemble de voitures ayant la même couleur (bleue, orange ou blanche), on peut définir les paramètres suivants :

- le nombre de voitures dans le groupe
- le nombre de voitures ayant une confiance de 1, 2, 3, 4 ou 5 dans le groupe
- le nombre de voitures ayant une générosité de 1, 2, 3, 4 ou 5 dans le groupe

Par ailleurs, pour les voitures intérieures, on peut faire varier :

- le nombre de voitures étant sincères
- le nombre de voitures étant non-sincères
- le nombre de voitures connaissant 0, 1, 2 ou 3 sorties parmi les voitures sincères
- le nombre de voitures connaissant 0, 1, 2 ou 3 sorties parmi les voitures non-sincères

Pour finir, au niveau des mesures, nous pouvons choisir d'évaluer :

- la réussite collective, grâce au temps de sortie moyen des voitures du groupe et à l'intervalle de temps nécessaire pour que toutes les voitures d'une couleur donnée trouvent leur sortie.
- le ratio du nombre d'échanges réussis par rapport au nombre total d'échanges effectués entre les voitures intérieures - extérieures et les voitures extérieures - extérieures.

Voici donc les observations que nous voulions faire au niveau d'un groupe pour tester notre modélisation :

1. l'influence de la taille d'un groupe de voitures extérieures sur la réussite collective
2. l'influence de la confiance moyenne du groupe sur la réussite collective
3. l'influence de la générosité moyenne du groupe sur la réussite collective
4. l'influence du nombre de voitures intérieures sur la réussite collective
5. l'influence de la proportion de voitures intérieures sincères par rapport aux voitures intérieures non-sincères sur la réussite collective
6. l'influence du nombre de sorties connues des voitures sincères sur la réussite collective

## 7. l'influence du nombre de sorties connues des voitures non-sincères sur la réussite collective

Au niveau du protocole, il a été très simple. Pour chaque observation, nous avons lancé la même simulation plusieurs fois (environ 12 fois) en ne faisant varier que les paramètres qui nous intéressaient. La réussite collective d'un groupe pouvait être évaluée en ne mettant qu'un seul groupe de voitures dans la simulation. Ainsi, nous avons décidé de ne mettre que des voitures extérieures de même couleur (les voitures orange), en plus des voitures intérieures.

Pour que les paramètres soient cohérents d'une observation à une autre, nous avons une simulation type. Pour chaque simulation, nous prenons les mêmes paramètres, à savoir :

- 4 voitures sincères vertes dont 1 connaissant 0 sortie, 1 connaissant 1 sortie, 1 connaissant 2 sorties et 1 connaissant 3 sorties
- 4 voitures non-sincères rouges dont 1 connaissant 0 sortie, 1 connaissant 1 sortie, 1 connaissant 2 sorties et 1 connaissant 3 sorties
- 5 voitures orange, chacune ayant une confiance et une générosité de 3

Et c'est à partir de cette simulation type que nous avons basé toutes nos observations. Pour avoir des observations avec des résultats plus marqués, nous donnions généralement au paramètre étudié les valeurs extrema. Par exemple, pour évaluer l'influence de la générosité, nous ne modifions que la générosité des 5 voitures orange de notre simulation type en leur donnant à toutes un indice de 5 ou de 1.

Nous avons volontairement pris le parti de n'utiliser que des valeurs extrema car cela nous paraissait être un bon compromis. En effet, cela nous permettait de mettre en avant des tendances tout en limitant le nombre de simulations.

## 4.2. Hypothèses des simulations

Nous allons énoncer ci-dessous les hypothèses que nous avons faites pour chacune de nos observations en rappelant ces dernières.

1. L'influence de la taille d'un groupe de voitures extérieures sur la réussite collective  
 $\mathcal{H}$  Le groupe réussira mieux en étant de grande taille
2. L'influence de la confiance moyenne du groupe sur la réussite collective  
 $\mathcal{H}$  Le groupe réussira mieux si sa confiance moyenne est élevée
3. L'influence de la générosité moyenne du groupe sur la réussite collective  
 $\mathcal{H}$  Le groupe réussira mieux si sa générosité moyenne est élevée
4. L'influence du nombre de voitures intérieures sur la réussite collective  
 $\mathcal{H}$  La réussite du groupe ne dépend pas du nombre de voitures intérieures
5. L'influence de la proportion de voitures intérieures sincères par rapport aux voitures intérieures non-sincères sur la réussite collective  
 $\mathcal{H}$  Le groupe réussira mieux s'il y a plus de voitures sincères que non-sincères
6. L'influence du nombre de sorties connues des voitures sincères sur la réussite collective  
 $\mathcal{H}$  Le groupe réussira mieux si les voitures sincères connaissent beaucoup de sorties

7. L'influence du nombre de sorties connues des voitures non-sincères sur la réussite collective

$\mathcal{H}$  Le groupe réussira mieux si les voitures non-sincères connaissent peu de sorties

### 4.3. Résultats des simulations

Nous allons illustrer ci-dessous les résultats que nous avons obtenus pour chacune de nos observations en rappelant ces dernières. Comme précisé précédemment, la réussite est évaluée grâce à la moyenne des temps de sortie des voitures extérieures d'un même groupe mais également grâce à l'intervalle de temps moyen durant lequel toutes les voitures du groupe arrivent à sortir. Pour chacune de nos 7 observations, nous avons lancé 12 simulations : 6 en réglant le paramètre observé à la valeur maximale et 6 en réglant le paramètre observé à la valeur minimale.

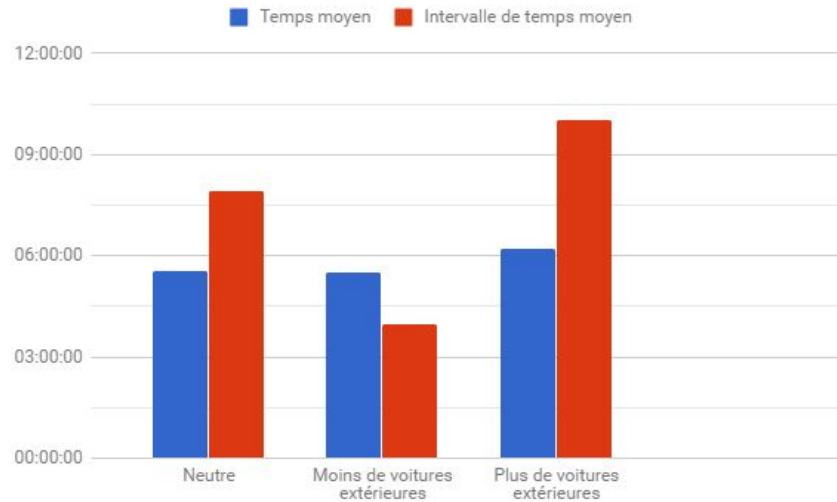
Quelques précisions en ce qui concernent les données des graphiques :

- Neutre : le groupe référence (la simulation type décrite précédemment)
- Nombre d'échanges réussis : le nombre d'échanges réussis au sein d'un groupe de voitures. Un échange est dit réussi, si la voiture interrogée fournit de l'information à la voiture qui en demande. La justesse de l'information n'a pas d'influence sur la réussite de l'échange
- Nombre d'échanges totaux : le nombre total d'échanges réalisés par les voitures d'un même groupe. Ici, on tient compte à la fois compte des échanges réussis et des échanges ratés, c'est-à-dire des échanges qui n'aboutissent pas (la voiture sollicitée ne peut pas fournir d'informations à la voiture qui en demande).
- Intervalle de temps moyen = moyenne de (temps de sortie de la dernière voiture du groupe à sortir – temps de sortie de la première voiture du groupe à sortir) = temps moyen pendant lequel il y a toujours des voitures d'un groupe en train de chercher leur sortie.

Sur chacun des graphiques, on retrouvera sur l'axe des ordonnées le paramètre "Temps" et sur l'axe des abscisses, les catégories de voitures étudiées.

Voici les graphiques présentant les résultats de nos différentes simulations en fonction de nos hypothèses :

## 1. L'influence de la taille d'un groupe de voitures extérieures sur la réussite collective

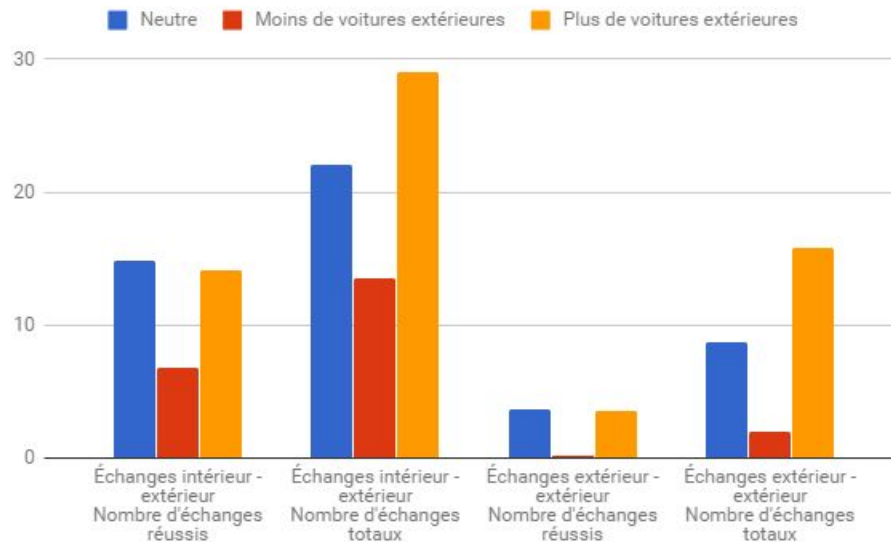


On observe que quel que soit le nombre de voitures extérieures, le temps moyen de sortie reste assez similaire. La taille du groupe n'a donc *a priori* pas d'influence sur la réussite collective. C'est assez surprenant dans la mesure où l'on pourrait s'attendre à ce qu'un nombre important de voitures extérieures implique davantage de collaboration et une meilleure réussite.

On remarque également que plus le groupe est important, moins les voitures de ce groupe sortent ensemble : il y a un grand intervalle de temps entre le temps de sortie de la première et de la dernière voiture. On peut donc supposer que plus il y a de voitures extérieures, plus elles peuvent mettre en œuvre de la collaboration et donc partager des informations fausses. Ainsi, lorsqu'il y a beaucoup de voitures extérieures, elles passent beaucoup de temps à s'échanger des informations incorrectes. C'est pourquoi la dernière voiture a un temps de sortie bien plus "lointain" que celui de la voiture sortie la première.

Cette première analyse nous révèle qu'apparemment les voitures extérieures solitaires auront tendance à mieux s'en sortir que les voitures collaboratives.

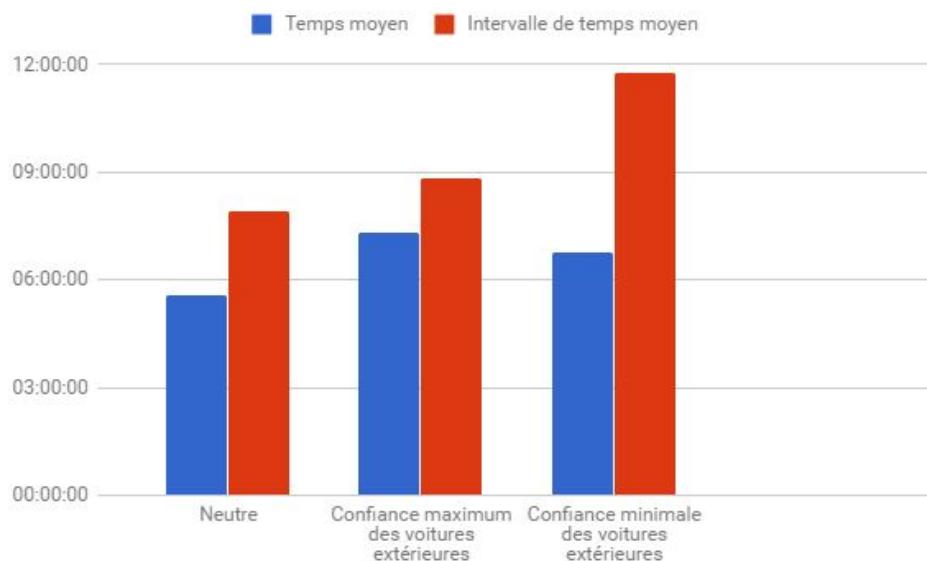
$\mathcal{H}$  Le groupe réussira mieux en étant de grande taille  $\Rightarrow$  **Hypothèse demi-validée**  $\Rightarrow$  En moyenne, le groupe aura un temps moyen de sortie équivalent quel que soit le nombre de voitures en son sein. Cependant, la taille du groupe a une influence sur le temps qu'il va passer dans la ville.



On remarque, de manière générale, que plus il y a de voitures extérieures, plus il y a d'échanges d'informations : cela semble assez logique car plus il y a de voitures, plus il y aura de demandes d'informations. On remarque également qu'il y a plus d'échanges avec les voitures intérieures qu'avec les voitures de la même couleur. Cela s'explique par le fait qu'il n'y a que 5 voitures extérieures alors qu'il y a 8 voitures intérieures.

Le nombre d'échanges réussis par rapport au nombre total d'échanges n'est pas intéressant à étudier car toutes les voitures ont la même générosité et la même confiance.

## 2. L'influence de la confiance sur la réussite collective

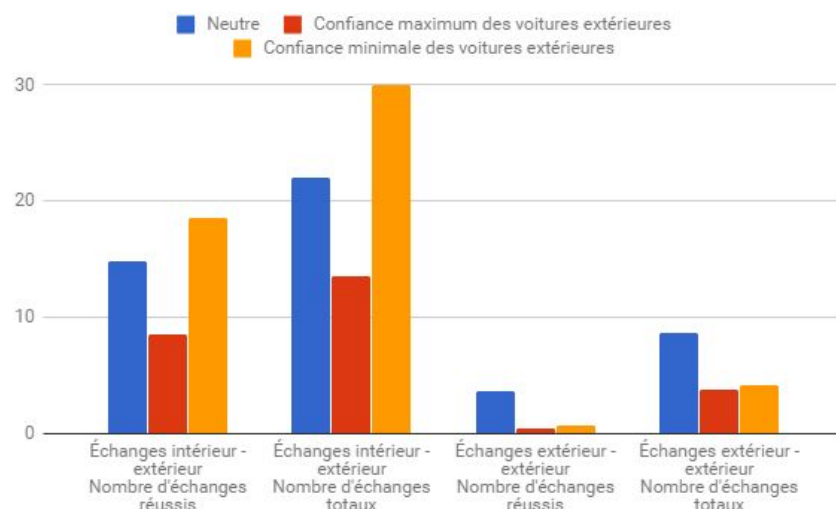


On remarque que les voitures ayant une confiance élevée ou faible réussissent moins bien que celles ayant une confiance intermédiaire. Ces résultats ne semblent pas aberrants. En effet, plus une voiture est confiante moins elle demande son chemin : elle s'obstine à se diriger vers la sortie qu'on lui a indiquée même si l'information est fausse. De même, moins

une voiture est confiante, plus elle demandera son chemin : ses changements de direction seront plus fréquents et plus susceptibles d'aboutir à une information incorrecte en fin de compte. Ainsi, une confiance trop faible ou trop élevée est un facteur d'échec pour le groupe, les voitures étant trop solitaires dans un cas et trop soupçonneuses dans l'autre.

On observe également que l'intervalle de temps de sortie des voitures augmente qu'on accroisse ou diminue la confiance. Ainsi, l'obstination et la méfiance envers l'information reçue ne permettent pas au groupe de mettre en place des stratégies collaboratives pour sortir groupé.

$\mathcal{H}$  Le groupe réussira mieux si la confiance moyenne du groupe est élevée  $\Rightarrow$  **Hypothèse réfutée**  $\Rightarrow$  Le groupe réussira moins bien si la confiance moyenne du groupe est élevée ou faible. Sa réussite sera meilleure avec une confiance moyenne intermédiaire : ni trop confiante ni trop méfiante.

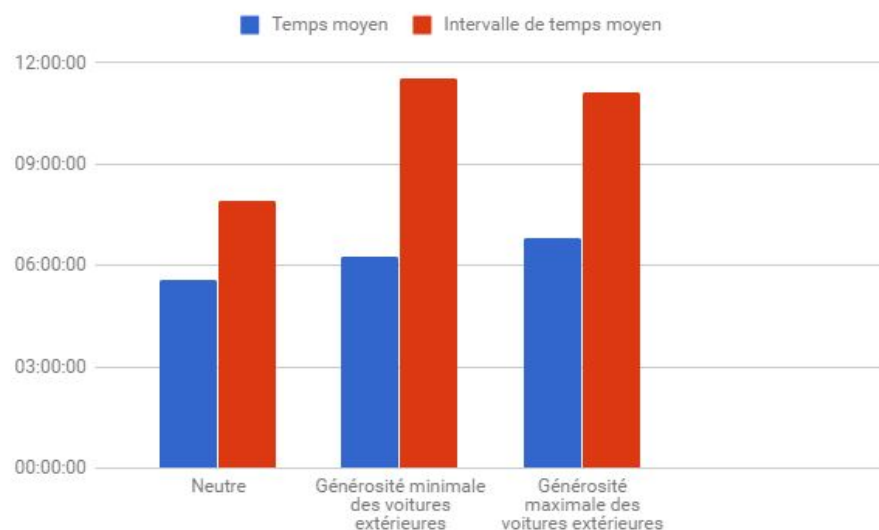


On remarque que plus les voitures sont confiantes, moins elles échangent de l'information pour trouver leur chemin, ce qui semble cohérent avec la nature du paramètre "Confiance". En effet, une voiture très confiante demande beaucoup moins son chemin et a donc beaucoup moins d'interactions, que ce soit avec des voitures intérieures ou des voitures de la même couleur qu'elle. À l'inverse, les voitures peu confiantes vont s'assurer, à de nombreuses reprises, de la validité de l'information qu'elles ont reçue, augmentant leur nombre d'interactions. On peut donc noter une anomalie au niveau du nombre total d'échanges entre voitures extérieures par rapport à la simulation type qui diminue alors que leur confiance est minimale.

On observe également que la proportion d'échanges réussis est globalement semblable que la confiance soit élevée ou faible. En effet, comme on ne fait pas varier le nombre de sorties connues par les voitures intérieures, il n'y a pas de raison que la proportion d'échanges réussis change.



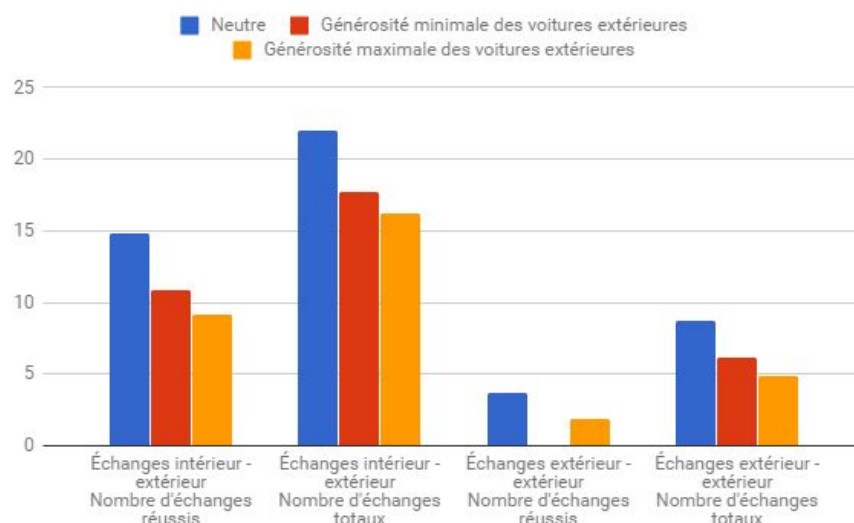
### 3. L'influence de la générosité sur la réussite collective



La générosité influence peu la réussite collective. Cependant on peut quand même observer que le temps moyen de sortie est légèrement plus élevé pour une générosité faible et forte. En comparant les temps moyens entre les voitures généreuses et non-généreuses, on remarque qu'un groupe de voitures qui échange facilement de l'information sort de la ville plus difficilement qu'un groupe qui n'échange pas d'informations. La coopération apporte donc un léger désavantage par rapport à une absence de coopération. Ces résultats sont cohérents avec notre première analyse. On peut donc encore supposer que la majorité des informations échangées sont fausses. Une coopération intermédiaire est donc à privilégier pour améliorer la performance du groupe.

On remarque également que l'intervalle de temps de sortie des voitures augmente lorsqu'on amplifie ou diminue la générosité. Ainsi, ni la mise en place de stratégies collaboratives, ni l'absence de stratégies collaboratives ne sont fructueuses. Dans le premier cas, on peut supposer que la majorité des informations partagées sont incorrectes ce qui ne permet pas au groupe de s'entraider. Et dans le second cas, on peut supposer que l'absence de communication n'est pas favorable à une sortie groupée, les voitures devant se débrouiller par elle-même et ayant des trajectoires indépendantes.

$\mathcal{H}$  Le groupe réussira mieux si la générosité moyenne du groupe est élevée  $\Rightarrow$  **Hypothèse réfutée**  $\Rightarrow$  Le groupe réussira mieux si la générosité moyenne du groupe n'est ni trop forte ni trop faible.

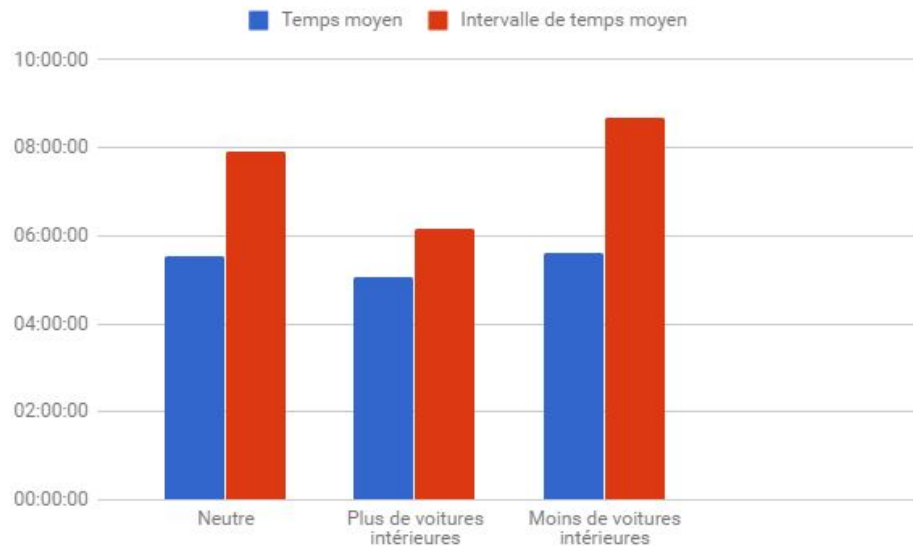


En ce qui concerne les échanges entre voitures de même couleur, on remarque que, quel que soit l'extremum de la générosité de la voiture, il y a moins d'échanges que si la générosité est moyenne. Ces résultats sont assez étonnants. Nous nous attendions à ce que les voitures échangent plus d'informations, si on augmentait la générosité. Ainsi, si les résultats sont cohérents entre le neutre et la générosité minimale (baisse du nombre d'échanges), ils sont vraiment curieux entre le neutre et la générosité maximale. En effet, le nombre d'échanges devrait être bien plus important. L'aspect aléatoire des simulations est ici assez flagrant.

Le nombre d'échanges réussis par rapport au nombre d'échanges ratés avec les voitures du même groupe (échanges extérieure-extérieure) est différent selon le degré de générosité, ce qui est cohérent. En effet, si les voitures sont non-généreuses, elles refuseront dans la majorité des cas de partager de l'information et donc le nombre d'échanges réussis devrait être nul, ce qui bien est visible sur le graphique.

Les résultats sont également assez étranges pour le nombre total d'échanges avec les voitures intérieures. En effet, la générosité moyenne du groupe n'est pas censée influencer les échanges avec ces voitures et les résultats auraient donc dû être identiques (même ordre de grandeur).

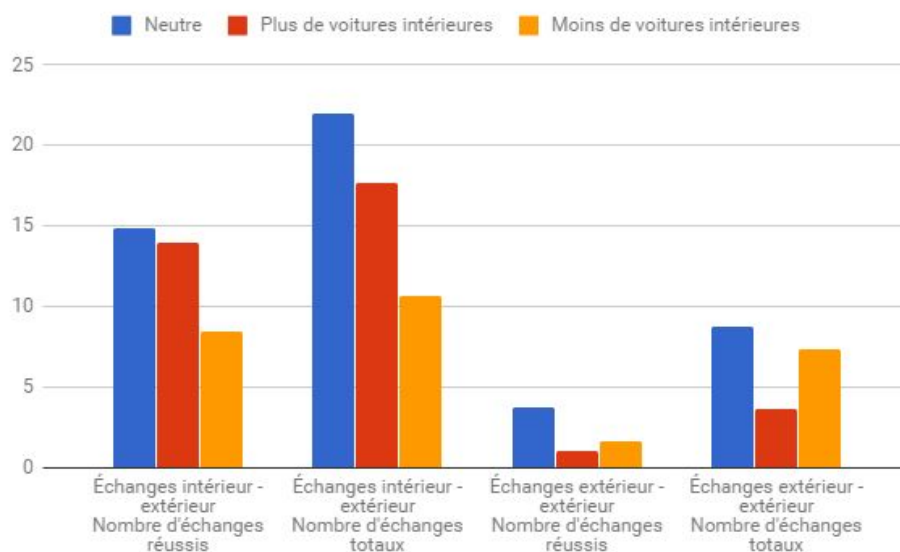
#### 4. L'influence du nombre de voitures intérieures sur la réussite collective



On remarque que le temps moyen est identique peu importe le nombre de voitures intérieures. Cela semble plutôt logique, car la proportion de voitures de couleur verte/rouge est identique.

Par ailleurs, on remarque que le nombre de voitures intérieures a une influence sur l'intervalle de sortie des voitures extérieures : moins il y a de voitures intérieures, plus cette intervalle s'agrandit et inversement. On peut donc en déduire, que moins il y a d'échanges avec des voitures intérieures, plus les voitures extérieures auront des difficultés à sortir "groupées" car elles passeront davantage de temps en mode aléatoire et auront donc plus le temps de "s'éparpiller" dans la ville avant de rencontrer une première voiture intérieure, ce qui ne leur permettra pas de s'entraider. Les voitures ayant croisé une voiture sincère sortiront effectivement rapidement sans pouvoir partager leur information juste, ses compagnes s'étant trop éloignées.

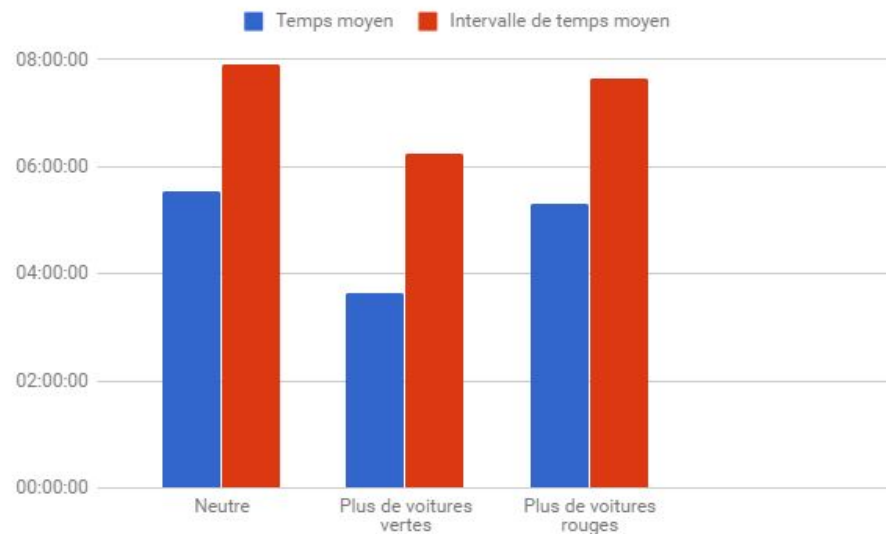
$\mathcal{H}$  La réussite du groupe ne dépend pas du nombre de voitures intérieures  $\Rightarrow$  Hypothèse validée !



En comparant les résultats au neutre, on observe un phénomène étonnant : même si le nombre de voitures intérieures augmente, le nombre d'échanges avec les voitures intérieures ne dépasse pas le nombre d'échanges référence. Logiquement, plus il y a de voitures intérieures, plus il devrait y avoir d'échanges, et inversement. D'ailleurs, on remarque bien que le nombre total d'échanges avec les voitures intérieures diminue de moitié lorsque l'on met moins de voitures. Ainsi, si les résultats concernant la diminution du nombre de voitures intérieures sont cohérents, nous n'arrivons pas à expliquer ceux concernant l'augmentation du nombre de voitures intérieures.

Au niveau des échanges au sein d'un groupe de voitures (échanges extérieure-extérieure), les résultats sont également déconcertants dans la mesure où le nombre de voitures intérieures ne devrait pas influencer la coopération entre voitures de même couleur. Cependant, lors de nos simulations, on peut constater une baisse marquée du nombre d'échanges inter-groupe si le nombre de voitures intérieures augmente. Une fois encore, les résultats sont cohérents pour les simulations où l'on diminue le nombre de voitures intérieures mais pas celles où on l'augmente. Nous avons soit fait des erreurs de copie, soit l'aspect aléatoire des simulations est à nouveau mis en évidence.

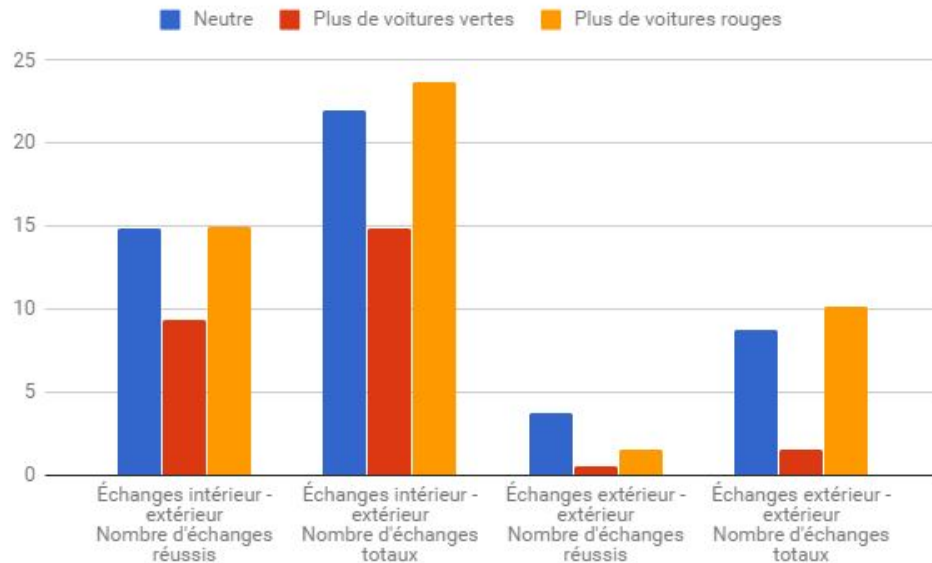
## 5. L'influence de la proportion de voitures intérieures sincères par rapport aux voitures intérieures non-sincères sur la réussite collective



On remarque que plus il y a de voitures vertes, plus le temps moyen est faible, et inversement pour les voitures rouges. Les résultats sont cohérents car les voitures vertes ont plus de chance de fournir de la bonne information aux voitures extérieures et ces dernières vont donc sortir plus rapidement de la ville.

On remarque que l'augmentation du nombre de voitures vertes (intérieures sincères) a une influence positive sur l'intervalle de sortie des voitures extérieures. En effet, l'intervalle de temps diminue d'environ 2 minutes. Le fait que les voitures extérieures sortent dans un intervalle de temps assez proche s'explique par le fait qu'elles rencontrent une proportion moindre de voitures rouges et passent donc moins de temps en mode aléatoire (qui se déclenche dès que la voiture a atteint un objectif faux). Elles ont donc moins le temps pour s'éloigner les unes des autres et donc de sortir à des moments très différents. En revanche, l'augmentation du nombre de voitures rouges (intérieures non-sincères) ne semblent pas avoir d'influence sur l'intervalle du temps de sortie des voitures extérieures, ce qui nous semble assez contre-intuitif. On pourrait effectivement penser qu'ajouter des voitures rouges augmente le temps que passe le groupe dans la ville, alors qu'au vu de nos résultats, ce n'est pas le cas.

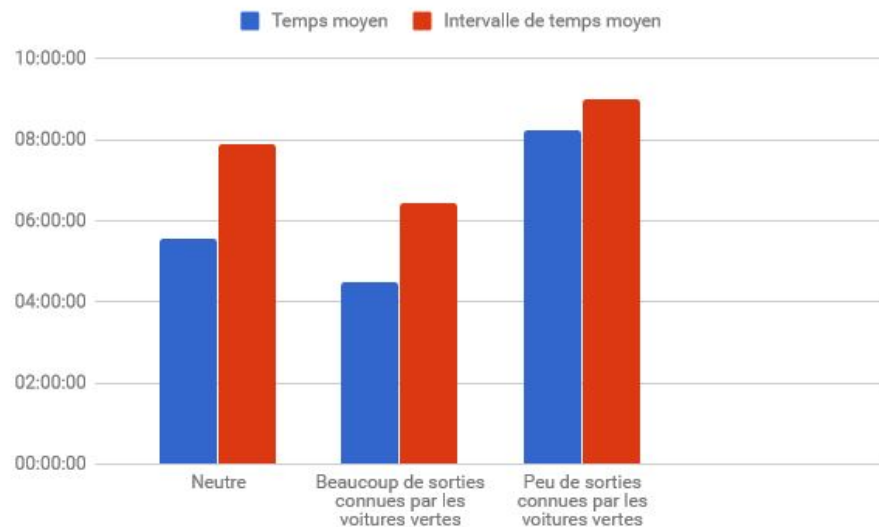
$\mathcal{H}$  Le groupe réussira mieux s'il y a plus de voitures sincères que non-sincères  $\Rightarrow$  **Hypothèse validée !**



Ce graphique met bien en avant l'aléatoire des simulations. Les proportions de voitures intérieures sont identiques, il devrait donc logiquement y avoir un nombre total d'échanges identique dans chaque catégorie. Or, on remarque que si on rajoute des voitures vertes, le nombre total d'échanges est beaucoup plus faible. Ce constat a pu avoir une influence sur la réussite collective du groupe. De même, le nombre total d'échanges entre voitures extérieures devrait être dans des proportions identiques vu que les voitures ont une confiance et une générosité identiques.

Les voitures rouges ont tendance à partager plus d'informations car elles peuvent fournir de la mauvaise information contrairement aux vertes qui ne peuvent échanger que de la bonne information. Ainsi, la proportion d'échanges réussis par rapport au nombre total d'échanges devrait augmenter lorsqu'on ajoute des voitures rouges, ce qui n'est pas le cas. Là aussi, les résultats sont surprenants.

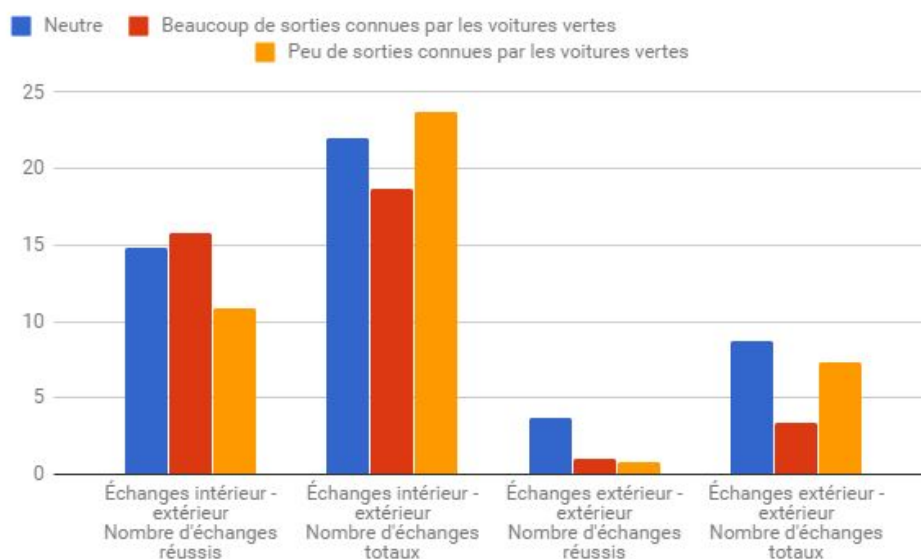
## 6. L'influence du nombre de sorties connues des voitures sincères sur la réussite collective



On remarque que le temps moyen est plus faible si les voitures sincères connaissent beaucoup de sorties. En effet, les voitures sincères auront plus de chance de connaître la sortie que recherche la voiture, et donc de lui fournir une information correcte, ce qui permettra aux voitures extérieures de sortir plus vite de la ville.

On observe ici que l'intervalle de temps durant lequel sortent les voitures extérieures est plus faible si les voitures vertes (sincères) connaissent un grand nombre de sorties. Et inversement, cette intervalle s'agrandit si le nombre de sorties connues par les voitures sincères diminue. En effet, dans le premier cas, les voitures extérieures auront une plus grande probabilité de croiser rapidement une voiture verte connaissant leur sortie et donc de se diriger vers le même objectif. Elles vont donc davantage rester groupées et donc sortir sur un intervalle de temps faible. À l'inverse, dans le second cas, les voitures extérieures passeront beaucoup plus de temps à trouver une voiture sincère leur indiquant leur destination finale. Elles vont donc être induites en erreur plus longtemps, favorisant ainsi des déplacements aléatoires qui vont les répandre dans toute la ville.

$\mathcal{H}$  Le groupe réussira mieux si les voitures sincères connaissent beaucoup de sorties  $\Rightarrow$   
**Hypothèse validée !**

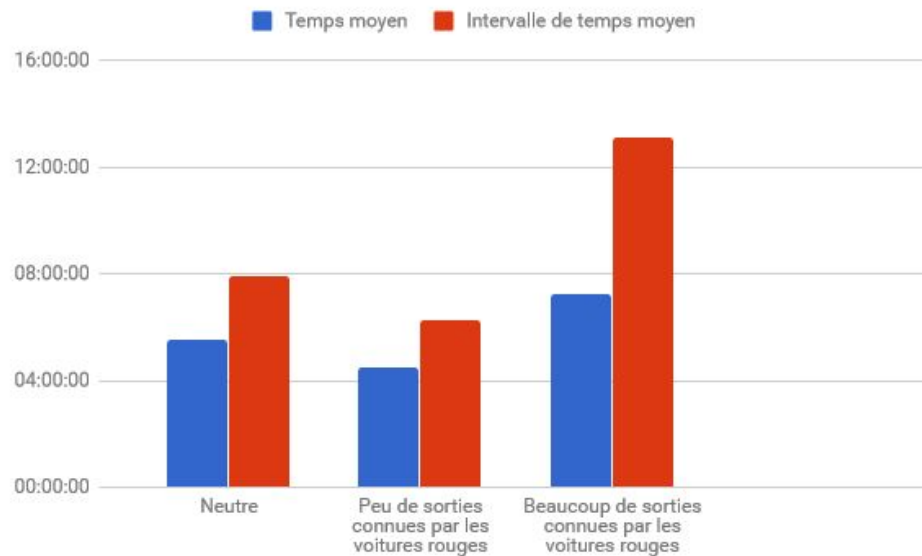


On se rend compte que plus les voitures intérieures vertes connaissent de sorties, plus la proportion d'échanges réussis augmente (quasiment tous les échanges avec les voitures intérieures sont réussis), ce qui est plutôt cohérent. Plus les voitures sincères connaissent de sorties, plus elles sont en mesure d'échanger de l'information. De même, on remarque que moins les voitures vertes connaissent de sorties, plus la proportion d'échanges réussis chute (moins de la moitié des échanges avec les voitures intérieures sont réussis).

On observe également que la proportion d'échanges réussis entre voitures extérieures diminue si les voitures vertes connaissent, en moyenne, moins de sorties. Ce résultat est cohérent car les voitures extérieures recevront moins d'informations de la part des voitures sincères et pourront donc moins coopérer entre elles.



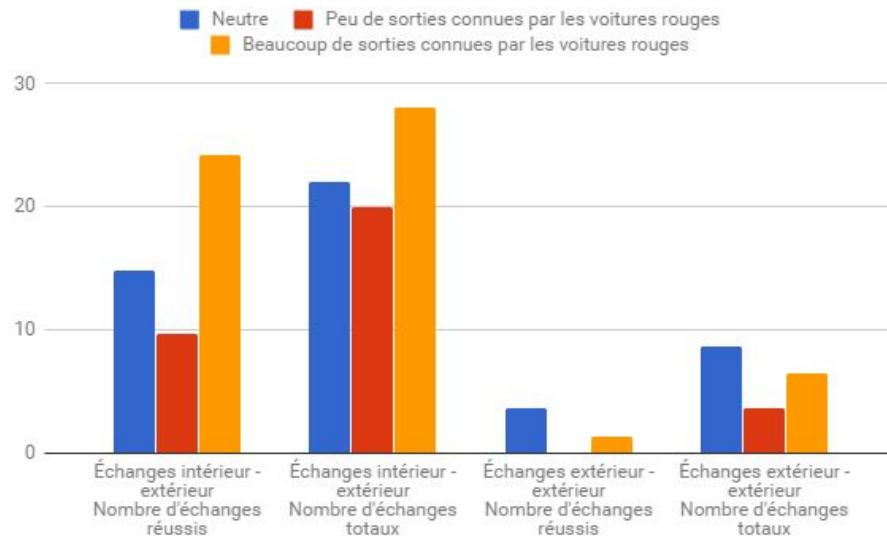
## 7. L'influence du nombre de sorties connues des voitures non-sincères sur la réussite collective



On remarque que le temps moyen est plus faible si les voitures non-sincères connaissent peu de sorties. En effet, les voitures non-sincères, connaissant peu de sorties, auront moins de risques de donner une information erronée.

On observe ici que l'intervalle de temps durant lequel sortent les voitures extérieures est beaucoup plus faible si les voitures rouges connaissent un faible nombre de sorties. Et inversement, cette intervalle s'agrandit si le nombre de sorties connues par les voitures non-sincères augmente. En effet, dans le premier cas, les voitures extérieures auront une plus faible probabilité de croiser rapidement une voiture rouge leur donnant des informations fausses. Elles vont donc davantage rester groupées et donc sortir sur un intervalle de temps plus faible. À l'inverse, dans le second cas, les voitures extérieures passeront beaucoup moins de temps à trouver une voiture non-sincère leur indiquant une information caduque. Elles vont donc être plus induites en erreurs et donc rapidement avoir des trajectoires très différentes ce qui aura pour conséquence des temps de sortie plus disparates.

$\mathcal{H}$  Le groupe réussira mieux si les voitures non-sincères connaissent peu de sorties  $\Rightarrow$   
**Hypothèse validée !**



On retrouve les mêmes tendances que dans la simulation précédente, et nous pouvons émettre les mêmes commentaires que précédemment.

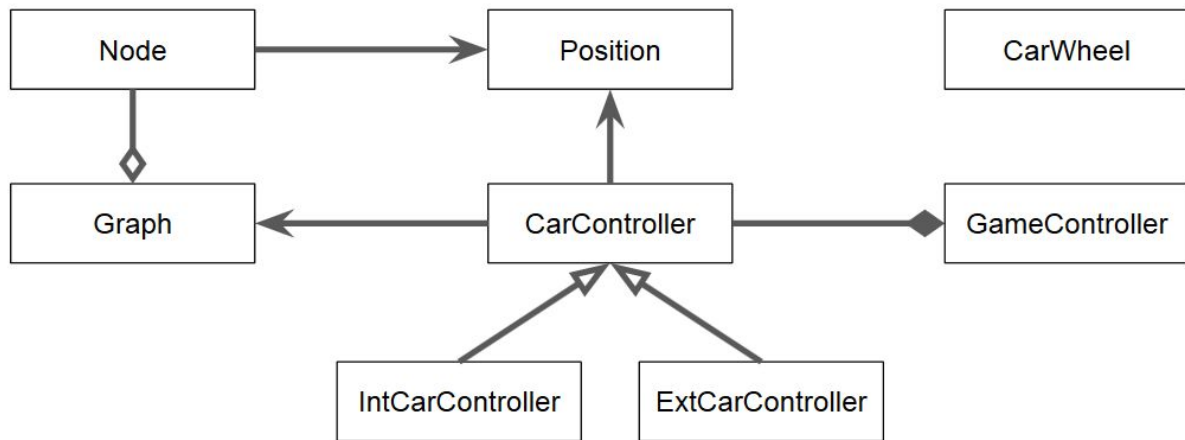
## 4.4. Conclusion

Après avoir fait les simulations, nous pouvons émettre quelques critiques à propos de notre simulation. En effet, on se rend compte que les comportements des voitures sont un peu trop aléatoires. Certains comportements qui devraient être logiques ne sont pas apparents. Il s'agit peut-être de l'intérêt de la simulation, mais les différences trop flagrantes entre les simulations ne nous permettent pas de conclure sur l'apparition de comportements. Plusieurs hypothèses quant aux résultats :

- soit nous avons choisi des données pour les tests qui ne sont pas pertinentes (la simulation type n'est pas représentative)
- soit nous avons réalisé une modélisation qui n'est pas pertinente, et qui est donc trop aléatoire pour pouvoir voir l'émergence de comportements
- soit nous n'avons pas fait assez de simulations et les résultats ne sont donc pas représentatifs des comportements généraux (l'aspect aléatoire des simulations est encore trop présent)

## 5. Structure logicielle

Pour réaliser notre modélisation, nous avons codé 8 classes utiles à la modélisation et dont voici le diagramme des classes :



La classe `GameController`, comme son nom l'indique, contrôle le jeu. Elle permet de récupérer les données renseignées par l'utilisateur et nécessaires au lancement d'une simulation. C'est également elle qui gère l'affichage des résultats à la fin du jeu. Elle permet aussi à l'utilisateur d'interagir avec les boutons de l'interface (arrêter la simulation, la mettre en pause, en relancer une, etc.). Elle fait donc le lien entre la simulation (qui est autonome) et les souhaits de l'utilisateur.

La classe `CarController` est une classe abstraite car les voitures de notre simulation sont forcément, soit des voitures extérieures, soit des voitures intérieures. Elle permet de définir le comportement général des voitures, c'est-à-dire les comportements communs aux voitures extérieures et intérieures. Il s'agit, par exemple, des fonctions qui permettent de faire rouler la voiture, la faire changer de direction, trouver le plus court chemin pour atteindre son objectif, ou placer la caméra de son point de vue. Elle contient aussi des fonctions abstraites qui varient suivant le type de la voiture.

La classe `ExtCarController` hérite de la classe `CarController`. Elle permet de définir le comportement des voitures extérieures, notamment en ce qui concerne l'échange d'informations et le passage en mode aléatoire (déplacement sans objectif). Elle permet aussi l'affichage des paramètres de la voiture dans un canevas.

La classe `IntCarController` hérite également de la classe `CarController`. Elle permet de définir le comportement des voitures intérieures, notamment en ce qui concerne la gestion des déplacements d'objectifs en objectifs. Elle permet aussi l'affichage des paramètres de la voiture dans un canevas.

La classe `CarWheel` permet de donner une impression de mouvement aux roues dans la simulation.

Nous avons également trois classes annexes permettant de calculer les trajectoires des voitures. Il s'agit des classes `Graph`, `Node` et `Position`. Ces fichiers se basent sur l'algorithme de Dijkstra pour trouver le plus court chemin. Ces classes sont issues du travail que nous avons effectué l'année dernière en intelligence artificielle avec Jean-Marc Salotti.

Pour en savoir plus sur nos classes et leur fonctionnement intrinsèque, vous pouvez directement consulter notre code. Les commentaires expliquent très bien comment tout cela fonctionne !

Nous nous servons aussi d'un fichier CSV pour définir les relations entre chacun des nœuds (waypoints) de notre terrain, les nœuds permettant aux voitures d'avoir une position-cible et donc de se déplacer. La classe "Path" récupère les données du fichier CSV et trace les chemins que peuvent prendre les voitures dans le mode "Scene" dans Unity. Cependant cette neuvième classe n'est pas nécessaire à la modélisation, elle sert simplement à nous indiquer les tracés de chemin. C'est pourquoi elle n'est pas représentée dans le diagramme des classes.

## 6. Gestion de projet

### 6.1. Répartition des tâches

Au cours de ce projet, il n'y a eu aucune répartition de tâches. À chaque séance de travail, nous avons travaillé ensemble sur un même ordinateur. Au commencement, nous voulions nous répartir les tâches. Cependant, lorsque nous travaillions séparément sur deux ordinateurs et que nous voulions fusionner notre travail avec GitHub, le travail de l'une de nous était perdu. De plus, lorsque nous avons essayé de travailler chacune de notre côté, nous avons perdu tout ce que nous avions fait à cause de la différence de version de Unity entre les PC de l'école et la version demandée pour le rendu du projet que nous avions installée sur nos PC personnels. Dès lors, nous avons donc décidé de travailler uniquement sur les PC de l'école et ensemble.

Cette non-répartition des tâches nous a permis de mettre en confrontation nos idées et de converger vers la solution qui nous semblait la plus optimale. L'investissement de chacune sur le projet est identique. L'inconvénient de cette méthode est qu'elle ne nous a pas permis d'approfondir le sujet, car nous aurions peut-être travaillé plus vite en nous divisant les tâches. En revanche, vu que nous étions conscientes de cette stratégie, nous avons fait en sorte de se voir le plus régulièrement possible.

### 6.2. Planning

Nous ne nous sommes pas fixé de planning. En revanche, nous pouvons découper notre projet en deux phases :

- une première phase de pré-travail (cf. Annexes) qui consistait à définir le comportement de nos agents et les différents paramètres que nous voulions mettre en place pour faire varier les comportements. Nous avons à ce moment-là essayé de réfléchir à l'organisation des classes et à l'environnement pour la modélisation.
- une seconde phase de codage sous Unity, avec la rédaction de ce rapport. Cette phase comportait plusieurs tâches comme le rendu visuel, l'implémentation des comportements aux intersections et durant les échanges, etc.

Nous ne nous sommes pas donné de dates fixes, nous nous sommes simplement donné l'objectif de travailler régulièrement sur le projet chaque semaine. Lorsque nous avons du temps de libre (journées de libre, après-midis de libre), nous en avons profité pour travailler ensemble. Pour voir la fréquence de notre travail, vous pouvez consulter les dates des commits sur GitHub (nous ne pouvons pas mentir concernant la fréquence des séances de travail :D).

## 7. Conclusion

### 7.1. Apport pédagogique

Ce projet nous a permis de découvrir un moteur de jeu multiplateforme et de faire un projet avec un outil qu'on ne nous avait pas vraiment appris à utiliser. Cela fut donc très enrichissant. Nous avons dû apprendre à nous servir de Unity (utilisation d'assets, interactions entre les objets, etc.) et réaliser un projet un peu à l'aveugle, ce qui nous a permis de prendre confiance en nous et ne pas nous reposer entièrement sur les consignes et lignes directrices qui nous étaient généralement fournies lors de nos précédents projets à l'ENSC.

Concernant la modélisation, nous avons pris conscience de la puissance des simulations (notre modélisation n'étant pas forcément très concluante...). L'intérêt de modéliser une situation peut s'avérer utile pour anticiper les comportements de cette situation. Le tout est de bien définir le comportement sous forme de langage informatique.

Ce projet nous a également permis de réinvestir des compétences acquises l'année dernière, notamment la programmation orientée objet et l'algorithme de Dijkstra.

### 7.2. Difficultés

Nous avons logiquement eu des difficultés tout le long du projet puisque nous ne connaissions pas Unity. Il n'y a pas eu de difficultés bloquantes, les réponses à nos interrogations étaient assez bien répandues sur le net.

Nous avons eu des difficultés à commencer. En effet, nous n'avions aucune idée de comment partir. Ainsi, comme nous l'avons évoqué ci-dessus, nous avons dû faire pas à pas, un peu à l'aveugle, en essayant de récupérer des choses sur des tutoriels. Cependant, même si cela a été intéressant, cela nous a sûrement retardées dans notre travail.

Au niveau de l'implémentation du code avec C# (pour modéliser les échanges d'informations, pour que l'utilisateur puisse avoir des interactions avec l'interface, etc.), nous n'avons pas eu de grosses difficultés. C'est plutôt du côté de Unity que nous avons rencontré quelques problèmes. Par exemple, pour ce qui est des trajectoires des voitures, des forces à appliquer pour les faire avancer et s'arrêter, de l'utilisation des canevas, la détection des obstacles, etc. cela n'a pas toujours été évident de bien comprendre comment cela fonctionnait et ce qu'il fallait modifier ou ne pas modifier. Encore aujourd'hui, certaines choses demeurent assez obscures. (Mais comme nous ne comptons pas faire carrière dans le développement de jeux avec Unity, nous sommes sauvées !)

### 7.3. Améliorations

La principale amélioration serait de perfectionner la gestion de trafic. Malgré la position de capteurs sur le devant la voiture, certaines configurations de voitures font qu'elles se

bloquent entre elles, ce qui a pour conséquence de fausser la modélisation. Des embouteillages apparaissent au niveau des carrefours ce qui ralentit nettement la circulation et la fluidité des voitures.

Nous aurions également aimé ajouter des comportements plus complexes à nos voitures, notamment que l'échange d'informations ait un coût pour les voitures extérieures et qu'elles aient une mémoire limitée. Cela aurait permis à la modélisation d'être un peu plus intéressante et plus longue.

On aurait également pu améliorer le décor et la crédibilité des déplacements. En effet, la ville ne comporte pas beaucoup de bâtiments et les voitures locales intérieures tournent en rond à l'infini dans la ville, changeant d'objectif régulièrement. Par ailleurs, l'échange d'informations se fait assez rapidement et nous aurions aimé que les voitures s'arrêtent lorsqu'elles se parlent. Il aurait été également intéressant que les voitures extérieures se construisent une représentation mentale de la ville au fur et à mesure de leur exploration. Concrètement, si la voiture est bleue et si une voiture rouge (non-sincère) lui indique que sa sortie est la sortie orange, dans le cas où elle y serait déjà allée, elle serait assez intelligente pour ne pas y retourner et se faire avoir une seconde fois. De même, ça éviterait qu'en mode aléatoire la voiture extérieure tourne en rond et repasse plusieurs fois aux mêmes endroits.

## 8. Annexes

### 8.1. Pré-travail

Classe Voiture
<p>Propriétés</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• position_voiture</li><li>• position_objectif (position de : - pour voiture int : aller acheter le pain - pour les voiture ext : à l'origine nul, mais initialisée une fois information reçue par voiture int)</li></ul>
<p>Méthodes</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• rouler (action de rouler)</li><li>• intersection (action de s'arrêter la priorité à droite)</li><li>• arret (pour discuter entre voitures)</li><li>• demi_tour (action de faire demi tour si objectif atteint ou impasse)<ul style="list-style-type: none"><li>◦ if (objectif atteint &amp;&amp; voiture int) position_objectif = position_maison calcul_trajet (position_objectif)</li><li>◦ if (objectif atteint &amp;&amp; voiture ext) réinitialisation d'objectif à RIEN ⇒ passage en mode aléatoire</li><li>◦ if (impasse) passage en mode aléatoire</li></ul></li><li>• calcul_trajet (position_objectif) (calcul le trajet dans la map suivant la position obj)</li></ul>

Classe Voiture_Int
<p>Propriétés</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• booleen sincerite (true si donne information juste et false si information fausse) (mettre code couleur pour repérer si la voiture est sincère ou non)</li><li>• list&lt;booleen&gt; : (sortie_rouge, sortie_bleue, sortie_verte, sortie_neutre) (correspond aux sorties connues : true si connue, false si inconnue)</li><li>• position_maison (la maison de la voiture, là d'où elle part et là où elle revient une fois son objectif atteint)</li><li>• float delai_depart (entre 30 s et 2 min)</li></ul>
<p>Méthodes</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• reinitialisation_objectif → position_objectif et delai_depart</li></ul>



Classe Voiture_Ext
<b>Propriétés</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• memoire (nombre d'intersections que la voiture retient)</li> <li>• confiance (échelle de 1 à 5 suivant l'indice de confiance : si confiance = 5, la voiture ne s'arrête pas, et inversement, elle s'arrête à toutes les voitures qu'elles croisent (les voitures int et les voitures de même couleur)</li> <li>• generosite (échelle de 1 à 5 suivant l'indice de générosité : si generosite = 5, la voiture partage avec toutes les voitures de même couleur qu'elle croise et si generosite = 0, elle ne partage jamais)</li> <li>• essence</li> </ul>
<b>Méthodes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• recevoir_info (donne une position objectif d'une voiture int ou d'une voiture de même couleur)</li> <li>• direction_aleatoire</li> </ul>

Partage d'informations voiture int :

- si sincère et connaît la sortie → objectif "vrai" = sortie et objectif "retenu" suivant memoire
- si sincère et connaît pas → objectif retenu = RIEN
- si pas sincère → objectif "vrai" = déterminé aléatoire et objectif "retenu" suivant memoire

Recevoir de l'information :

- voiture ext demande info à voiture int
- voiture ext reçoit info de voiture ext 2 (même couleur)

Acceptation de l'information

- si pas d'objectif pour l'instant, acceptation totale de l'info
- si déjà objectif :
  - si la nouvelle information corrobore l'objectif (ie l'objectif est dans la nouvelle information), acceptation totale de l'information
  - si la nouvelle information est contradictoire avec l'objectif, il acceptera l'information avec une probabilité p (s'il l'accepte, l'acceptation est totale)

Décroissance de l'indice de confiance et de générosité au fur et à mesure des échecs (= objectifs atteints faux) pour les voitures ext.

Passage de la sincérité à false pour les voitures int si elles mettent trop de temps pour atteindre leur objectif (trop souvent arrêtées)

## 8.2. Bibliographie

Le lien de l'image :

- <http://fr.autofocus.ca/comment-faire/banque-de-connaissance/noel-les-meilleurs-endroits-pour-dissimuler-des-cadeaux-dans-votre-voiture>

## 8.3. Annexes d'annexes

Nous avons également (re)appris les règles d'accord du participe passé avec les verbes pronominaux :

- <http://la-conjugaison.nouvelobs.com/regles/grammaire/les-verbes-pronominaux-32.php>
- <https://www.francaisfacile.com/exercices/exercice-francais-2/exercice-francais-25738.php>