

L'une des difficultés majeures dans le cadre de la robotique consiste à permettre à un système, quel qu'il soit, de percevoir son environnement pour pouvoir ensuite interagir avec celui-ci, et les voitures autonomes ne font bien évidemment pas exception à la règle. De nombreuses compétitions sont tenues afin de permettre à tous les acteurs du domaine le désirant de se mesurer les uns aux autres. Et bien évidemment, pour pouvoir échanger les bonnes idées. Nous allons ici voir les résultats présentés par les vainqueurs du *2005 DARPA Grand Challenge* et de ce qu'ils ont mis en place pour obtenir ce résultat.

Le principe de ce challenge est simple : chaque robot doit parcourir 210 kilomètres dans le désert du Nevada de manière autonome. Est déclaré vainqueur le plus rapide à effectuer le parcours.

## Les difficultés

Des études sur les systèmes de conduite autonomes ne sont pas récentes, puisque par exemple l'*Universität der Bundeswehr München* (UBM) travaille sur ce domaine depuis 1985. Ses travaux ont par exemple servi de base à des algorithmes utilisés à l'heure actuelle. Pourtant d'une manière générale, les algorithmes et solutions proposées dans la littérature n'ont pour cadre que la conduite sur route, c'est à dire dans un milieu où la reconnaissance d'un "chemin" peut se faire à l'aide de détection d'arêtes, de la ligne médiane, des intersections etc. Tout ceci pouvant se faire très correctement avec des caméras filmant en noir et blanc. Or dans le désert, les routes ne sont évidemment pas tracées et encore moins goudronnées, et la différence entre terrain carrossable ou non peut être déterminée par un léger changement de couleur. Travailler en couleur n'est donc évidemment pas une option. Mais de plus, il est impossible de se contenter de reconnaître la texture du bitume pour déterminer où aller.

Une autre difficulté est représentée par la vitesse. *Stanley*, le robot de l'Université de Stanford, est équipé de détecteurs lasers à courte portée, capables de déterminer si un terrain est plat ou non, ce qui est le critère qu'il utilise pour décider si la parcelle devant lui est carrossable ou non. Ces lasers fonctionnent très bien, mais ont un gros handicap : ils ne permettent de se faire une idée du terrain qu'à une distance maximale de 22m, ce qui limite la vitesse du véhicule à 40km/h, vitesse insuffisante pour rallier la ligne d'arrivée en premier.

## Principe de fonctionnement

L'idée de base est de coupler ces lasers à une caméra monoculaire, afin de permettre à *Stanley* de se faire une bonne idée de ce qui l'attend au delà de ces fameux 22m. Malheureusement, si la portée de la caméra est plus importante que celle des lasers, cela se traduit par une perte d'information : il est impossible pour *Stanley*, à partir de la seule image, de déterminer si ce qu'il voit est carrossable ou non. Il faut donc parvenir à faire interagir les lasers et la caméra, afin de combler les défauts de l'un avec les avantages de l'autre.

La solution choisie se décompose en sept étapes :

### 1. Traiter les données des lasers

On l'a vu, les lasers permettent de déterminer si la zone de terrain qu'ils balayent est plate ou non. A partir de là, sur une distance allant jusqu'à 22m, *Stanley* est capable de construire une carte du terrain se trouvant devant lui, et sélectionne le rectangle de terrain carrossable le plus grand possible qui se trouve face à lui. Ce rectangle servira de base d'apprentissage dans la suite.

## 2. Prétraiter l'image

Pour le challenge, la résolution d'image retenue était de  $320 \times 240$ . Cette résolution permettant un traitement en temps réel (à 12fps) n'est cependant pas exempte de données inutiles pour déterminer où le véhicule doit rouler. C'est le cas du ciel par exemple. Un cas plus discutable est l'élimination des ombres. Ce n'est pas sans poser quelques soucis, notamment lorsque l'ombre tombe sur la route et est de grande taille. Mais dans le cas général, la suppression des ombres est ce qui donne les meilleurs résultats, en permettant tout particulièrement de réduire les temps de calcul en ne cherchant pas à déterminer si le ciel est carrossable ou non...

## 3. Apprendre un modèle de la route

Grâce à la première étape, on a obtenu un échantillon de route que l'on a déterminé comme étant carrossable. En conjuguant cette information avec les images que les caméras envoient, il est possible d'apprendre un modèle, de caractériser la parcelle de route en question.

## 4. Évaluer le terrain

Il est alors possible d'effectuer une classification binaire des images envoyées par la caméra, afin de déterminer par similarité avec le modèle quelles portions de l'image sont carrossables, et celles qui ne le sont pas.

## 5. Sélectionner un chemin

Afin de prendre en compte les petites imperfections de la route, un filtre est appliqué sur le résultat de l'étape 4. Ce filtre permet de gommer de petites zones sans importance : par exemple un petit caillou qualifié de non carrossable, s'il ne représente qu'un pixel sera "gommé". *Stanley* n'a alors plus qu'à connecter un chemin entre les sections carrossables et son rectangle d'entraînement (cf. étape 1).

## 6. Reconstruire une vue aérienne

En partant du principe que le terrain est plat, même si la pente n'est pas nulle, il est possible de reconstruire à partir des images et des résultats précédents une carte de *carrossabilité* des environs. Évidemment, dans les montagnes le terrain n'étant pas plat, cette reconstruction ne peut pas avoir lieu. Mais ce n'est pas un inconvénient : en montagne, *Stanley* ne dépasse pas les 40km/h, par conséquent les lasers suffisent à la tâche.

## 7. Sélectionner la stratégie de conduite

Une fois toutes ces informations en main, *Stanley* est capable de décider la vitesse qu'il doit adopter à tout instant. Si la route est dégagée devant lui, il pourra atteindre des pointes à presque 60km/h. Si ce n'est pas le cas, *Stanley* ralentit. Il peut également éviter les obstacles puisque ceux-ci ont été reconnus comme n'étant pas carrossables.

## Résultats

Les résultats sont particulièrement bons, puisque *Stanley* est parvenu à remporter le challenge, parcourant les 210km en 6h53m58s. L'écart avec le second est très réduit puisque de moins de dix minutes, mais l'étude des données de course montrent que cet écart réduit est essentiellement la conséquence des règles propres au challenge qui imposent une limitation de vitesse à 60km/h : durant presque 70% de la course, c'est cette limite qui a empêché *Stanley* d'aller plus vite.

Bien qu'ayant été développé dans le cadre spécifique du *2005 DARPA Grand Challenge*, ce système d'interface entre deux modes de senseurs pourra à n'en pas douter être généralisé à d'autres applications, permettant l'accès à la Vision pour de nombreux systèmes.