

TD n° 1 : Introduction à la Sûreté de Fonctionnement

Master Ingénierie du Véhicule Electrique et Autonome

Année 2021-2022

B. Monsuez

Exercice 1 : Perception du risque d'un système de freinage automatique

Nous supposons qu'un constructeur souhaite proposer un système d'assistance au freinage pouvant aller jusqu'à la prise de décision et déclencher un freinage d'urgence.

Question 1 : Déterminer l'ensemble la liste des évènements redoutés au niveau du système pouvant se produire. Classer ces évènements en termes de gravité.

Réponse :

Freinage intempestif (ER Redouté le plus grave => ASIL D). cf. ISO26262.

Absence de déclenchement en présence d'un obstacle (ER Redouté moins grave => ASIL B).

Question 2 : Réfléchissez au niveau de défaillance acceptable au niveau du système dans les deux cas de figure. Effectuer une analyse de ces niveaux de défaillance par rapport aux impacts sociétaux et aux conséquences individuels.

Réponse :

Freinage intempestif => A éviter absolument. Occurrence de défaillance inférieure $10^{-9}h^{-1}$.

Absence de déclenchement en présence d'un obstacle :

Si trop fréquent => perception d'inutilité du système.

Si trop actif => risque de freinage intempestif.

Trouver un juste milieu => Occurrence de défaillance inférieure $10^{-5}h^{-1}$.

Question 2.1 : Proposer une méthode d'évaluation basée sur une estimation « coût/bénéfice ».

Réponse :

Méthode d'évaluation :

$$\frac{\text{Nombre d'accidents évités}}{\text{Nombre d'accidents induits}}$$

Nombre d'accidents évités : nombre d'accidents qui ont été évités par le déclenchement du système suite à une absence de réaction de l'humain.

Nombre d'accidents induits : nombre d'accidents qui n'aurait pas eu lieu si le système n'avait pas été installé.

Accidents suite à un freinage intempestif.

Accidents parce que l'humain se repose sur le système pour freiner à sa place.

Il faut que le ratio soit très en faveur du nouveau système installé.

Question 2.2 : Proposer une méthode d'évaluation pour estimer la perception « individuelle » du système.

Réponse :

Freinage intempestif => KO

Surréactivité => Le conducteur a conscience de la situation, le système agit avant que le conducteur n'ait agi.

⇒ Le système d'assistance doit être très peu intrusif.

Existence du système : Le système se manifeste quand même de temps en temps pour indiquer au conducteur qu'il est actif.

⇒ Le système indique qu'il a détecté un obstacle avant de se mettre en action.

Question 3 : Nous nous intéressons à deux systèmes différents,

1. un premier système consacré au freinage d'urgence en détection de piéton,
2. un deuxième système consacré au freinage d'urgence en détection d'une situation irrémédiablement compromise.

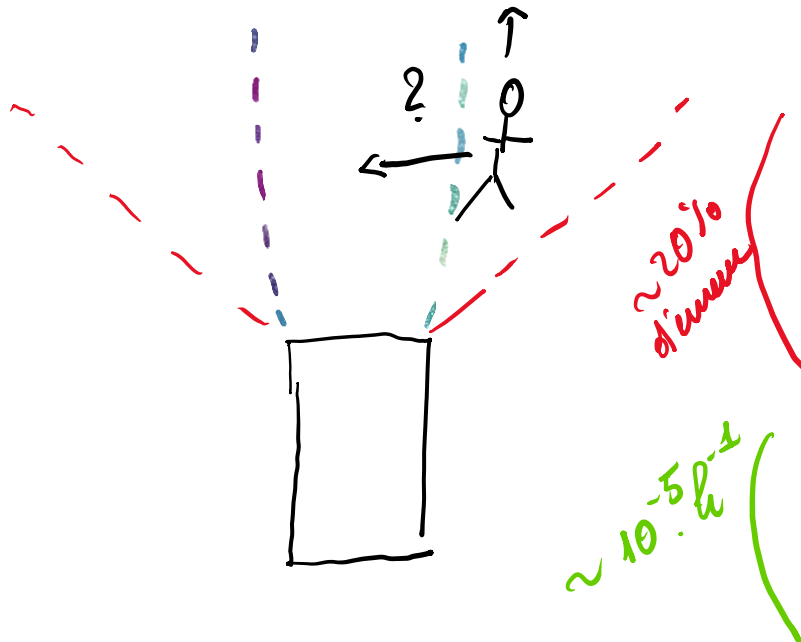
Proposer pour chacun des deux systèmes une architecture fonctionnelle et déterminer l'ensemble des événements redoutés ainsi que les conséquences en terme d'adoption ?

Réponse :

~

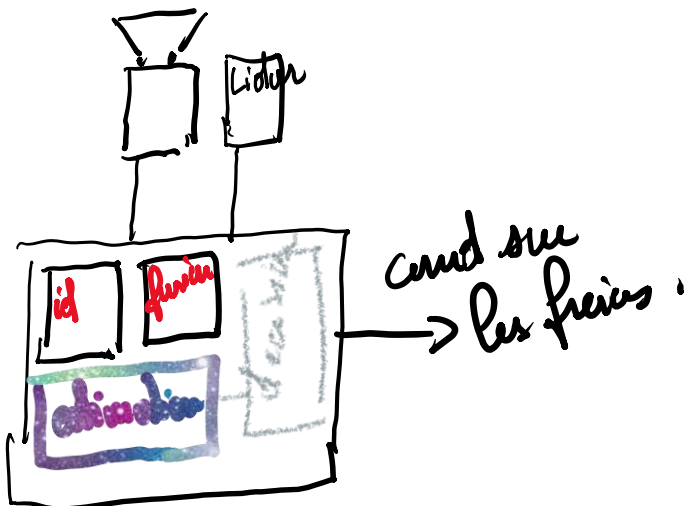
Détection de piéton

1. Classification => Objet -> identifier -> Piéton ? Arbre ? Poteau ? Lampadaire ?
2. Vision + LIDAR
3. Intentionnalité => Que fait le piéton ? S'engage sur la voie ou pas.



- champ de vision large
- une détermination / identification des piétons
- une identification de la trajectoire du piéton (si kinematics)
- une prise de décision si la trajectoire va couper la trajectoire actuelle du piéton.

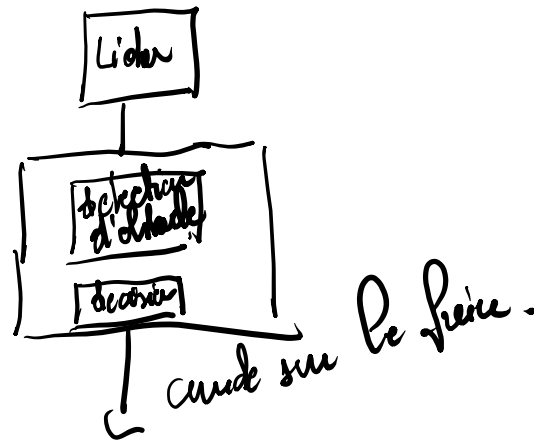
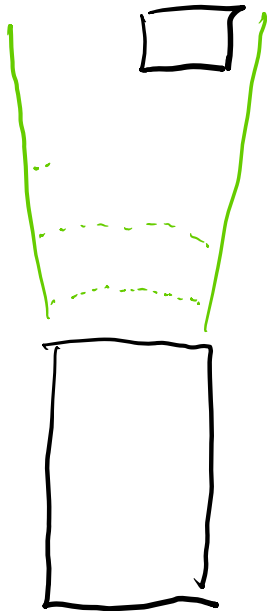
En termes d'architecture électronique :



Système de freinage d'urgence

Détection d'un obstacle sur la trajectoire. Pas de classification. Cela peut-être un mur, une caisse, une voiture. Doit avoir une certaine taille.

Freinage d'urgence si risque de collision.



Question 4 : Nous supposons qu'en Europe 10 millions de véhicules soient équipés d'un tel système, que la probabilité d'une défaillance d'un tel système soit de 10^{-9} en heure de fonctionnement et de 10^{-6} par actionnement du système. Estimer le nombre de défaillance potentielle par an sur l'ensemble du parc. Commenter ?

Réponse :

1 Véhicule => 13 117 km (pour la France)

Vitesse moyenne => 35 km/h

⇒ Environ 3,7 défaillances par an (parce que ASIL D)

Si on était ASIL B (une défaillance toutes les $10^{-6}h^{-1}$), on aurait 3700 défaillances par an.

Question 5 : Le parc européen est d'environ 200 millions de véhicules. Nous supposons que la probabilité que le véhicule suivant un tel véhicule en cas de freinage est de 0,1% qu'il percute le

véhicule en freinage d'urgence. Estimer le nombre d'accidents induits par le freinage d'urgence ?
Commenter ?

Réponse :

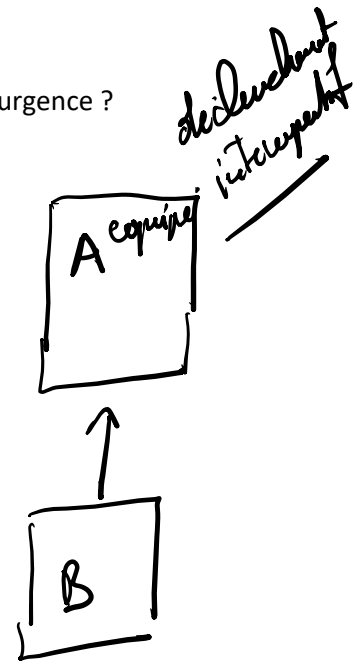
Le véhicule B suivant (derrière) est équipé d'un freinage d'urgence :

Détection et freinage à temps => OK

Dysfonctionnement => KO ($10^{-6}h^{-1}$) => Négligeable.

Le véhicule B suivant n'est pas équipé.

Probabilité d'accident => $\frac{1}{10}$



$\Pr\{\text{accident}\} = \Pr\{\text{déclenchement intempestif}\} * (\Pr\{\text{Véhicule est équipé}\} * \Pr\{\text{non déclenchement}\} + \Pr\{\text{Véhicule n'est pas équipé}\} * \Pr\{\text{accident si véhicule suivant non équipé}\})$

$\Pr\{\text{accident}\} = 10^{-9}h^{-1} * (0,05 * 10^{-6}h^{-1} + 0,95 * 0,1) = 0,95 * 10^{-10}$.

Exercice 2 : Freinage par récupération d'énergie

Nous nous plaçons dans la situation d'un concepteur de véhicule automobile et nous essayons d'explorer les différentes stratégies de gestion de l'accélération et du frein. Nous ne pouvons cependant pas ignorer le cadre réglementaire qui impose que le frein soit mécanique.

De fait, nous supposons que le freinage peut s'effectuer selon trois modes, un freinage avec récupération, un freinage purement rhéostatique et un freinage mécanique avec soit des disques soit des tambours.

Question 1 : En dehors du cadre réglementaire, est-il possible de s'affranchir de freins mécaniques ? Justifier votre solution ?

Réponse :

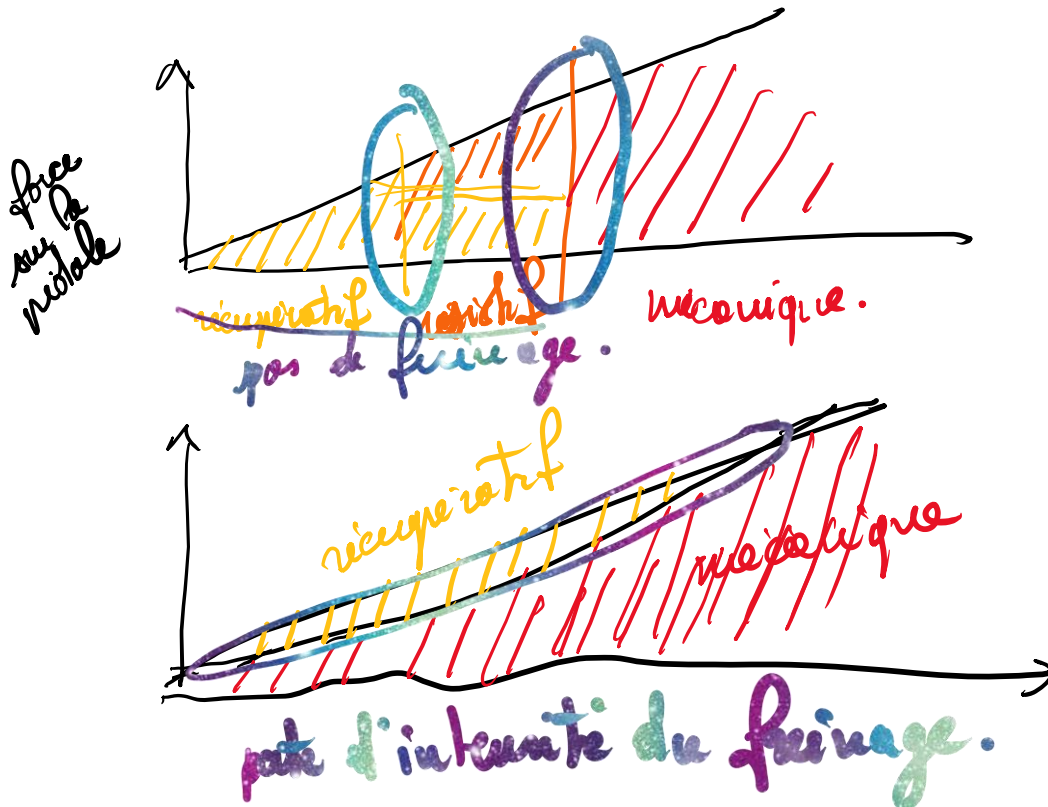
Non, il faut un frein de parking qui lui sera mécanique (pour ne pas consommer de l'énergie quand le véhicule est arrêté).

Question 2 : Réfléchissez aux différentes stratégies de freinage pouvant être mise en place ? Est-ce que le freinage peut commencer dès le relâchement de la pédale d'accélérateur ou commence-t-il au moment de la pédale de frein ? Comment gérer les deux freinages mécaniques et électriques ? De manières concurrentes ou successives ?

Mode 1 : Freine avec récupération

Mode 2 : Freine mais l'électricité est brulée dans les résistances

Mode 3 : Freine mécaniquement (Disque ou Tambour)



Question 3 : Pour chacune des solutions précédentes, proposer une étude des évènements redoutés

Exercice 3 : Définition d'un différentiel électronique

Nous considérons un véhicule dont les moteurs électriques sont des moteurs roue. Dans ce cas, il est nécessaire de contrôler les moteurs de manière indépendante afin de pouvoir modifier la vitesse de rotation dans les courbes à l'instar de ce que fait un différentiel mécanique.

Question 1 : Proposer une architecture fonctionnelle pour un tel différentiel électronique.

Question 2 : Quelle est la contrainte la plus forte sur un tel système ? Essayer de la quantifier ?

Question 3 : Comment rendre un telle architecture robuste ?