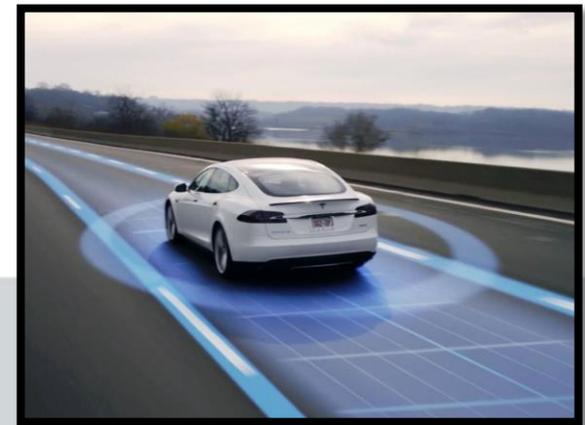




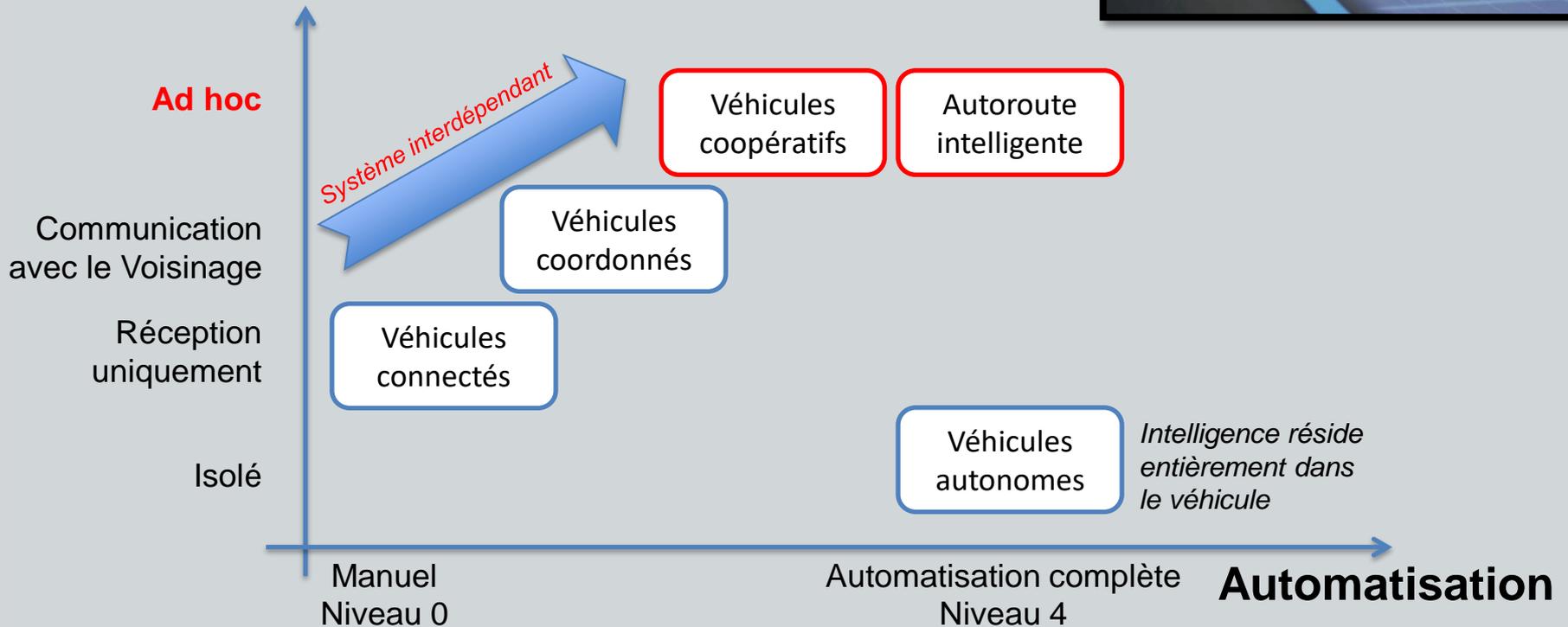
**Modèle d'auto-organisation CBL
pour les protocoles de routage dans les
réseaux ad hoc de véhicules
et
application d'égo-localisation
distribuée coopérative**



Positionnement des recherches



Connectivité



Niveau 0 : Manuel

Niveau 1 : Automatisation de certaines fonctions

Niveau 2 : Automatisation de fonctions combinées

Niveau 3 : Conduite autonome limitée

Niveau 4 : Automatisation complète



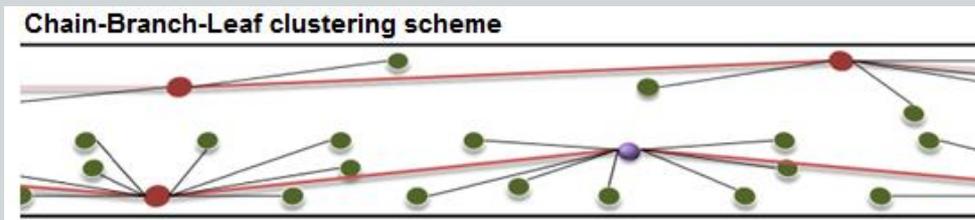
Positionnement des recherches

- L'automatisation de la conduite va de pair avec l'amélioration des communications entre les entités qui composent le système de conduite (véhicules coopératifs, autoroute intelligente).
- Les travaux actuels de la littérature reposent en particulier sur la présence d'une infrastructure permettant des communications entre le(s) véhicule(s) et l'infrastructure (V2I).
- Cependant, dans l'hypothèse d'une infrastructure défaillante, un verrou scientifique est de concevoir une stratégie de communication inter-véhiculaire (V2V) qui permette,
 - d'une part, les communications proches entre véhicules voisins pour la conduite coopérative par exemple et,
 - d'autre part, les communications lointaines typiquement nécessaires à l'échanges de messages d'alertes et plus largement de gestion du réseau routier.



Contexte de travail

- **Projet interne Ifsttar:**
 - 2015-2018 : thèse Ifsttar de Lucas Rivoirard (financement ITPE) encadrée scientifiquement en collaboration avec P. Sondi de l'ULCO, Lisic, soutenue le 21 septembre 2018
 - Titre de la thèse :
 - « **Modèle d'auto-organisation pour les protocoles de routage dans les réseaux ad hoc de véhicule : application à la perception élargie et à la localisation coopérative** »



Plan de la présentation

- Volet 1: qu'est-ce que CBL [Rivoirard, *et al.*, 2018a] ?
 - Rivoirard L., Wahl M., Sondi P., Berbineau, M., Gruyer D., « *Chain-Branch-Leaf: A clustering scheme for vehicular networks using only V2V communications* », *Ad Hoc Networks* 68 (2018) 70–84.
- Volet 2 : application de localisation distribuée coopérative
 - l'application d'égo-localisation de [Rohani, *et al.*, 2015].
 - Rohani M., Gingras D., Gruyer D., « *A Novel Approach for Improved Vehicular Positioning Using Cooperative Map Matching and Dynamic Base Station DGPS Concept* », *IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems*, V.17, N.1, January 2016.
 - mise en œuvre sur CBL [Rivoirard, *et al.*, 2018b].
 - Rivoirard L., Wahl M., Sondi P., Gruyer D., Berbineau, M., « *A Cooperative Vehicle Ego-localization Application Using V2V Communications with CBL Clustering* », the 29th IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), Chang Shu, China, June 26-29, 2018.

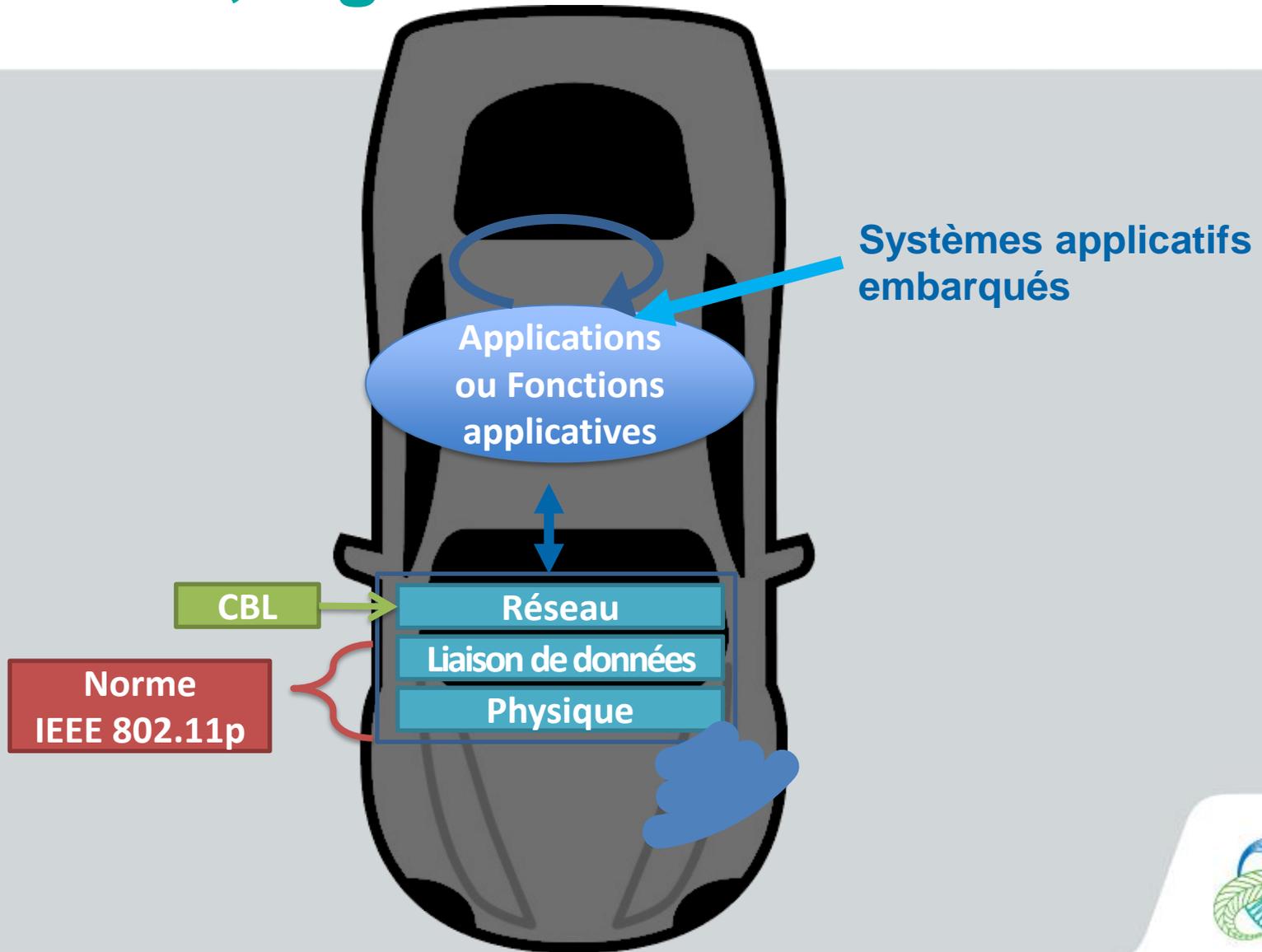


Volet 1 – qu'est ce que CBL ?

- Un algorithme d'auto-organisation des communications véhicule à véhicule (V2V) qui construit
 - de façon totalement distribué
 - à partir des nœuds mobiles de communication
 - une structure virtuelle similaire à celle « d'une infrastructure de communication située le long d'une route ».
- L'algorithme se greffe dans un protocole de routage existant.
 - Un protocole de routage définit une routine à exécuter dans le but d'acheminer des données de bout en bout, à l'intérieur d'un réseau, en utilisant le système d'adressage de la couche réseau.



CBL, algo. de niveau réseau



Volet 1 – qu'est ce que CBL ?

C'est un algorithme proactif

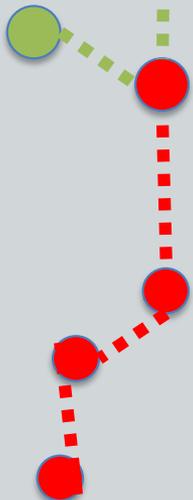
- Proactif : la construction et le maintien de la connaissance des routes de communication est un processus qui fonctionne en tâche de fond.

De clustering : deux types de nœuds sont définis et une chaîne

 Nœud feuille, état par défaut d'un nœud, un nœud feuille cherche à se connecter à un nœud branche ;

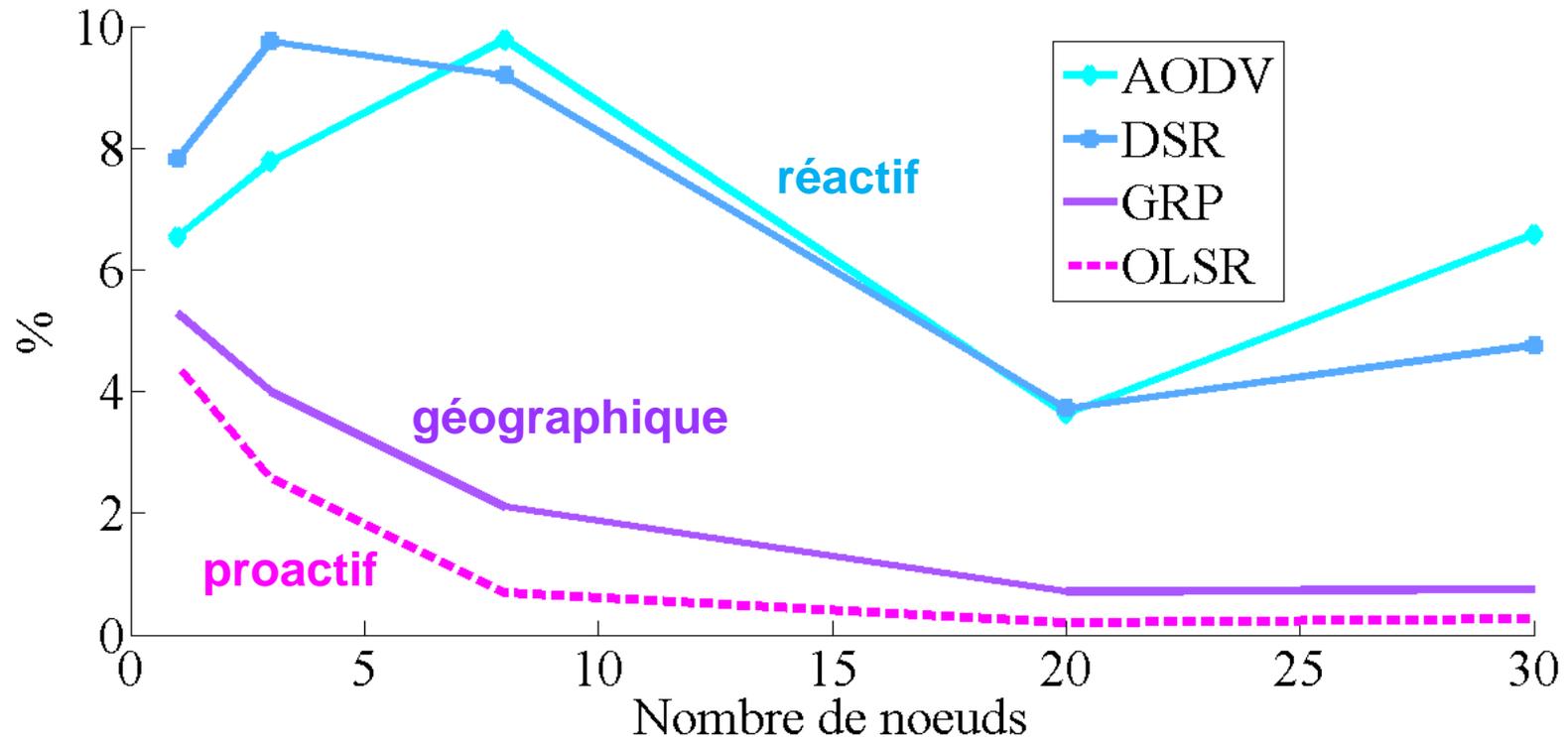
 Nœud branche, c'est un responsable de *cluster*, élu par un nœud feuille, il est responsable d'un groupe de nœud feuilles. Il a un rôle de relais.

 Une chaîne est un ensemble de nœuds branche ordonnancés qui circulent dans une même direction.

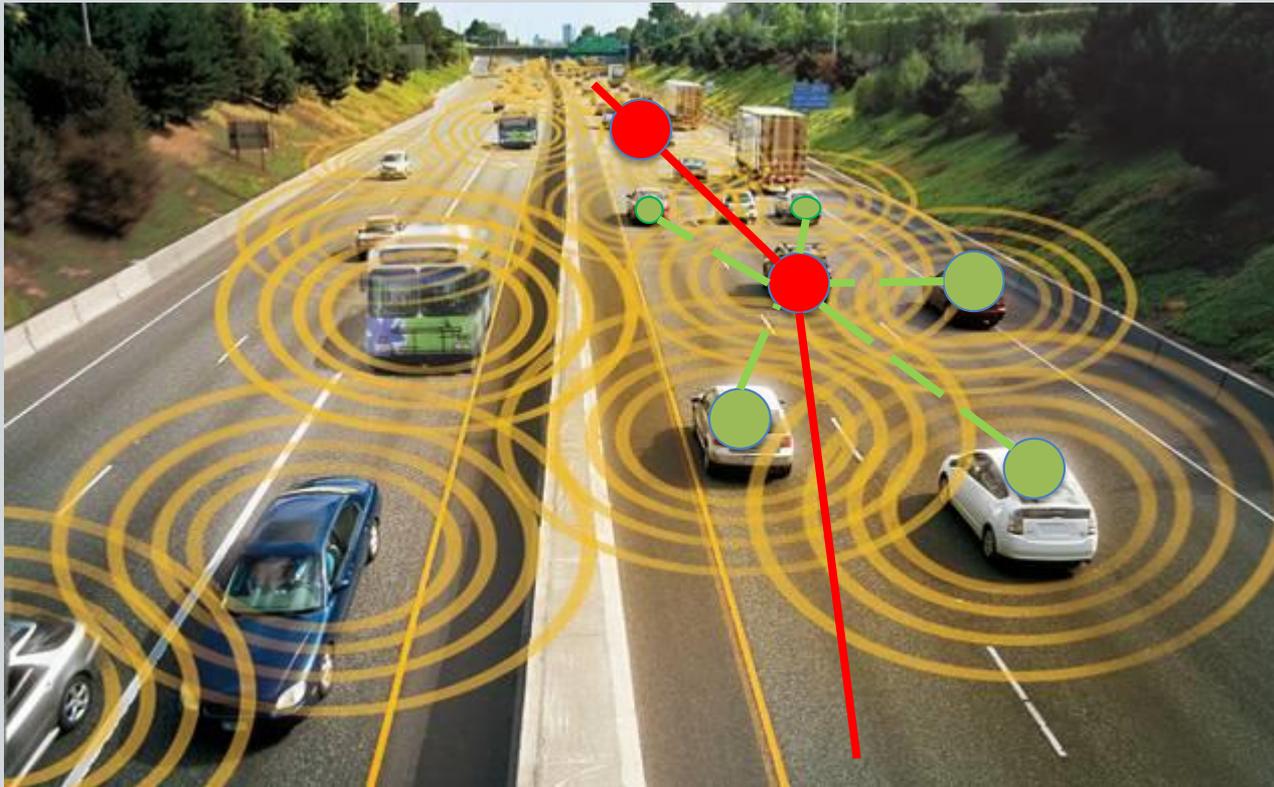


Pourquoi un algorithme proactif

Pourcentage du trafic de routage envoyé par rapport au trafic total



Volet 1– chaîne de nœuds branche et cluster

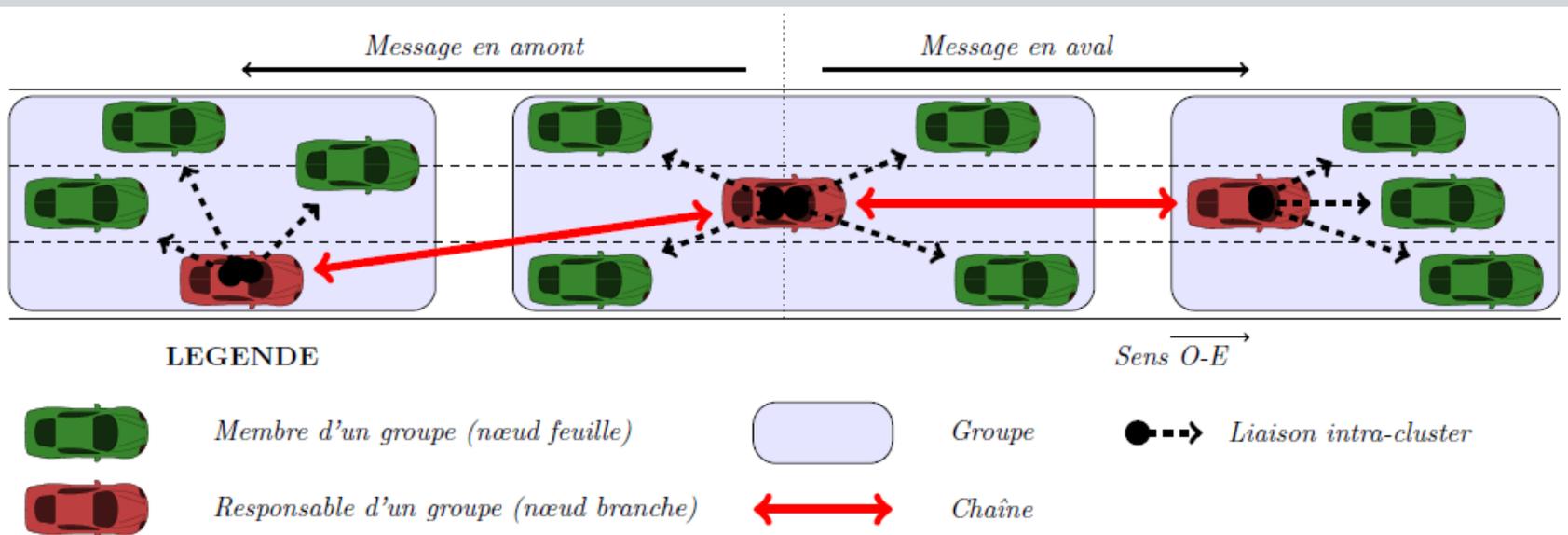


Structure virtuelle de communication qui aide à l'organisation des échanges de données applicatives



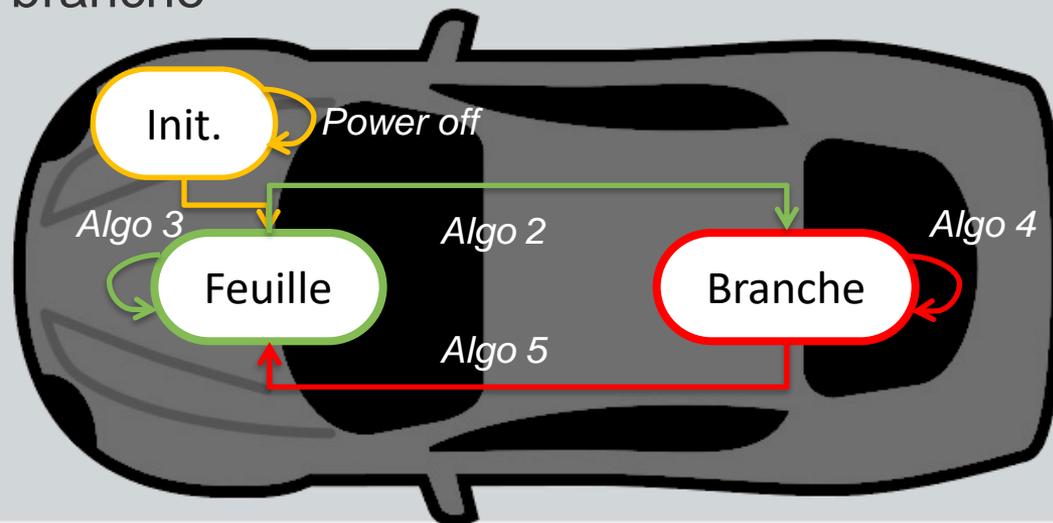
Services de communication de CBL

- Communication en voisinage proche
 - souvent partage de variables, la diffusion de messages
- Communication à plus d'un saut en amont et (ou) en aval du trafic routier
 - échanges de messages, ex. transfert d'alertes...



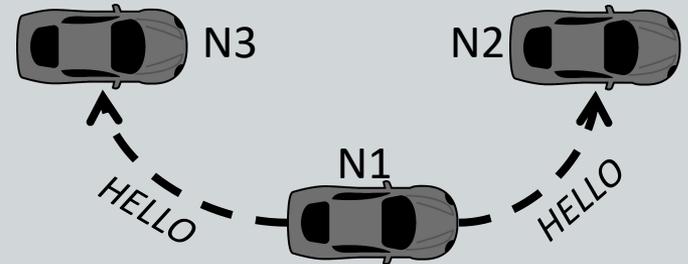
Volet 1– condition de fonctionnement

- Un véhicule possède une interface de communication (ex. IEEE 802.11p).
 - Cette interface est un nœud de communication de portée radio R.
- Le véhicule possède un système de positionnement (ex. GPS)
 - position P, vitesse V, angle de braquage σ .
- Nœud de communication sous tension à deux états actifs :
 - feuille ou branche



Volet 1 – condition de fonctionnement

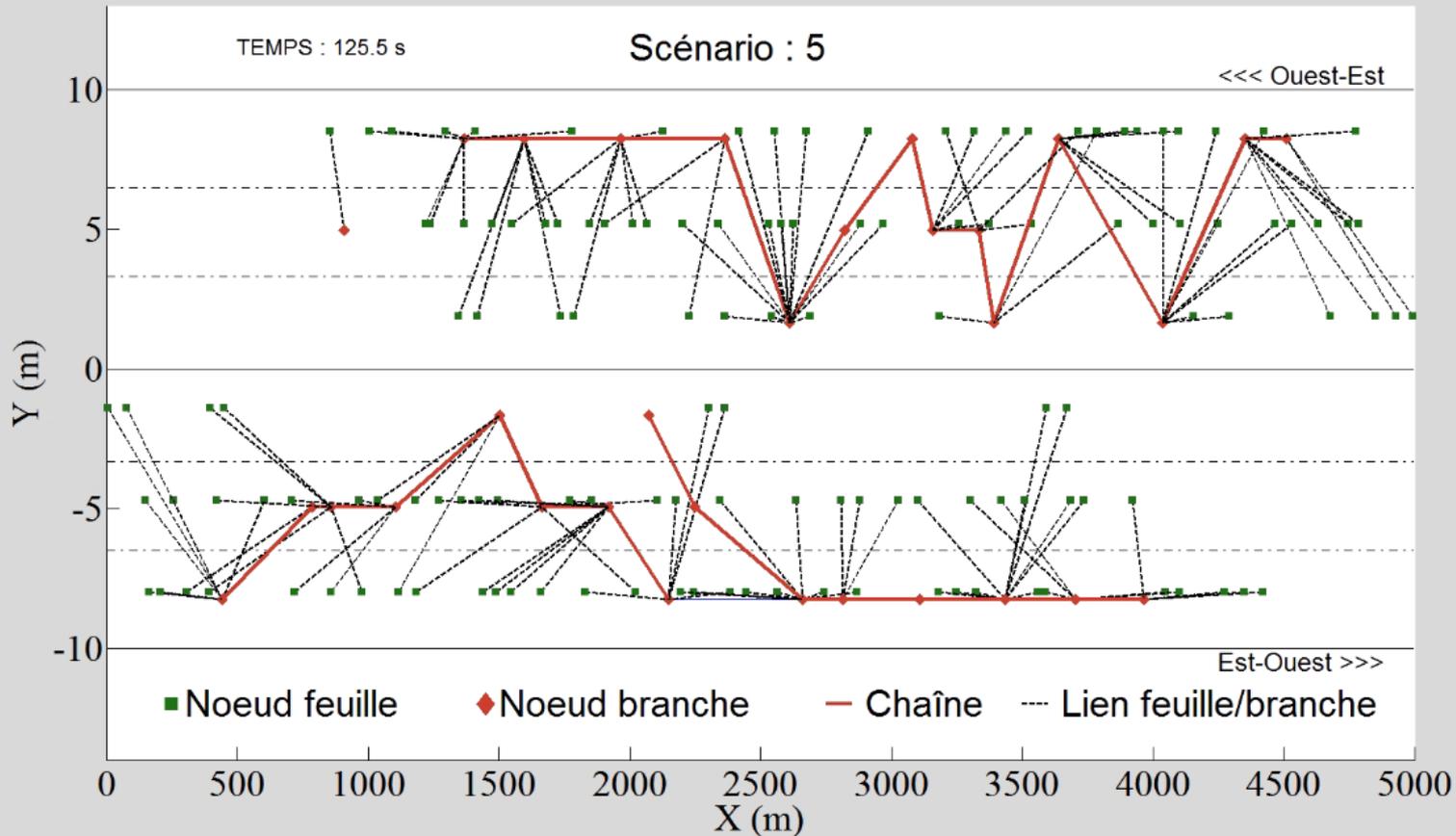
- Le nœud de communication met constamment à jour la connaissance du voisinage
 - Il émet périodiquement des messages de découverte du voisinage (message HELLO)
 - et reçoit ceux de ses voisins
 - construisant ainsi une connaissance locale du réseau à deux sauts
- Architecture V2V
 - Fonctionnement décentralisé
 - Sans service global de localisation



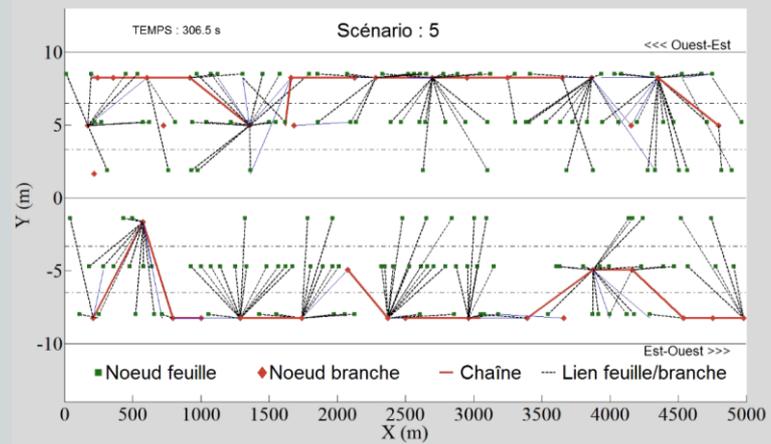
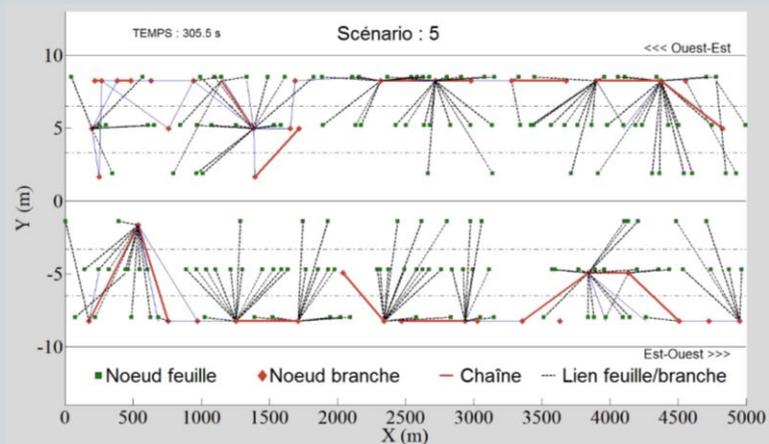
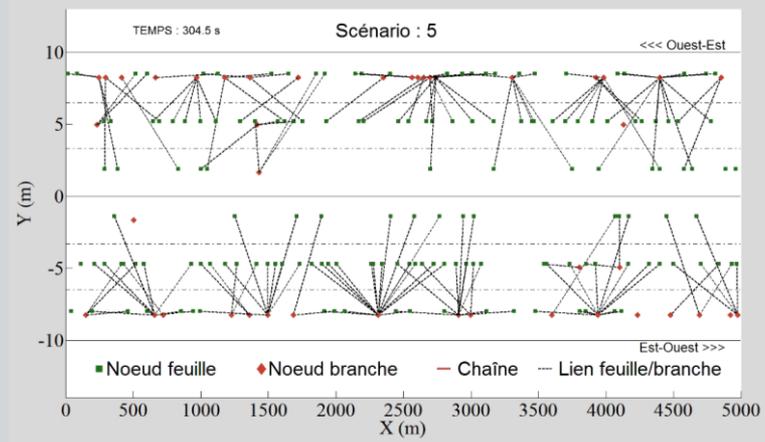
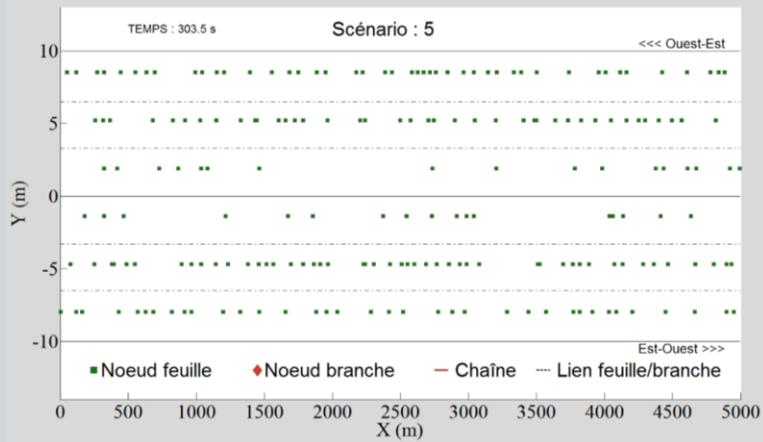
Informations sur le nœud N1 Position, vitesse ...
Adresse du nœud N2
Adresse du nœud N3
...



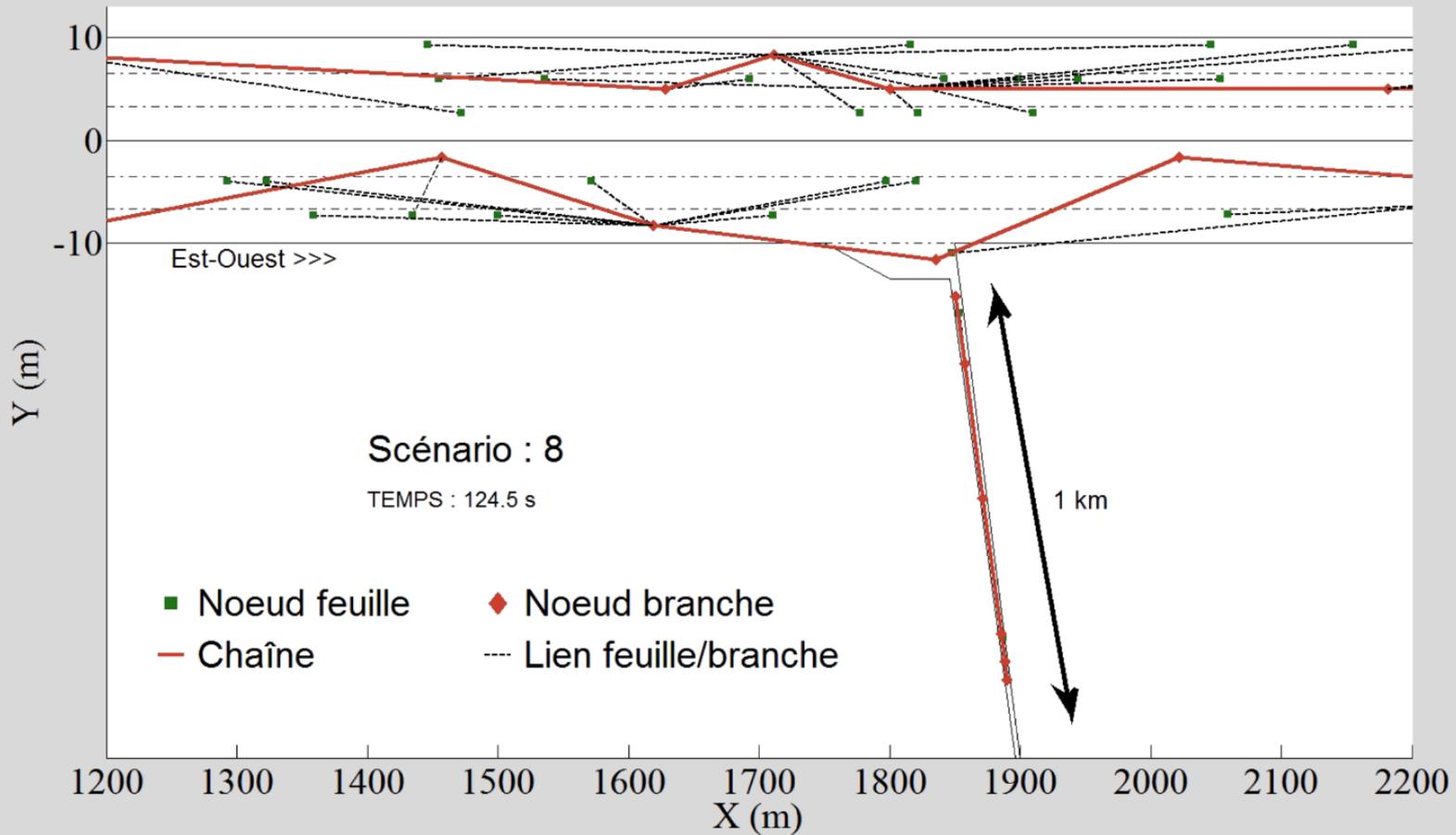
CBL avec arrivée progressive de nœuds dans une section de route



CBL après une perturbation locale de communication

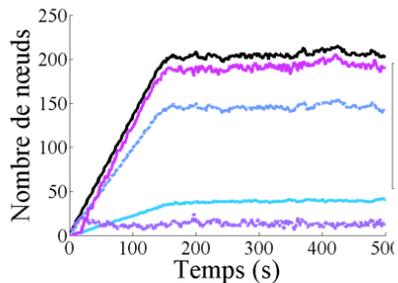


CBL dans une section de route avec une sortie



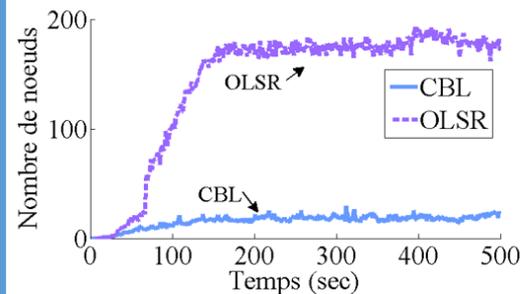
Principaux résultats structurels obtenus

Distribution des nœuds



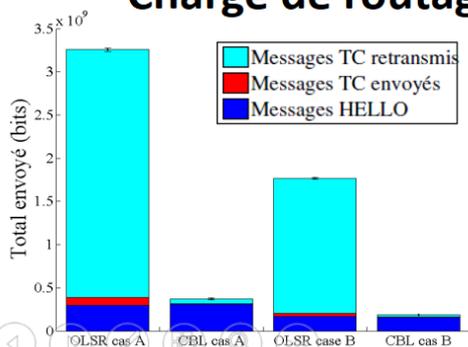
- 21% de nœuds branche
- 93,5% de nœuds MPR

Nombre de relais par broadcast



- CBL : 42 nœuds
- OLSR : 175 nœuds

Charge de routage



- Diminution de 20% des TC envoyés
- Diminution de 95% des TC retransmis

Message HELLO de recherche de voisinage
Message TC (*Topology Control*)

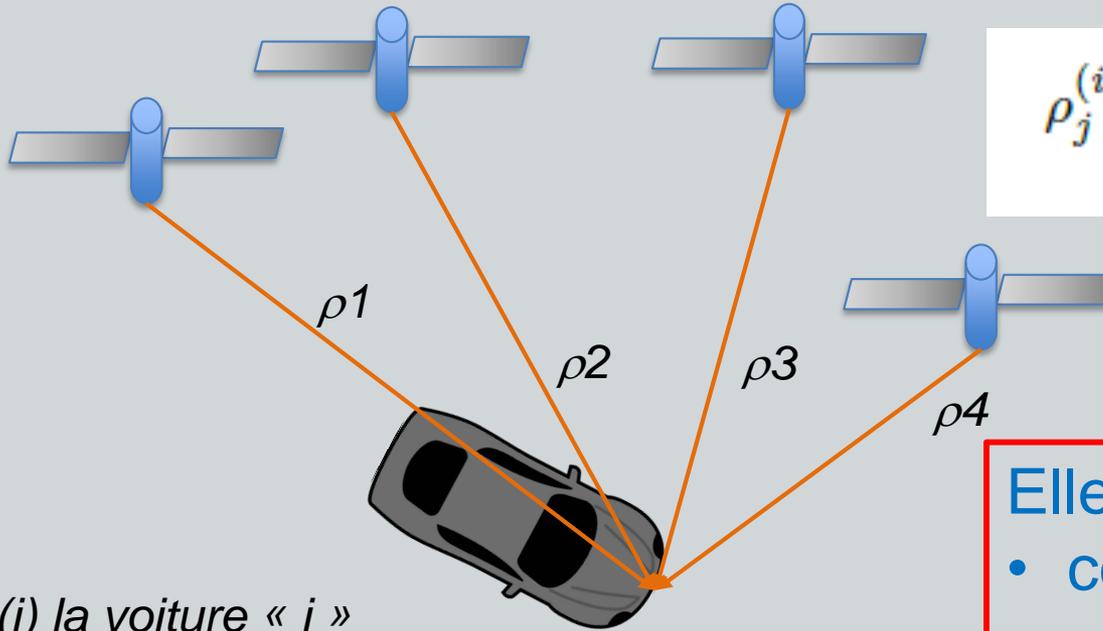


Volet 2 : application de localisation distribuée coopérative

- Application d'égo-localisation de [Rohani, *et al.*, 2015].
 - Rohani M., Gingras D., Gruyer D., « *A Novel Approach for Improved Vehicular Positioning Using Cooperative Map Matching and Dynamic Base Station DGPS Concept* », IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems, V.17, N.1, January 2016.
- Mise en œuvre sur CBL [Rivoirard, *et al.*, 2018b].
 - Rivoirard L., Wahl M., Sondi P., Gruyer D., Berbineau, M., « *A Cooperative Vehicle Ego-localization Application Using V2V Communications with CBL Clustering* », the 29th IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), Chang Shu, China, June 26-29, 2018.



L'information de localisation d'un récepteur GPS est calculée au moyen de pseudo-distance



$$\rho_j^{(i)} = D_j^{(i)} - c\delta t^{(i)} + \zeta_j^{(i)} + \eta^{(i)}$$

Elle est entachée d'erreurs

- communes aux satellites
- non communes

(i) la voiture « i »

ρ_j : pseudo-distance mesurée par le véhicule

D_j : distance géométrique entre la voiture et le satellite

δt : erreur de synchronisation d'horloges

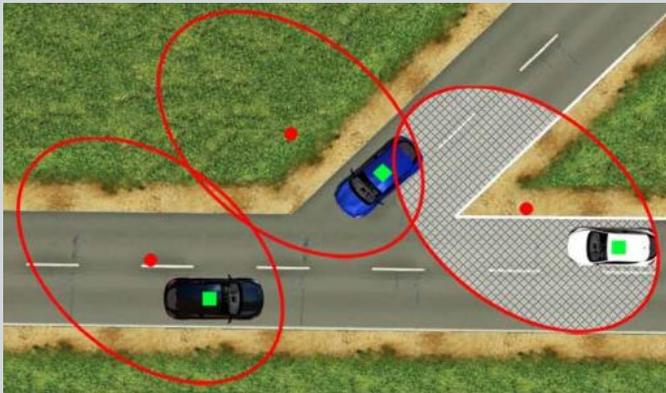
ζ_j : erreur commune

η_j : erreur non commune



Qu'est-ce que la localisation distribuée

- Une information de localisation « précise » est nécessaire à de nombreuses applications
 - Cependant, faible précision du positionnement par GPS
- La localisation distribuée coopérative telle que proposée dans [Rohani, *et al.*, 2015] permet à un véhicule d'améliorer sa localisation en prenant en compte le positionnement des véhicules voisins sans avoir une connaissance de leur éloignement.



C'est un algorithme à deux étapes.

Source de l'image :
[Rohani, *et al.*, 2015]

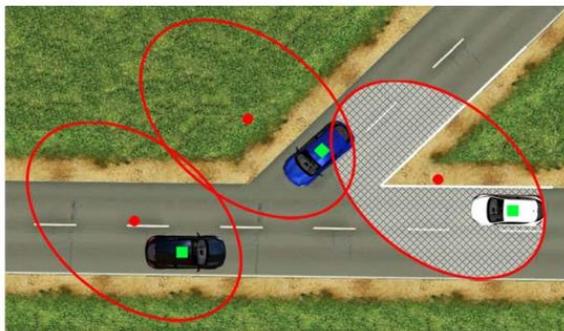


[Rohani, et al., 2015] propose d'améliorer le positionnement par localisation coopérative

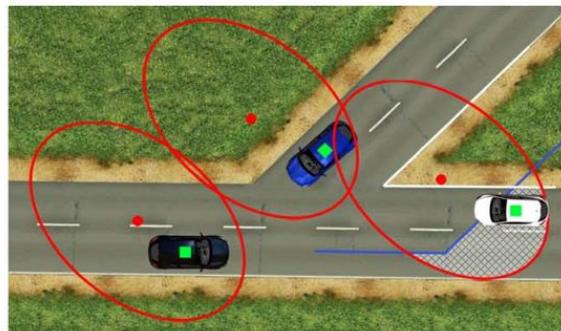
E1) « les erreurs communes liées à chaque satellite visible j conduisent au même biais de la position GPS pour chaque véhicule « i » dans un voisinage » [Rohani, et al., 2015]

Algorithme CMM de corrélation cartographique coopérative (*Cooperative Map Matching*)

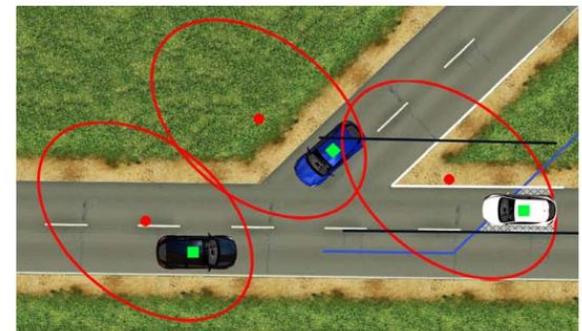
- Chaque véhicule « i » diffuse à son voisinage sa mesures de pseudo-distance $\rho_j^{(i)}$ de chacun des satellites j visibles
- Les véhicules calculent leur nouvelle position en fonction des contraintes du réseau routier



(a)

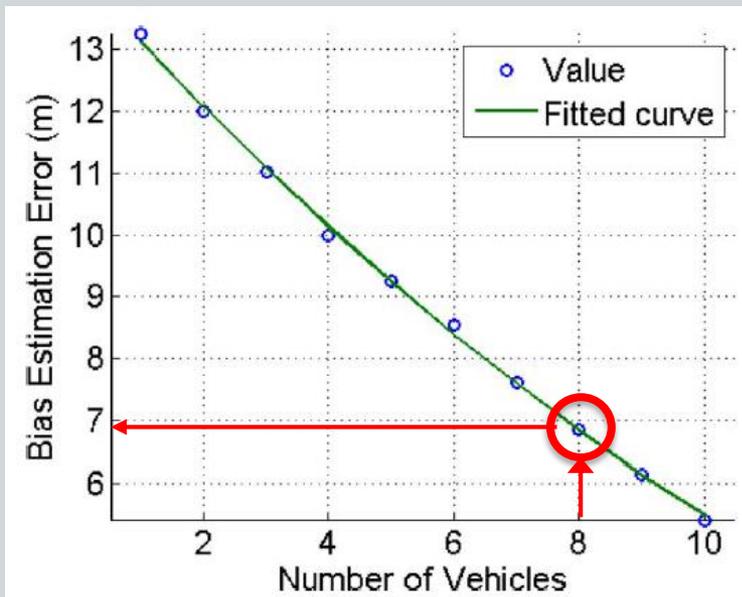


(b)

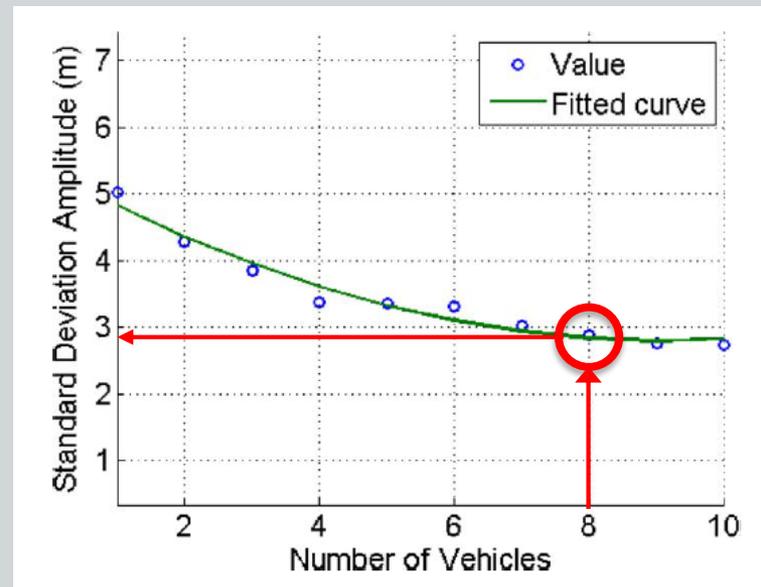


(c)

CMM – amélioration de la position en fonction du nombre de véhicule



Erreur de positionnement



Ecart type de l'erreur

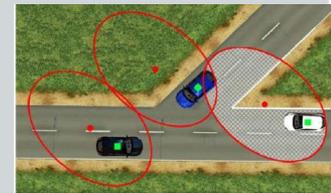


Application de localisation coopérative

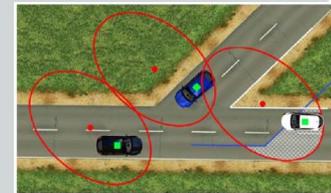
E2) algorithme DDGPS (*Dynamic base station DGPS*)

La fonction DDGPS permet à chaque véhicule de corriger son estimation de position sur la base de la connaissance partagée des informations de correction de biais d'erreurs pour chaque satellite :

- Chaque véhicule calcule alors une correction de pseudo distance $\Delta\rho_j^{(i)} = \hat{D}_j^{(i)} - \rho_j^{(i)}$ et sa variance $\sigma_j^{(i)}$
- qu'il diffuse.
- Lorsqu'un véhicule reçoit plusieurs corrections,
 - il les fusionne si et seulement si elles sont indépendantes : les ensembles de véhicules qui ont permis leur calcul sont disjoints,
 - Sinon, il ne conserve que la valeur de correction pour laquelle la variance est la plus faible.



(a) Étape 1



(b) Étape 2



(c) Étape 3



Adaptation au schéma CBL

La définition des nœuds branche et feuille créent des groupes disjoints et indépendants identifiables par leur nœud branche

- Seules les nœuds feuille envoient leurs mesures de pseudo-distances à leur nœud branche.
- Les nœuds branche exécutent à la fois les applications CMM et DDGPS pour calculer les données de correction pour chaque satellite visible.
- Seuls les nœuds branche sont autorisés à relayer les messages DDGPS contenant des corrections de pseudo-distances, à destination de leurs nœuds feuille et des nœuds branche en amont de leur chaîne.

Paquet CMM

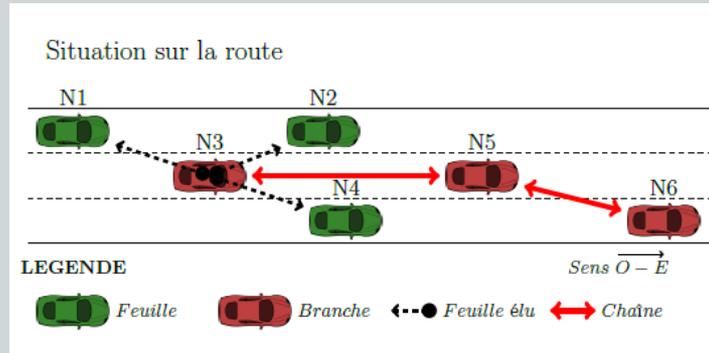
0										1										2										3									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Identifiant du satellite j																																							
Mesure de pseudo-distance $\rho_j^{(i)}$ pour le satellite j																																							
...																																							
Identifiant du satellite k																																							
Mesure de pseudo-distance $\rho_k^{(i)}$ pour le satellite k																																							

Paquet DDGPS

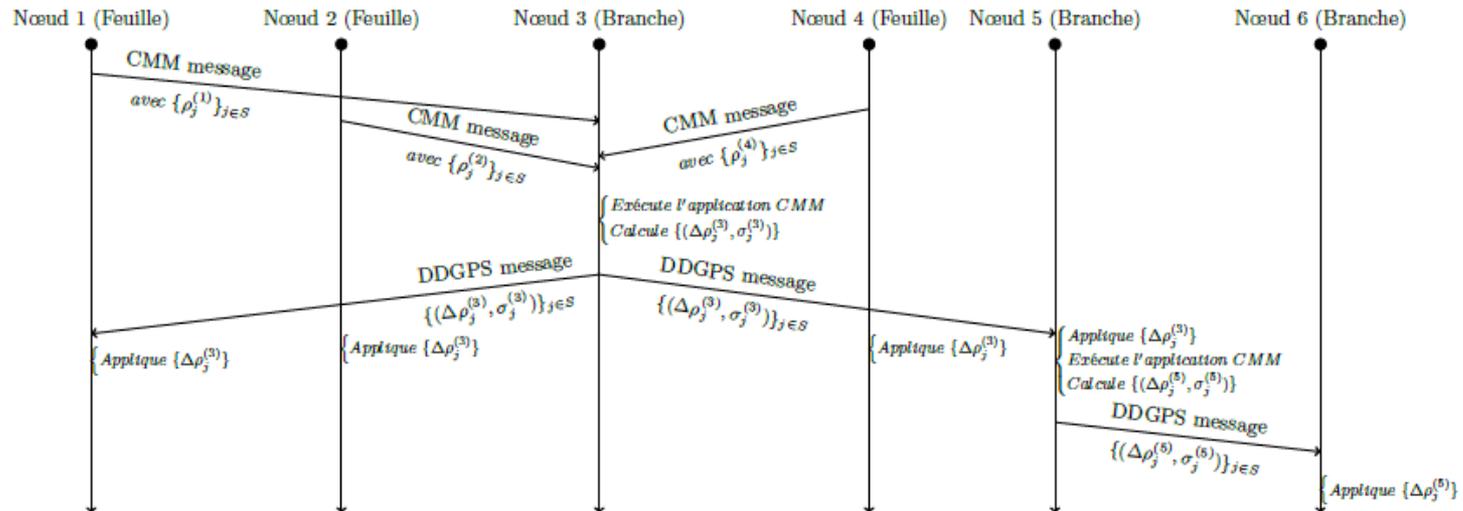
0										1										2										3									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Identifiant du satellite j																																							
Variance de la correction de pseudo-distance $\sigma_j^{(i)}$ pour le satellite j																																							
Correction de pseudo-distance $\Delta\rho_j^{(i)}$ pour le satellite j																																							
...																																							
Identifiant du satellite k																																							
Variance de la correction de pseudo-distance $\sigma_k^{(i)}$ pour le satellite k																																							
Correction de pseudo-distance $\Delta\rho_k^{(i)}$ pour le satellite k																																							



Adaptation au schéma CBL

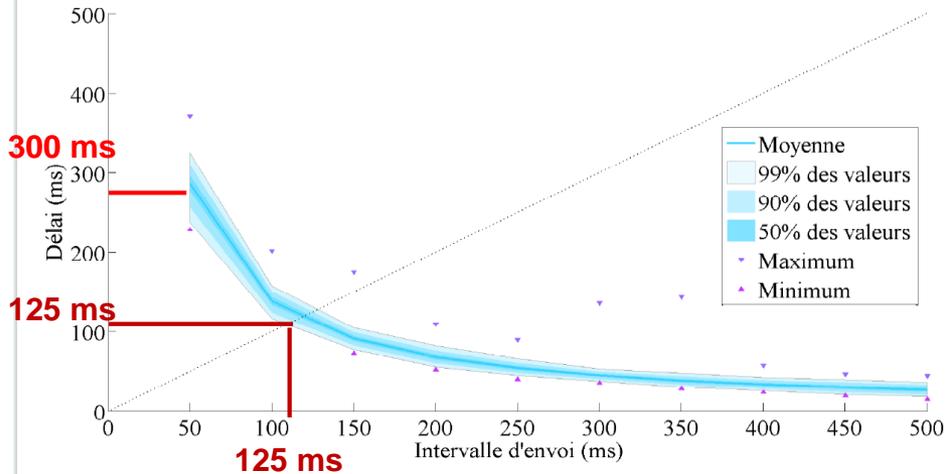


Échange de messages CMM et DDGPS (S correspond à l'ensemble des satellites visibles)



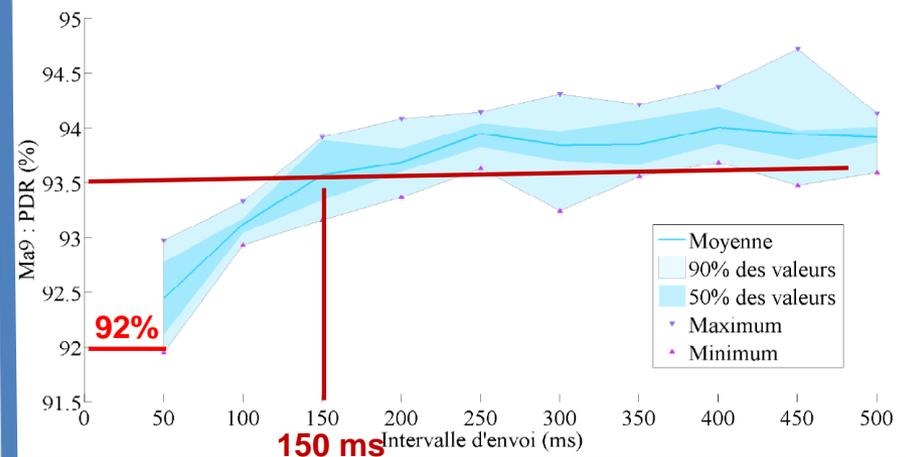
Résultats des simulations

Délai en fonction de la périodicité de transmission



- Délais moyens < à 300ms
- 125 ms = valeur limite de l'intervalle entre deux envois de messages au dessous de laquelle les délais deviennent > à l'intervalle.

Taux de paquets reçu en fonction de la périodicité de transmission



- Taux de paquets reçus toujours > à 92%
- et en moyenne > à 93% lorsque l'intervalle d'envoi est > à 150 ms



En résumé

- L'algorithme distribué coopératif CBL offre les services d'une infrastructure virtuelle stable dynamiquement à la couche application
 - CBL permet de limiter le trafic de routage induit au bénéfice du trafic applicatif
- Les groupes disjoints constitués par les clusters sont un atout pour l'application de [Rohani, *et al.*, 2015]
 - sous réserve que les nœuds branches n'exécutent l'algorithme DDGPS que sur l'ensemble des valeurs en provenance de leurs feuilles (groupes disjoints) ;
 - que les valeurs de correction ne soient diffusées que dans un sens du trafic.
- Poursuite des travaux en intégrant l'infrastructure (communication V2I).
 - Interconnexion entre CBL et l'infrastructure (V2I)
 - Étude de la répartition du trafic applicatif entre les structures V2V et le V2I en fonctions des contraintes applicatives.



Merci de votre attention

