



LES RÉSEAUX VANET VEHICULAR ADHOC NETWORKS

1

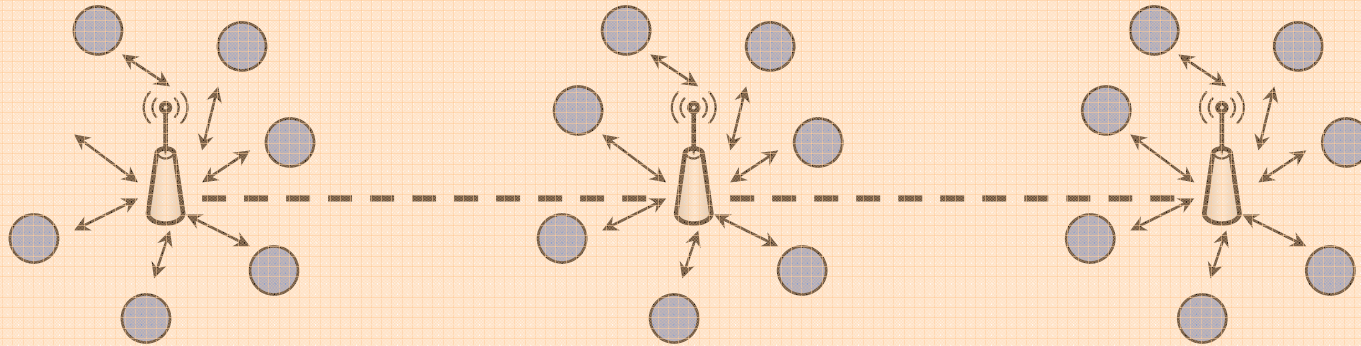
La plupart des transparents présentés ici sont basés sur une présentation du Prof Fethi Filali (EURECOM)

PLAN

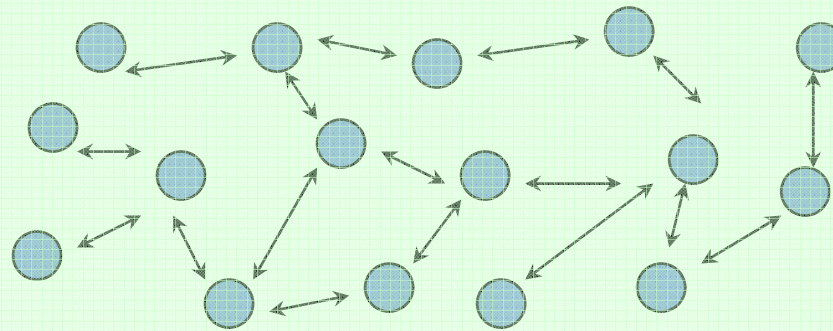
- Motivations - applications des VANETS
- Activité de standardisation – projets de recherches
- Couche physique et MAC
 - DSRC, WAVE, et 802.11p
- Couche réseau: data forwarding
- Conclusions et perspectives

CELLULAR NETWORKS – MANETs - VANETs

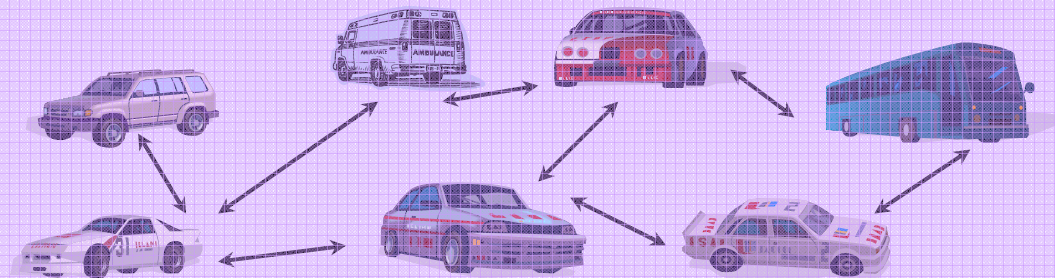
**Cellular
Networks**



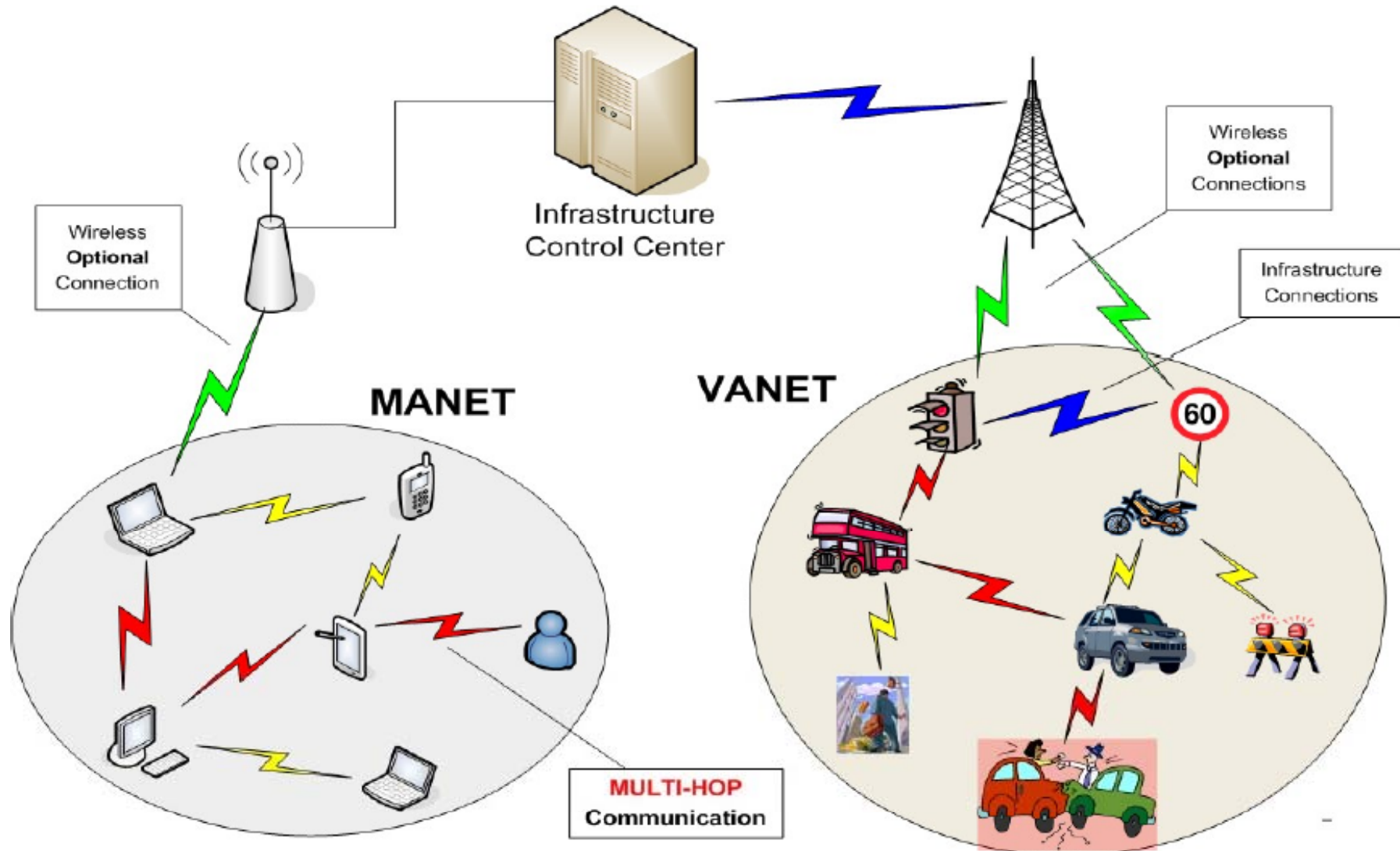
**Mobile Ad-hoc
Network
(MANET)**



**Vehicular Ad-hoc
Network
(VANET)**



MANET VS VANET



VANET: CARACTÉRISTIQUES

- Mobilité des véhicules
 - Les liens entre véhicules sont **dynamiques** et **instables**
- Mobilité directionnelle
- **Nécessité de garantie de bande passante et de délai**
 - Dépend des applications (safety or non-safety, delay-tolerant or not, single media or multimedia, etc.)
- CPU, mémoire et énergie **NE** sont pas des ressources clés (contrairement aux réseaux ad hoc / capteur)

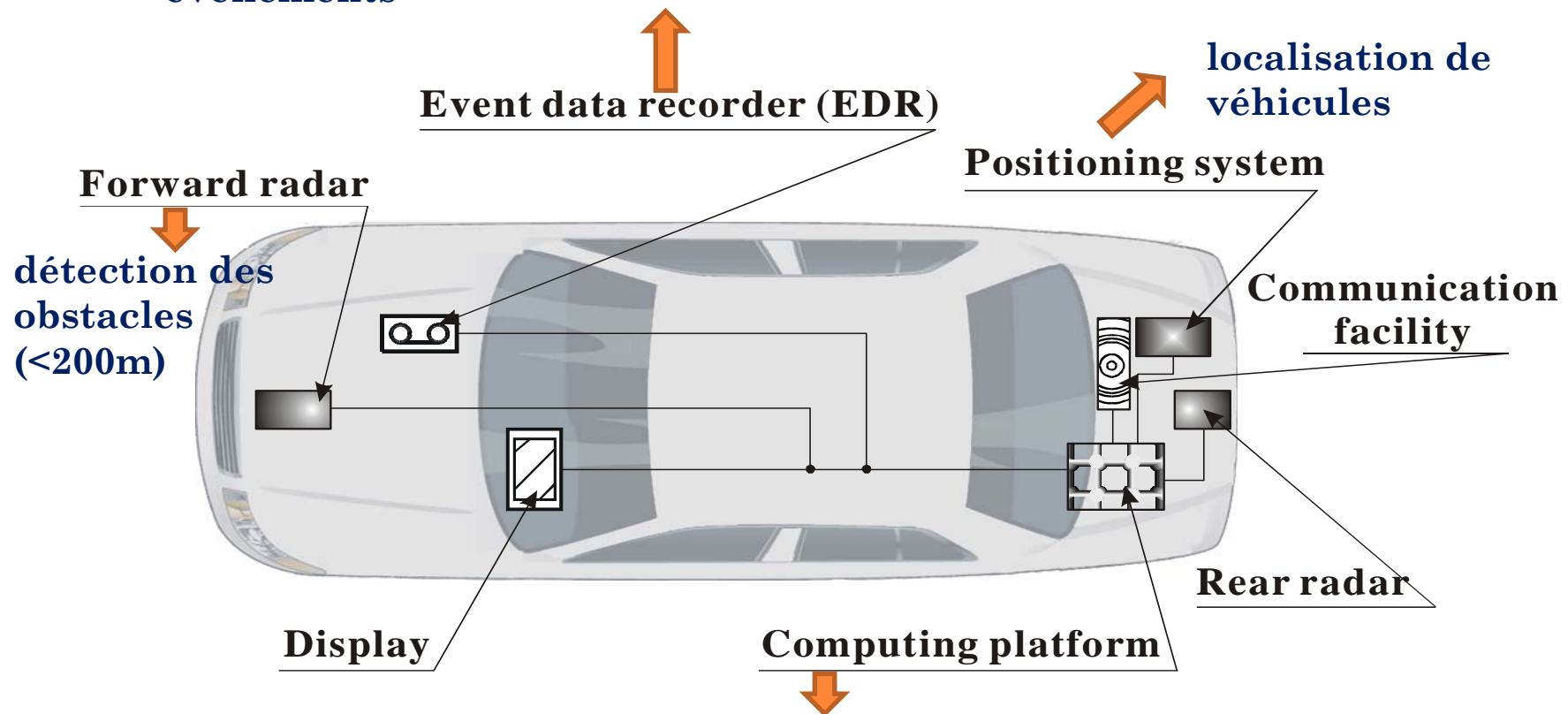
DIVERS ACRONYMES

- **VANET**: Vehicular Adhoc NETWORKs
- **VAN**: Vehicular Adhoc Network
- **CC**: Car Communications
- **WVN**: Wireless Vehicular Networks
- **WCN**: Wireless Car Networks
- **V2VC**: Vehicle-to-Vehicle Communications
- **V2IC**: Vehicle-to-Infrastructure Communications
- **C2C**: Car to Car Communications

→ Même signification

SMART CARS (VÉHICULES INTELLIGENTS)

- Utilisé pour enregistrer des paramètres importants: Vitesse, Accélération, évènements importants (accidents...)
- Ces données peuvent être utilisées pour la reconstruction des évènements



Processing des entrées provenant des différentes composantes utilisées
→ générer des informations utiles à échanger avec d'autres véhicules ou avec l'infrastructure

SMART CAR DISPLAY



SMART CAR DISPLAY

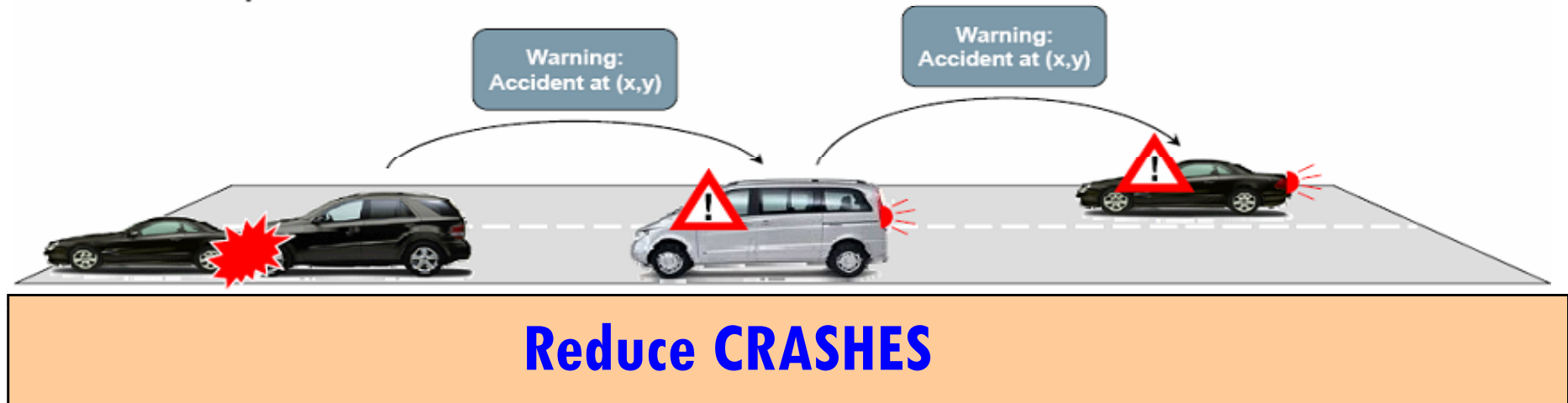


SMART CAR DISPLAY EXAMPLES



APPLICATIONS POSSIBLES

- VC promises safer roads,



**Improve Driver
Situational Awareness**

- Emergency Vehicle Warning
- Inter-Vehicle warning

**Minimize effects
of Driver Error**

- Intersection collision avoidance
- Curve speed Deceleration

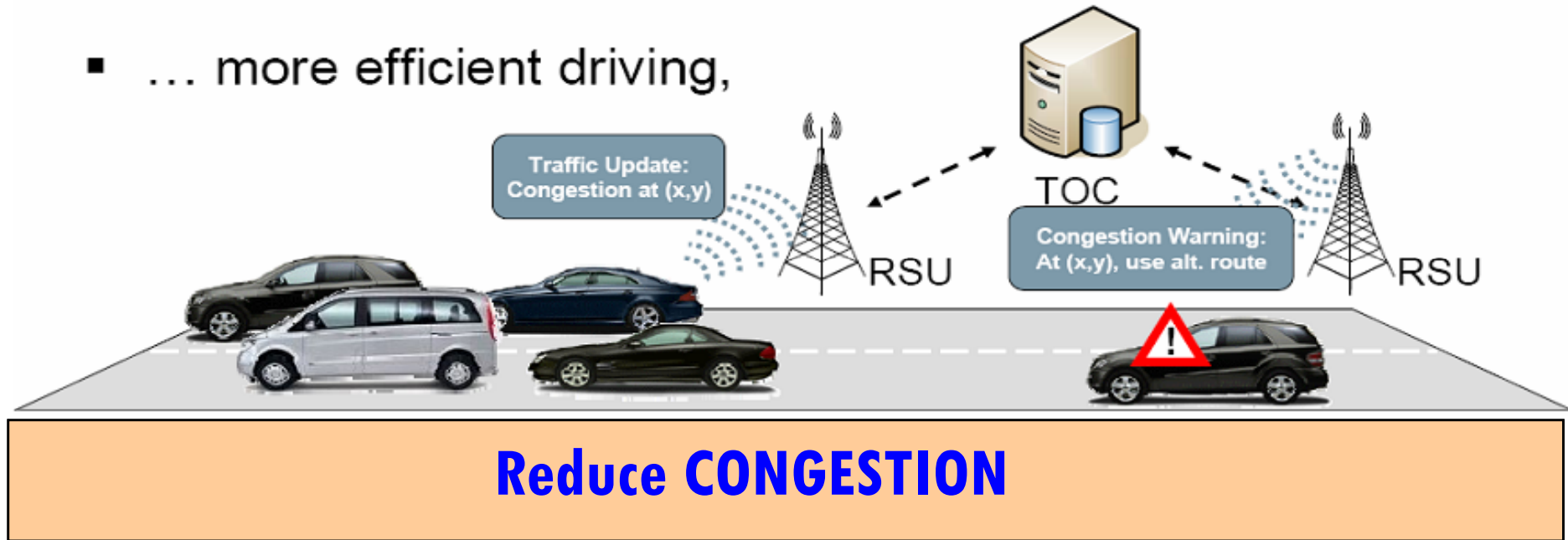


**Increase
Automation?**

- Automatic Driver Assistance?

APPLICATIONS POSSIBLES

- ... more efficient driving,



Improve Traffic Information

- Real time traffic information
- Alternative route guidance

Improve Situational Roadway Awareness

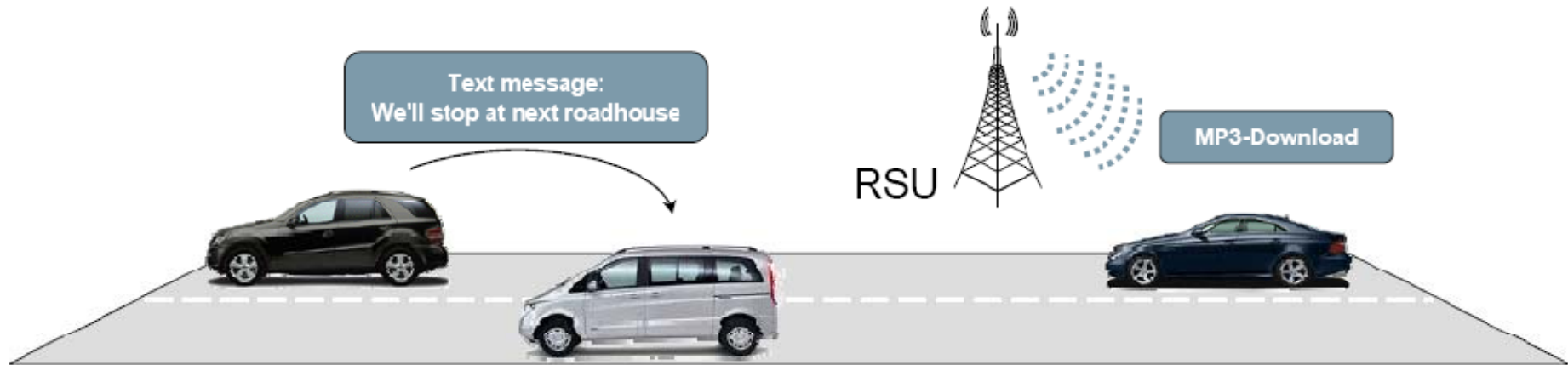
- Dynamic roadway condition info.
- Emergency situation management



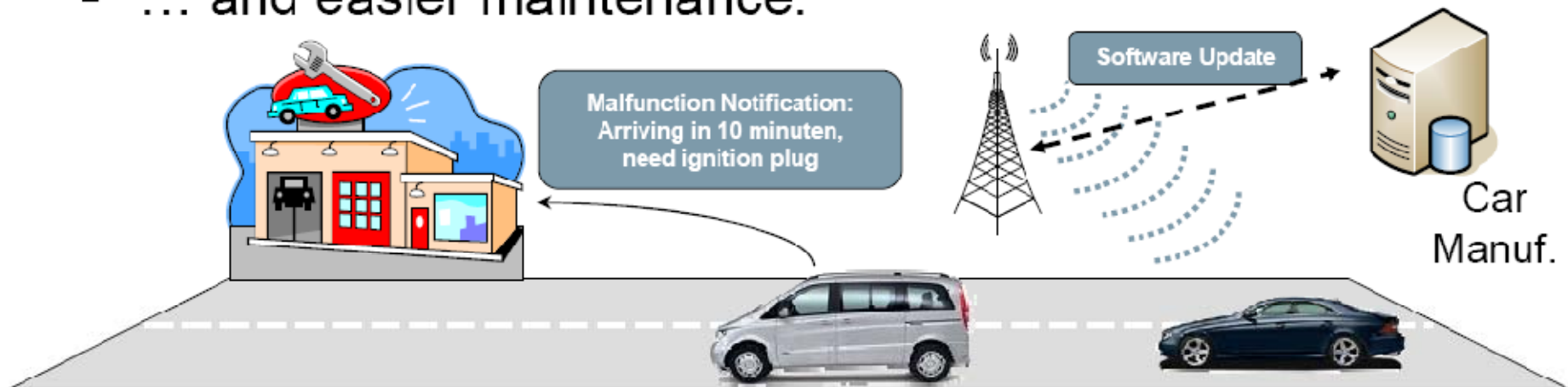
- Dynamic flow control?
- Dynamic roadway pricing?

APPLICATIONS POSSIBLES

- ... more fun,



- ... and easier maintenance.



ET AUSSI...

- Détection de **fraudes**

- Detecter le non respect des signes (feu...)
- Detecter les id. des véhicules

- Accès **Internet**

- Services d'information
- Divertissement (jeux distribués)

- Mesure de **pollution**

- Les taxes peuvent être fixés selon ces mesures

- Découverte d'emplacement libre dans un **parking**

VANETS: PARADIGMES DE COMMUNICATION

- I: infrastructure:
 - En général fixes (WiFi...)
 - Peut être mobile (Véhicules policier dédié)
- V: Vehicle:
 - Voitures
 - Peut inclure aussi les bus, trains,...etc.
- Communication paradigms:
 - **V2I**: Vehicle to Infrastructure
 - **V2V**: Vehicle to Vehicle
 - **V2V2I**: Vehicle to Vehicle to Infrastructure
 - **I2V**: Infrastructure to Vehicle
 - **I2V2V**: Infrastructure to Vehicle to Vehicle
 - **In-vehicle** (In-car) communication

PARADIGMES ET APPLICATIONS

Paradigm	Maximize throughput	Minimize delay
I2V	<ul style="list-style-type: none">• Send MP3 Video• Navigational Map updates• Local Advertising	<ul style="list-style-type: none">• “Construction ahead” message• Running red light notification• Turn left assistant
V2I	<ul style="list-style-type: none">• Send/Receive emails• Data sync.	<ul style="list-style-type: none">• Send notification of accident• Emergency traffic signal preemption
V2V	<ul style="list-style-type: none">• Data exchange (music, video)	<ul style="list-style-type: none">• Lane change warning• Hard braking notification• Emergency vehicle approaching

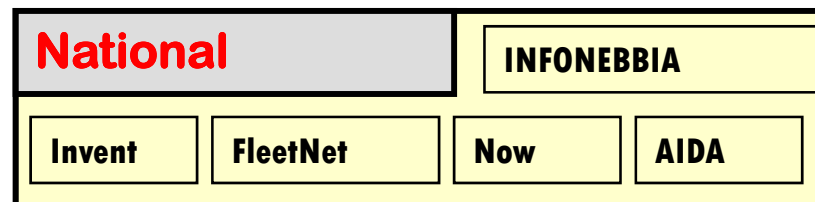
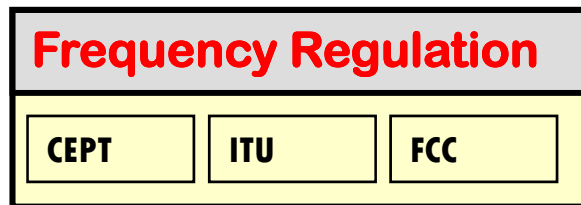
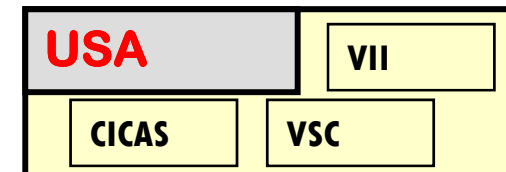
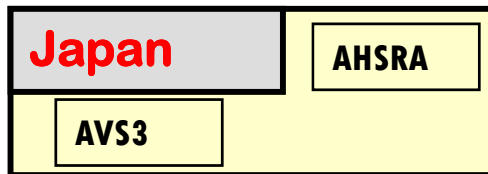
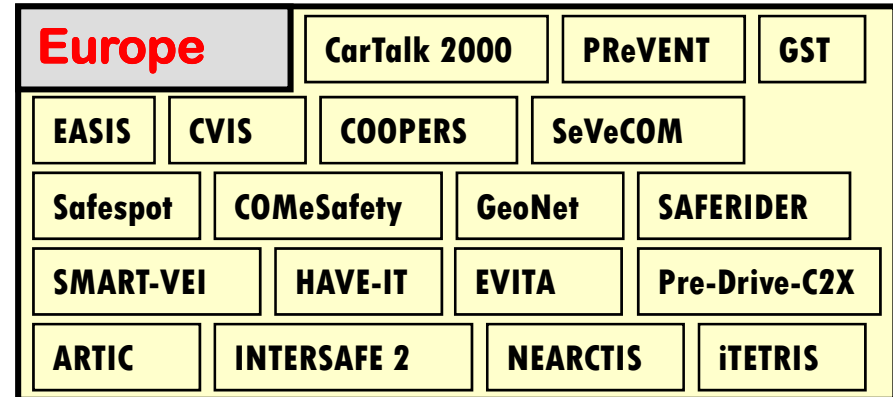
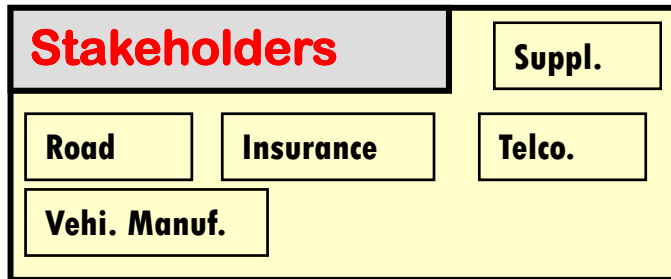
PLAN

- Motivations - applications des VANETS
- **Activité de standardisation – projets de recherches**
- Couche physique et MAC
 - DSRC, WAVE, et 802.11p
- Couche réseau: data forwarding
- Conclusions et perspectives

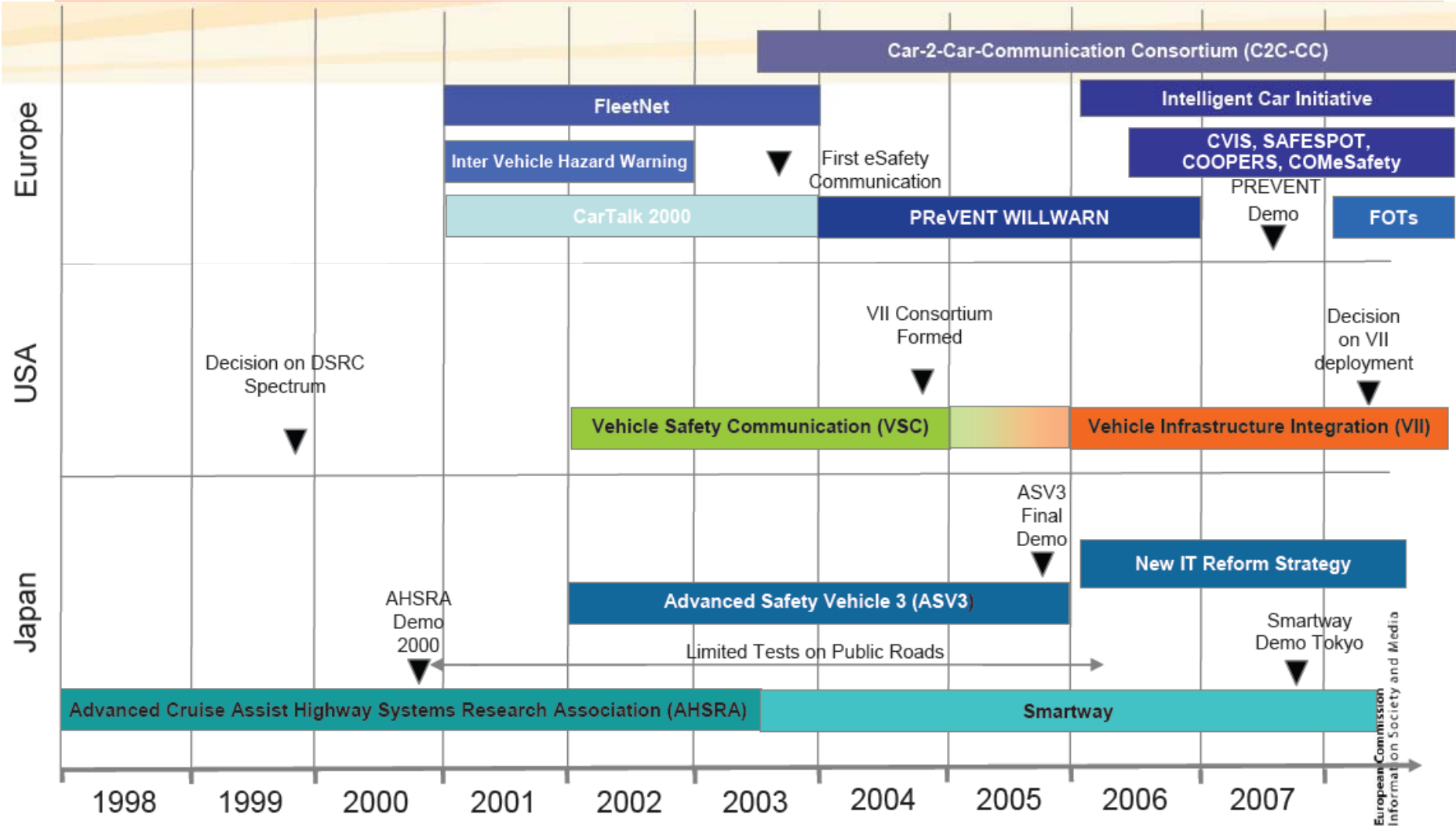
POINT DE DÉPART....

- **1999:** la commission fédérale de communication aux U.S. a alloué 75 MHz of Dedicated Short-Range Communication (DSRC) spectrum at 5.9 GHz à utiliser exclusivement pour les communications **V2V** et **I2V**
- L'objectif
 - principal: **public safety applications**
 - Secondaire: les services privés sont permis pour encourager l'adoption de DSRC

INCREASING INTEREST: PROJECTS, CONSORTIUMS, FORUMS, ALLIANCES, STANDARDIZATION BODIES, ...



EVOLUTION OF THE ITS ACTIVITIES WORLDWIDE



©Holmberg and Heiber, European Commission

CAR-TO-CAR COMMUNICATION CONSORTIUM - EU



CAR 2 CAR COMMUNICATION CONSORTIUM



Workgroup
Architecture

Workgroup
Applications

Workgroup
Standardization

Workgroup
Phy/MAC

Workgroup
Security

PLAN

- Motivations - applications des VANETS
- Activité de standardisation – projets de recherches
- Couche physique et MAC
 - DSRC, WAVE, et 802.11p
- Couche réseau: data forwarding
- Conclusions et perspectives

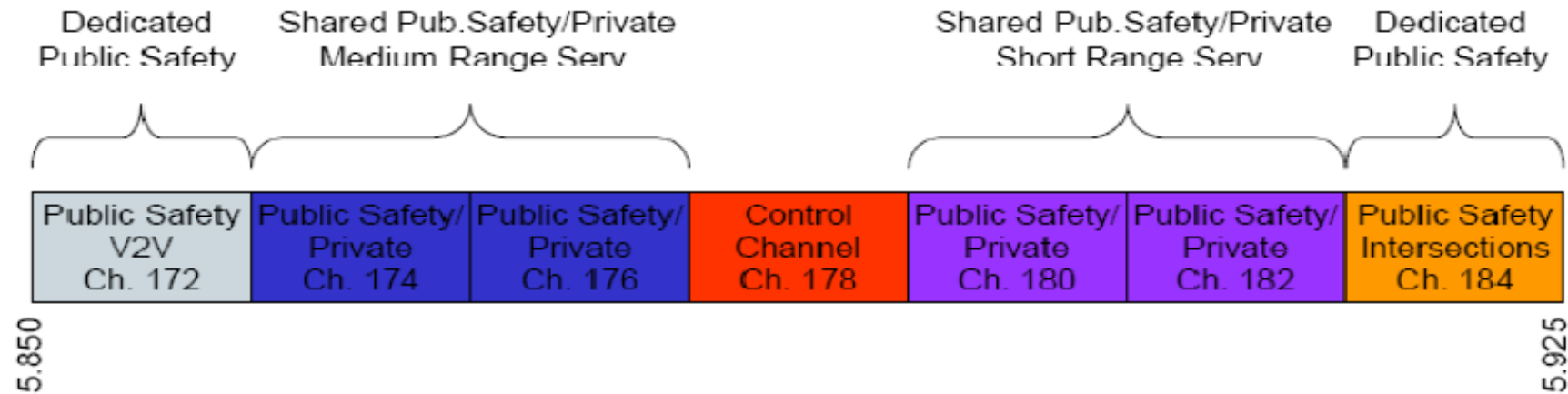
NÉCESSITÉ D'UN NOUVEAU MODÈLE PHY/MAC POUR VC?

- Déplacement des véhicules à **grande vitesse**
(contrairement à 802.11)
- **Doivent** opérer selon le modèle:
 - **master/slave** (communications to roadside)
 - **peer-to-peer** (communicate directe entre véhicules)
- **Doivent** changer de canal dans quelques microsecondes
- **Doivent** contrôler la puissance dynamiquement pour minimiser les interférences
- ...

MODÈLES PHY/MAC POUR VC...

- **DSRC**: Dedicated Short Range Communication
 - 75 MHz spectrum (at 5.9 GHz)
- **IEEE 1609 - WAVE**: **W**ireless **A**ccess in **V**ehicular **E**nvironments
 - Set of standards for VC
- **IEEE 802.11p**: 802.11a modification for:
 - **V2V**: Vehicle-to-Vehicle Communication
 - **V2I**: Vehicle-to-Infrastructure Communication

IEEE 802.11P: COUCHEPHYSIQUE



- **Based on 802.11a**
- **7 channels of 10 MHz**
 - Can combine two channels for **additional bandwidth**
 - **10MHz: 6 ... 27 Mbps, 20 MHz: 6 ... 54 Mbps**
- **Maximum Range: 1000m**
 - Different transmission powers
- **Some details still missing, e.g. channel reservation protocol**

IEEE 802.11P: COUCHE PHYSIQUE

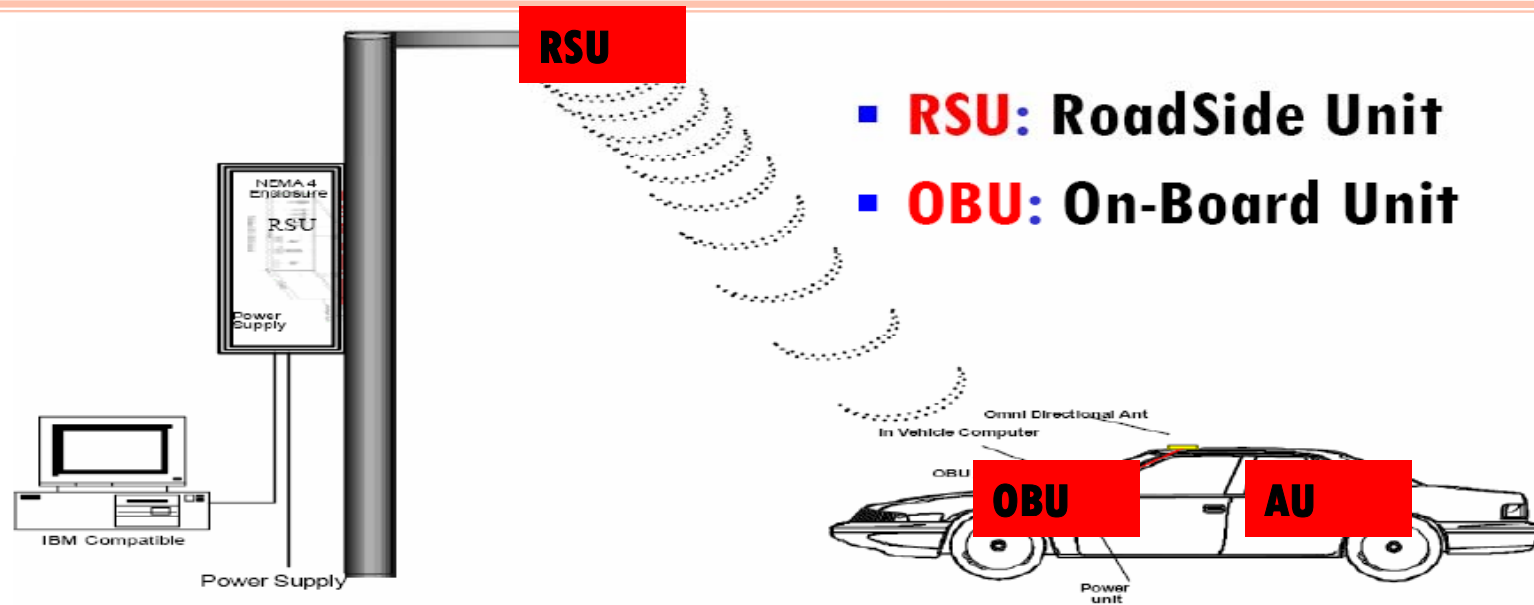
- Objectif:
 - Permettre des communications inter-véhicules (rail et marin inclus)
 - Vitesse max 200km/h
- Dérivée du **IEEE 802.11a**
 - en gardant
 - les mêmes algorithmes de base et techniques de modulation
 - En apportant certaines adaptation aux VANETs
 - Pas d'association/authentication
 - Utilisation d'une puissance de transmission spécifique
 - Utilisation de plusieurs canaux ayant différents débits

ENSEMBLE DE STANDARDS IEEE 1609 (WAVE)

- Ensemble de standards IEEE 1609 pour le Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) définit:
 - L'architecture,
 - Le modèle de communications,
 - La structure de gestion
 - Les mécanismes de sécurité
 - L'accès physique
 - Les communications dans l'environnement véhiculaire

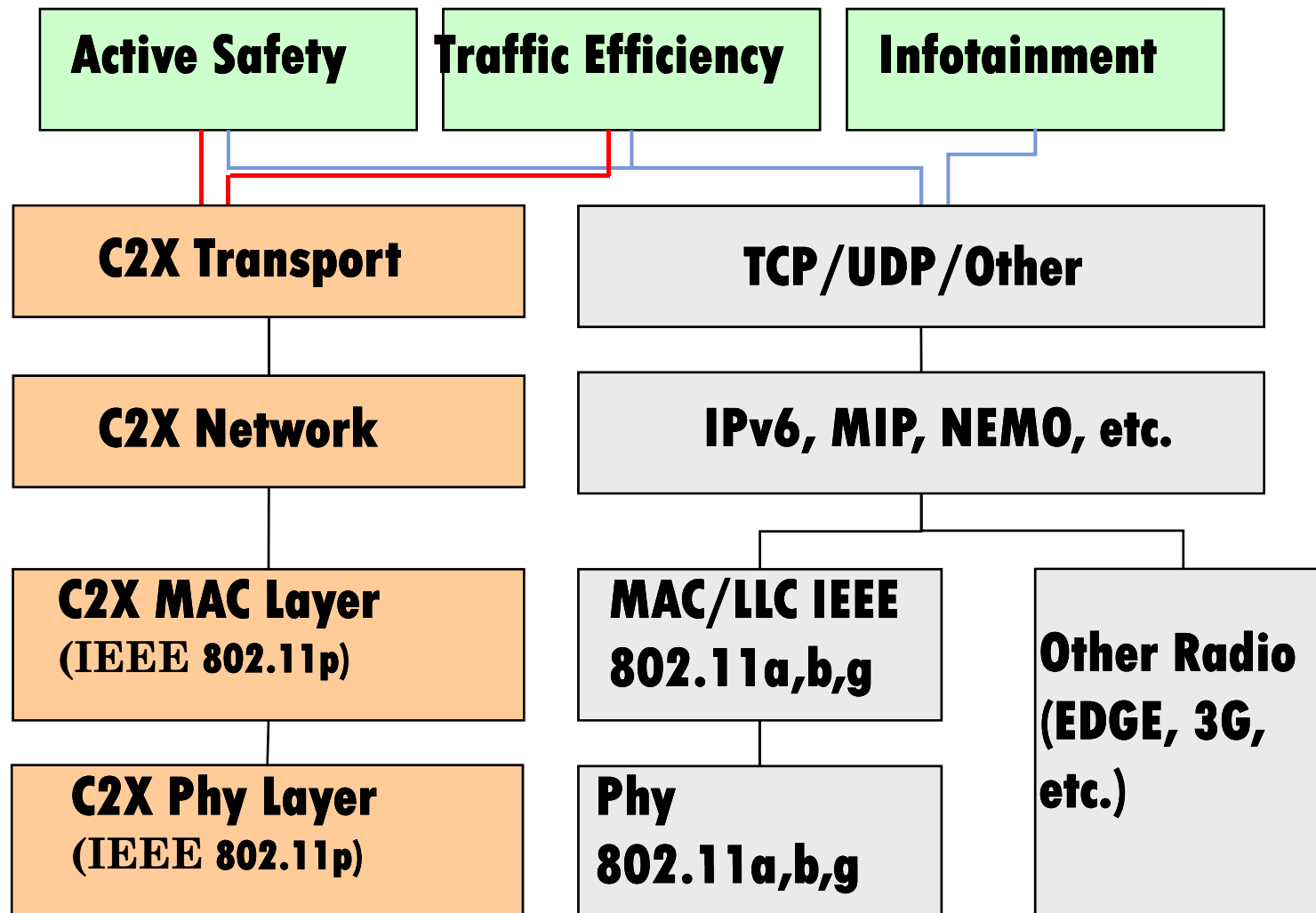
- Composantes architectural de base
 - **On Board Unit (OBU)**,
 - **Road Side Unit (RSU)**
 - Interface WAVE

ARCHITECTURE: RSU, OBU, ET AU

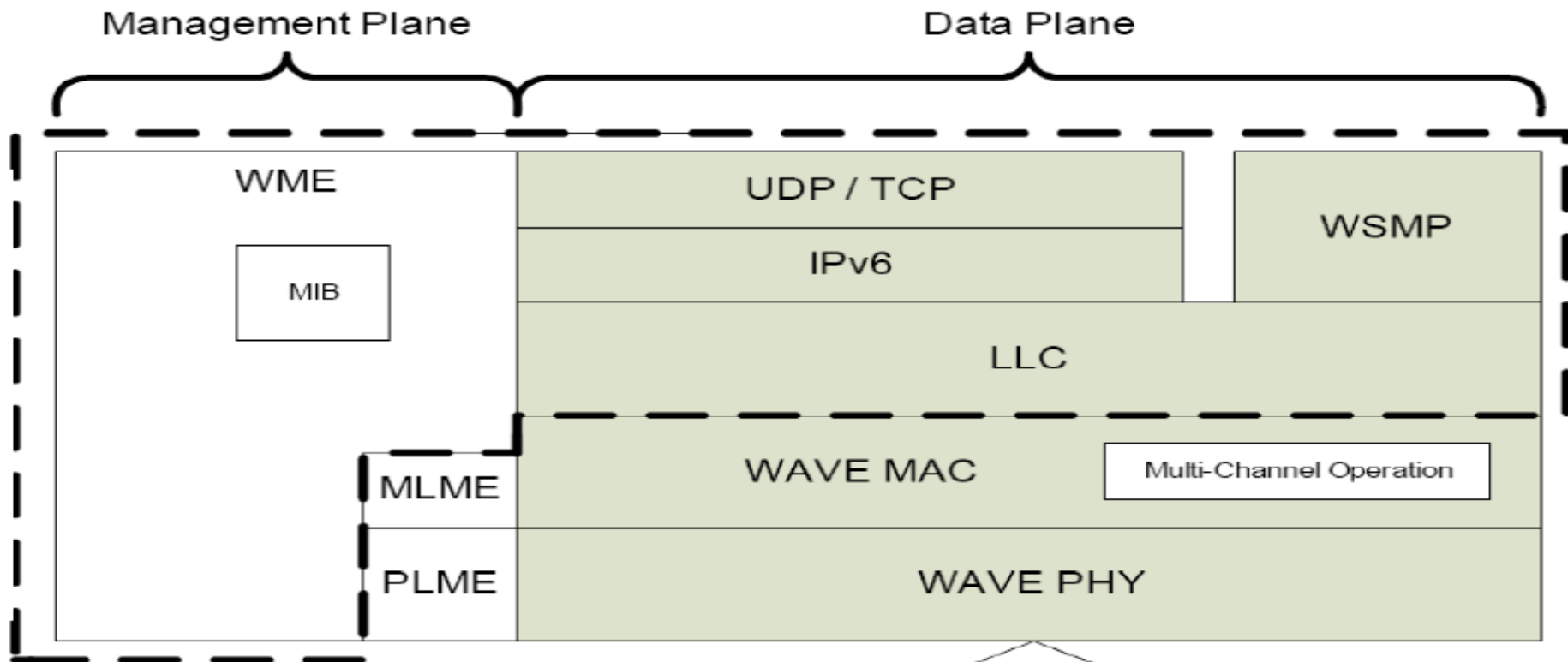


- RSUs et OBUs:
 - peuvent fournir ou utiliser des services (mais pas les deux en même temps)
- AUs
 - Outils embarqué ou portable tournant des applications
 - connecté à l'OBU (sans fil ou filaire)

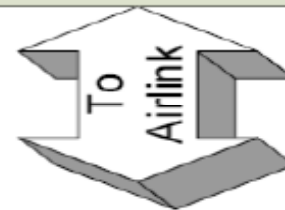
ARCHITECTURE DE COMMUNICATION (WAVE):



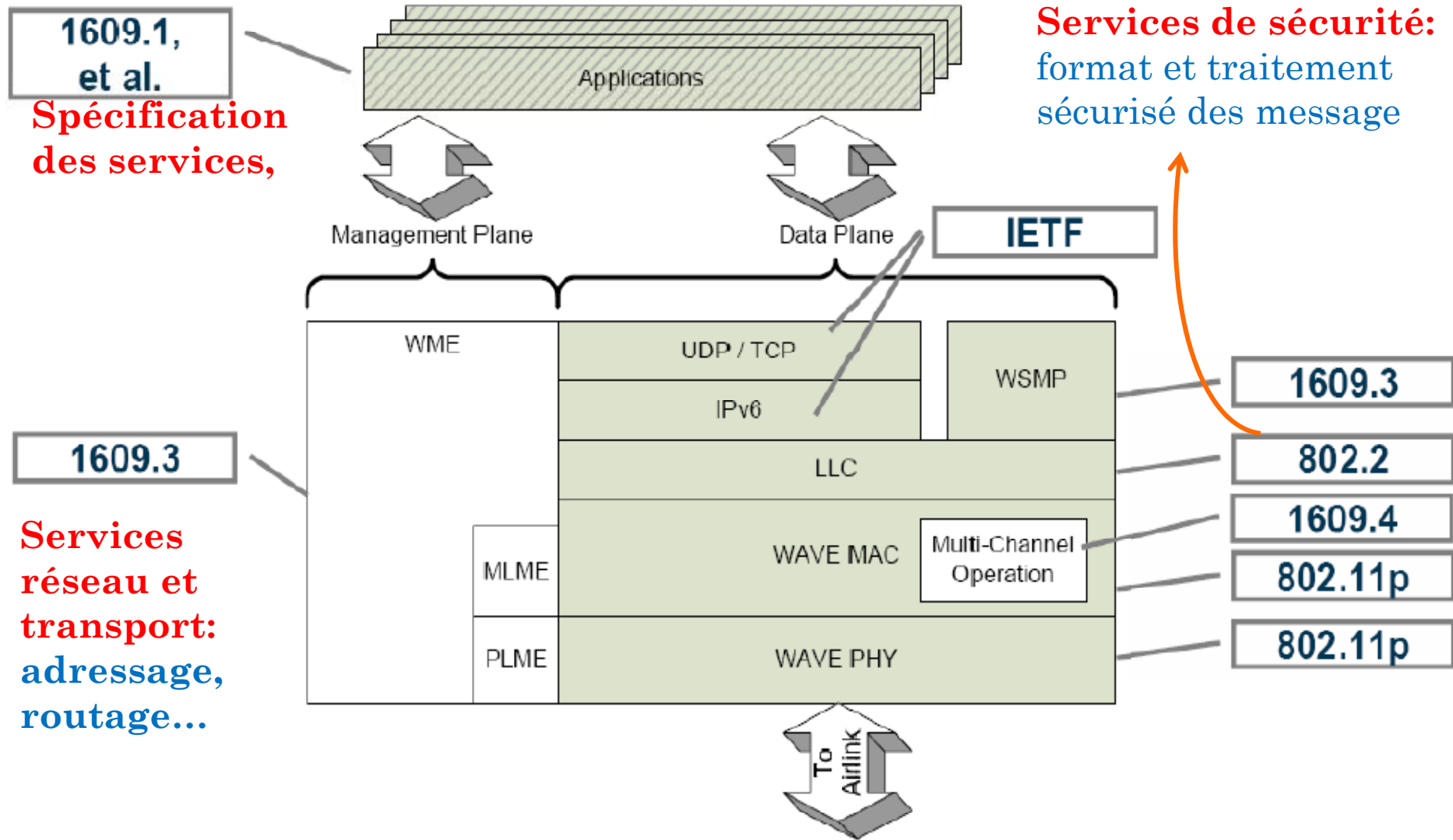
PILE DE PROTOCOLES WAVE



- **MLME:** MAC Layer Management Entity
- **PLME:** Physical Layer Management Entity
- **WME:** WAVE Management Standard
- **WSMP:** WAVE Short Messages Protocol

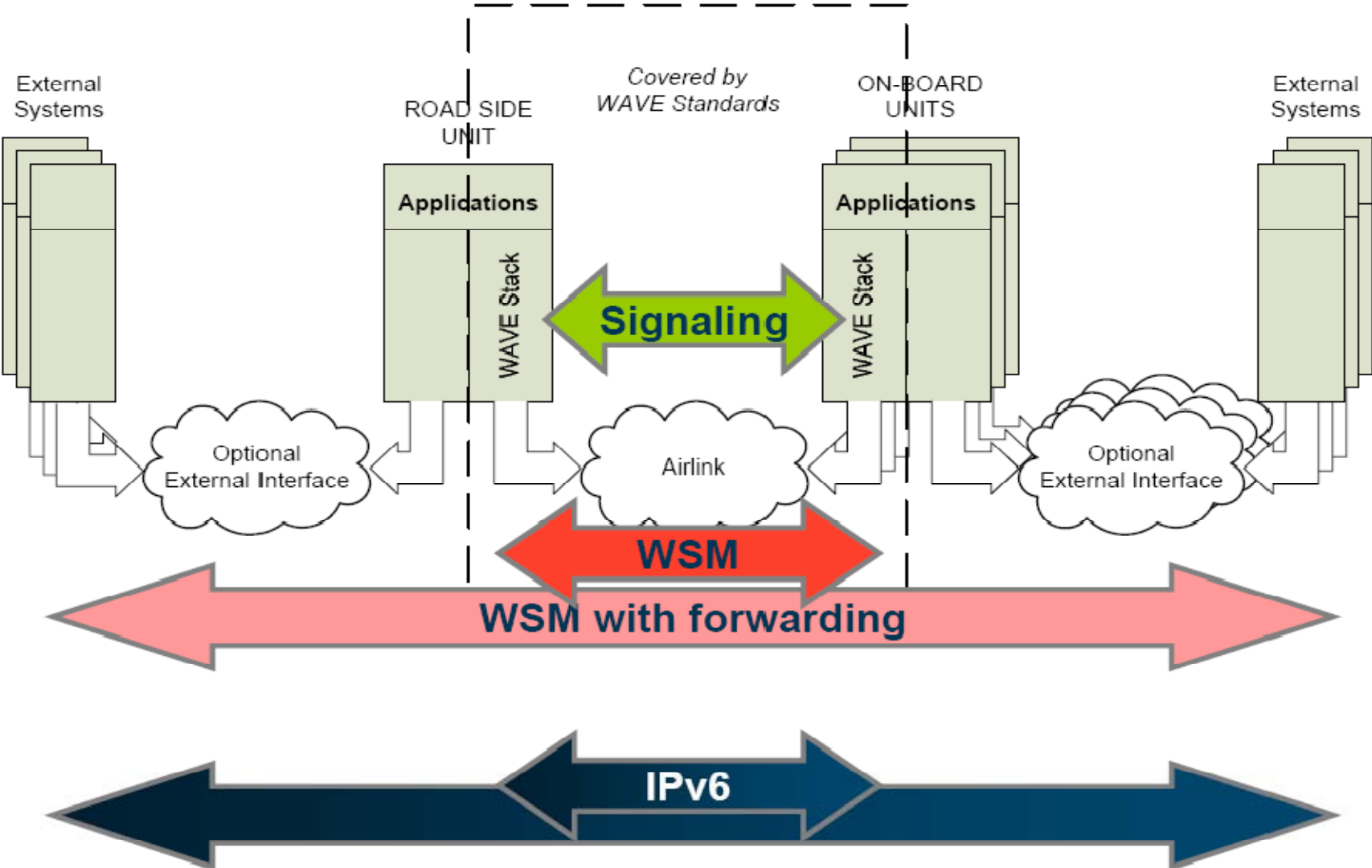


PILE DE PROTOCOLES WAVE



CADRE DES COMMUNICATIONS WAVE

WSN: WAVE Short Message



WAVE: ADRESSAGE ET IDENTIFICATION

- Adresse MAC (couche 2):

- Identificateur sur 48 bits
- Utilisé pour unicast, broadcast et multicast

- Adresses IPv6 (couche 3):

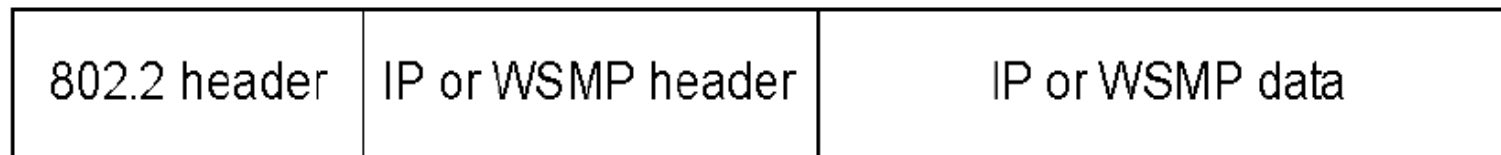
- Chaque noeud (hôte IP ou routeur) possède une ou plusieurs adresses IP

- Protocol/port

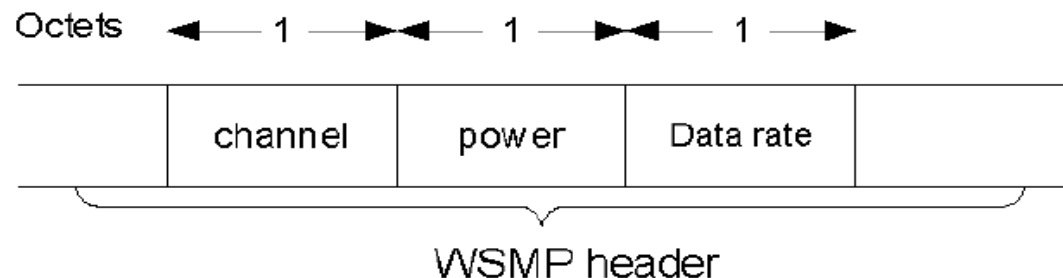
- La plupart des applications utilisent des numéros de port et opèrent au-dessus de UDP

FORMAT DE LA TRAME MAC

- Formats général des trames:
 - Décrites dans le standard IEEE 802.11
- Champs **EtherType** de la trame MAC:
 - Identifie le protocole **WSMP(0x88DC)** ou **IP (0x86DD)**



- Pour **WSMs**, le canal, la puissance de transmission et le débit sont stocké dans l'entête **WSMP**
- Pour **IP**, le canal, la puissance de transmission et le débit sont stocké dans le **transmitter profile**



PLAN

- Motivations - applications des VANETS
- Activité de standardisation – projets de recherches
- Couche physique et MAC
 - DSRC, WAVE, et 802.11p
- Couche réseau: data forwarding
- Conclusions et perspectives

COUCHE RÉSEAU- PROBLÈMES

- Pas de notion de sous réseaux
 - La topologie réseau est très dynamique
- Utilisation de IPv6
- Addressage dynamique?
 - Autoroute
 - Direction
 - voie
 - Section
- Comment assigner les adresses IPv6?
 - Smart cards et sensors aux points d'entrée et de sortie.

COUCHE RÉSEAU- PROBLÈMES

- Routage?
- Plusieurs applications proposées pour les VANETs nécessitent des communication **multi-saut**
 - ➔ nécessité d'un protocole de **routage**
- Le routage MANET est-il adéquat pour les VANETs
 - Mobilité directionnelle
 - Réseaux très dynamique

ROUTAGE VANET- DÉFIS

- Haute mobilité:
 - Chemins **instable** entre chaque pair de noeuds
 - Chemins **asymétriques**
- Connectivité discontinue:
 - store, carry, and forward: le next hop vers la destination peut ne pas être joignable au moment de la réception de paquets à router
- Routage avec QoS: difficile à accomplir

ROUTAGE VANET

- Developpement de protocole de routage pour les VANETs:
 - **Solution 1:** Adapter les protocoles de routage MANET pour les VANETs
 - **Solution 2:** Conception de nouveaux protocoles optimisés pour les VANETs
- Deux catégories principales:
 - **Topology-based** (proactive and reactive)
 - **Position-based** routing protocols

ROUTAGE VANET

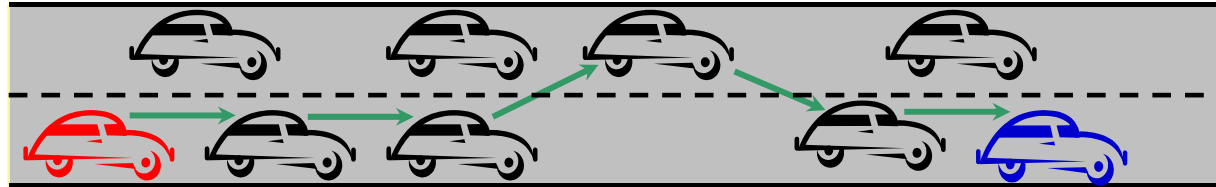
- MANET **unicast** routing protocols
 - **Réactifs**: initié par la source. ex. DSR, AODV, DYMO
 - **Proactifs**: ex. OLSR, Fast-OLSR, W-OSPF
- MANET **position-based** routing protocols
 - Exploite les informations de **localisation**
 - Le **next-hop** est déterminé en utilisant la position de la destination et des voisins
 - Nécessitent le **GPS**

VANETS: GEOADDRESSING

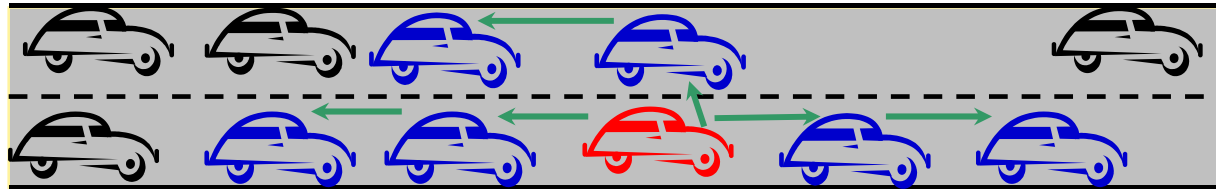
- Information de position: latitude, longitude, etc.
- Adresse géographique d'un véhicule:
 - Liée à un **timestamp** à cause de la mobilité des véhicules
 - Utilisé pour le **geounicast** (à un vehicle spécifique)
- Adresse géographique d'une zone
 - Une zone a une forme spécifique: rectangles, cercles, etc.
 - Lié à un **timestamp**: les véhicules peuvent entrer et quitter la zone géographique
 - Utilisé pour le **geocast** (à tous les vehicles de la zone) et le **geoanycast** (à n'imorte quel noeud dans la zône)

APPROCHES DE ROUTAGE

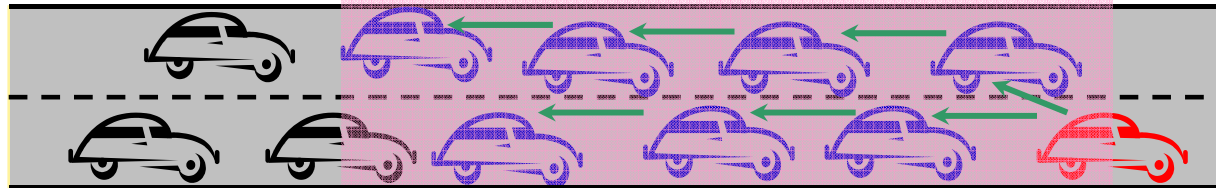
- Geographical unicast
(**Geounicast**)



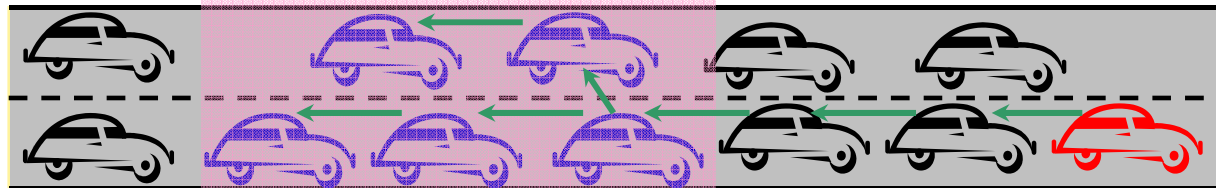
- Topologically-Scoped Broadcast
(**TSB**)



- Geographical broadcast
(**Geobroadcast**)

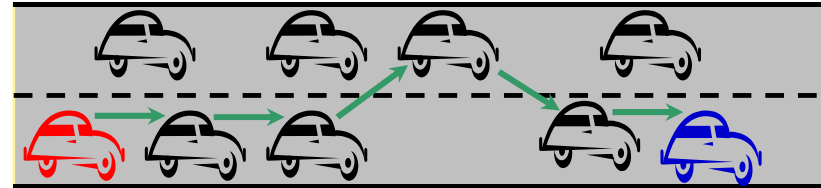


- Geographical Anycast
(**Geoanycast**)



GEOGRAPHICAL UNICAST (GEOUNICAST)

- Application Non-safety

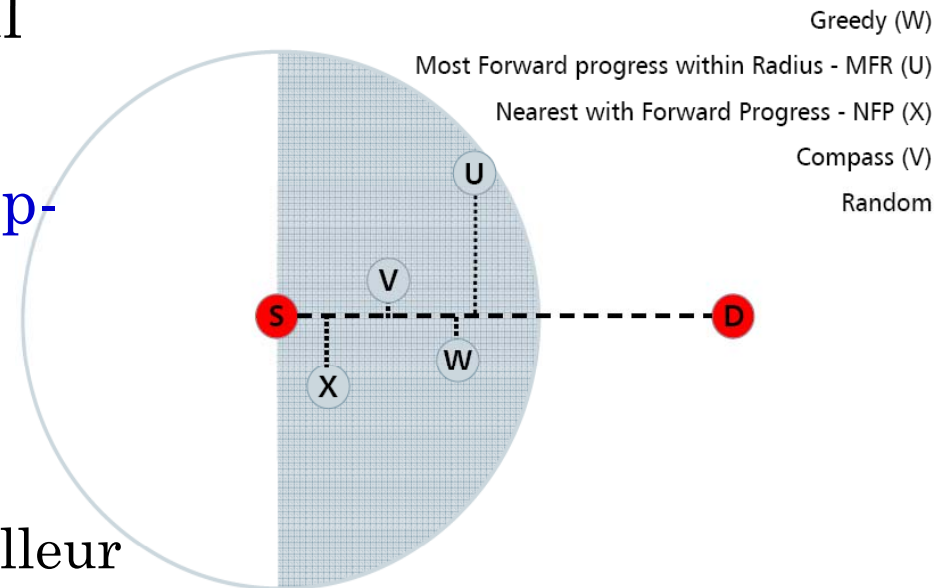


- S doit obtenir les coordonnées de D à partir d'un serveur local

- S délivre les données à D hop-by-hop

- Problèmes:

- Comment sélectionner le meilleur voisin: Greedy Routing Strategies

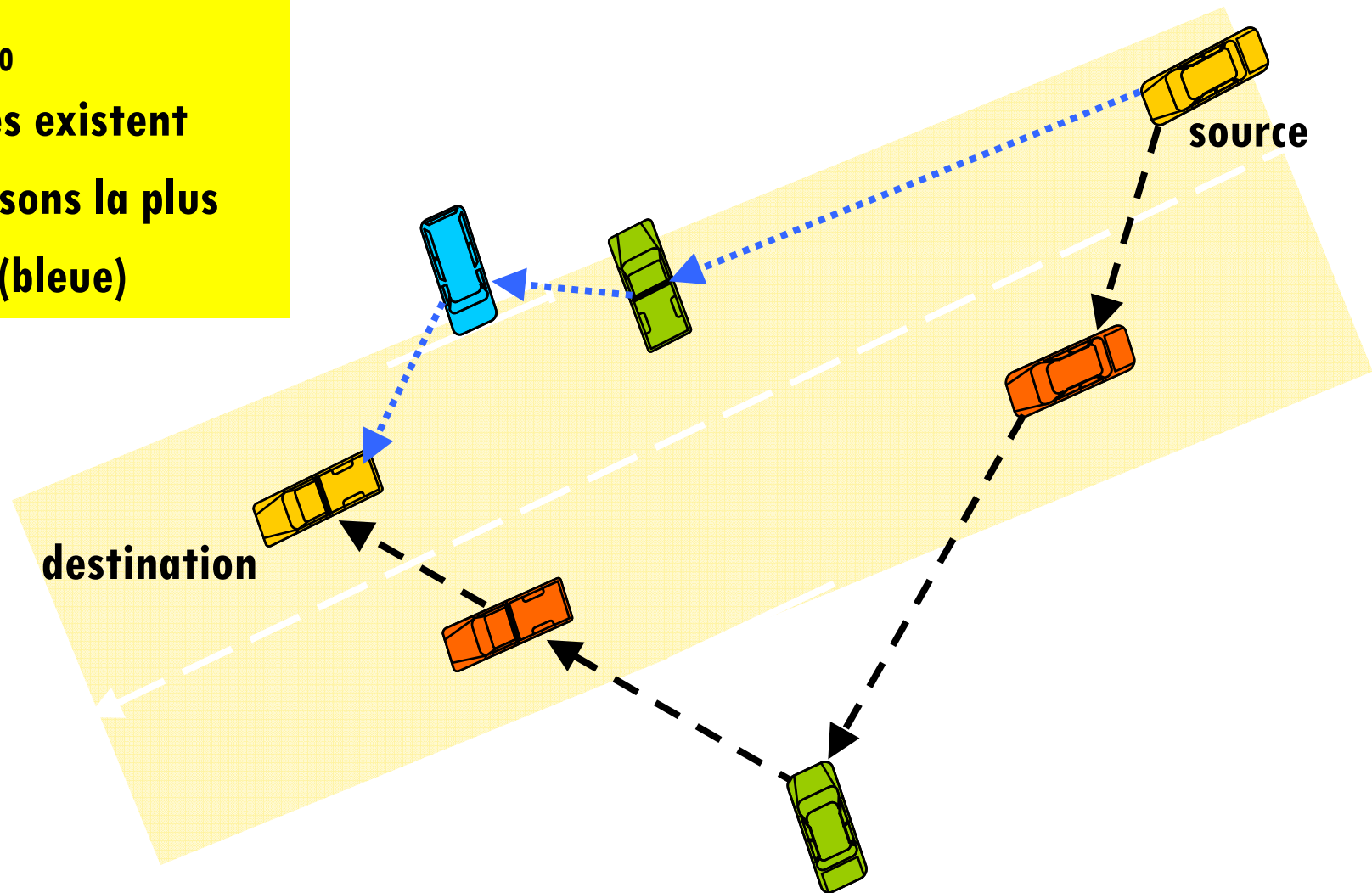


GEOUNICAST: MOVEMENT PREDICTION ROUTING (MOPR)

At $t = t_0$

2 routes existent

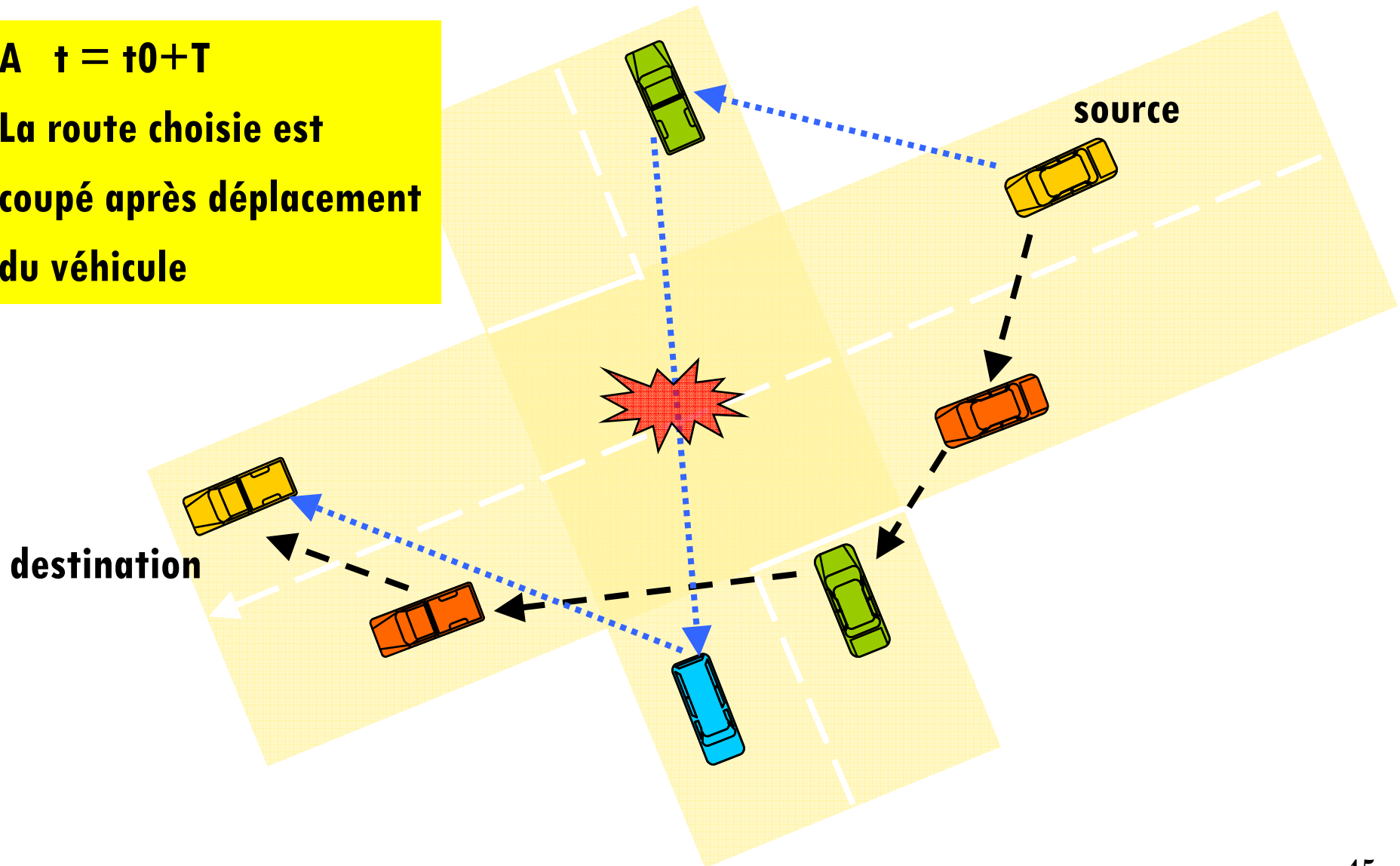
Choisissons la plus
courte (bleue)



GEOUNICAST: MOVEMENT PREDICTION ROUTING (MOPR)

A $t = t_0 + T$

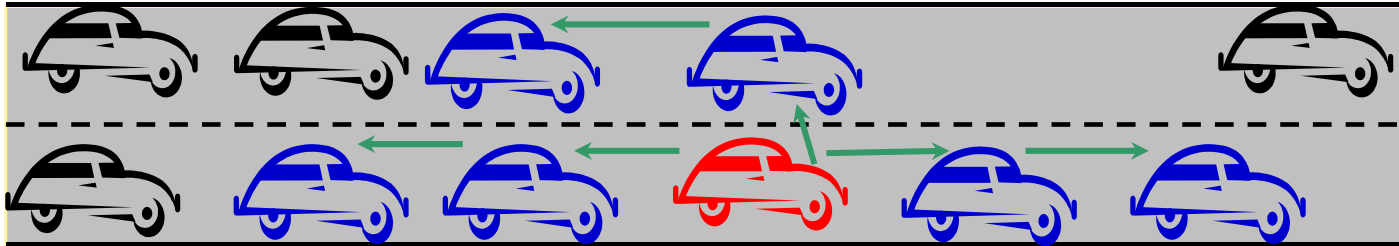
**La route choisie est
coupé après déplacement
du véhicule**



GEOUNICAST: MOVEMENT PREDICTION ROUTING (MOPR)

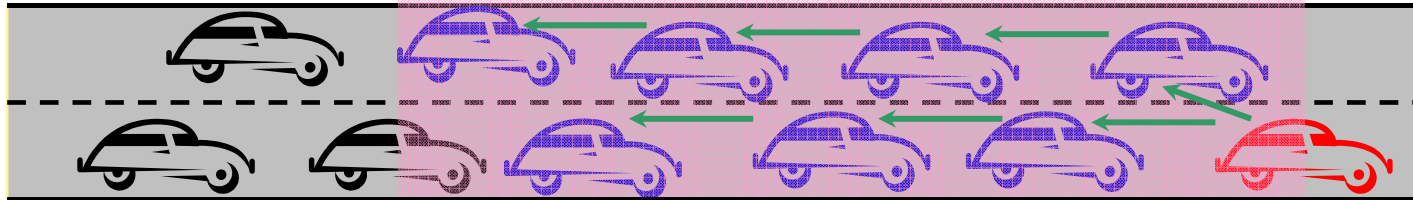
- MOPR selectionne la route IP la plus stable en se basant sur la mobilité des véhicules et non pas sur la topologie du réseau
- Une route stable (src → dst):
 - composés de véhicules de même direction et de vitesses similaires (entre la source et la destination)
- MOPR a été appliqué à AODV et OLSR:
 - ITST 2005, V2VCOM 2005, ITS 2006, IEEE Wireless Communications 2006.

TOPOLOGICALLY-SCOPED BROADCAST (TSB)



- Envoyer des messages de contrôle/données à tous les véhicules **voisins à n sauts**
- Relayage **basé sur le TTL**
- **Problème:** éviter les redondances et assurer la fiabilité (ack?)
- Variante de TSB:
 - **Geographical TSB:** diffusion en avant/arrière

GEOGRAPHICAL BROADCAST (GEOBROADCAST)



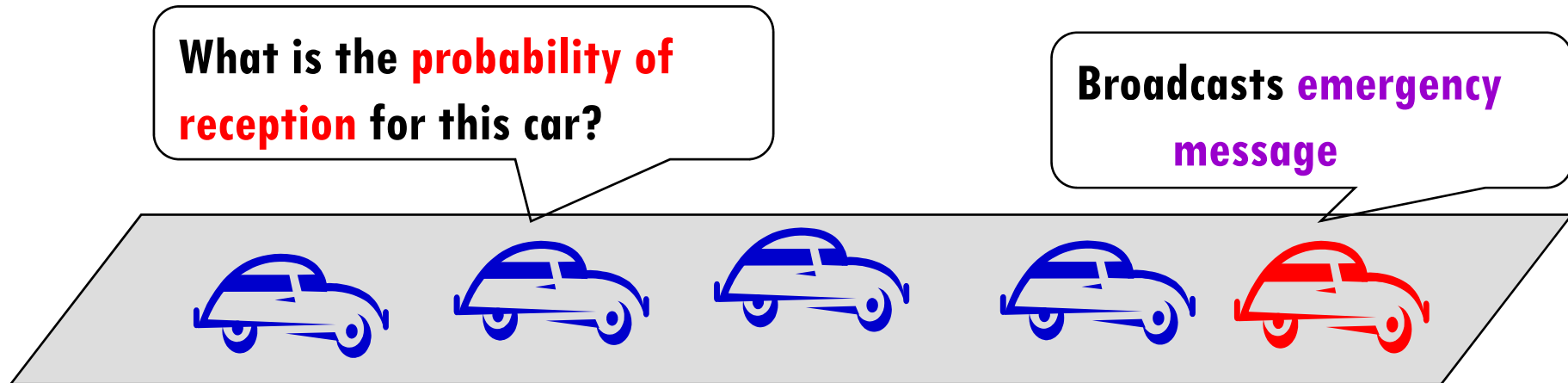
- Destination:
 - Zone spécifique (cercle, rectangle, etc.)
 - La source appartient à cette zone
- Adapté aux application de sécurité (**safety applications**)
- **Problème**: assurer la **fiabilité**, garantir un **délai** faible, éviter les **congestion** de trafic
- Exemple: **Road-Condition Warning**
 - Les véhicule sentent des **dangers** de route ou du climat (trop de pluie...) en utilisant leurs capteurs (on-board sensors)
 - Diffusion de l'information aux véhicule se rapprochant de la zone concernée

GEOGRAPHICAL BROADCAST (GEOBROADCAST)

- Exemple: Road-Condition Warning
 - Les véhicule sentent des **dangers** de route ou du climat (trop de pluie...) en utilisant leurs capteurs (on-board sensors)
 - Diffusion de l'information aux véhicule se rapprochant de la zone concernée

- The protocol should **adapt to**:
 - Highly **dynamic** network topology
 - Different **movement patterns** (cities vs. highways)
 - Relatively good availability of resources (esp. energy) compared to small mobile devices

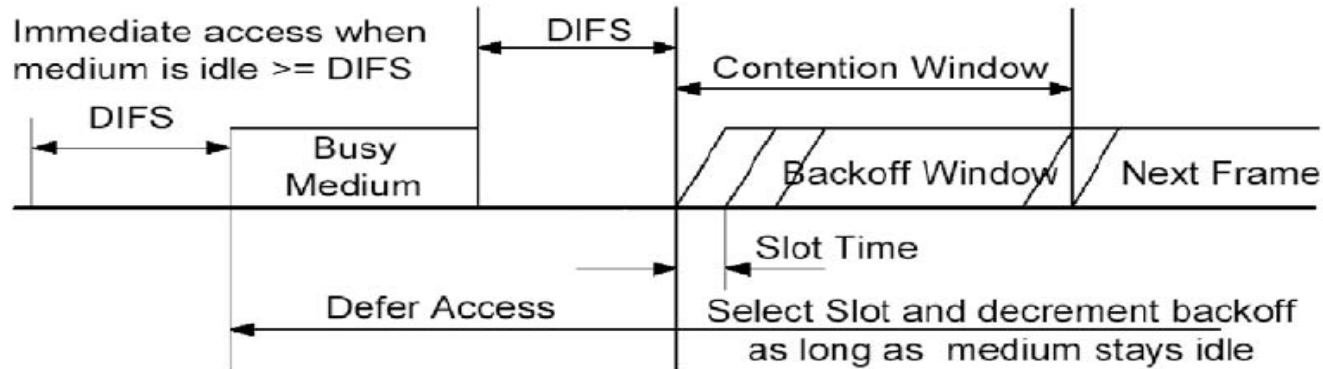
BROADCASTING: PROBLÈMES



○ Défis:

- Tous les véhicules envoient des données → contention
- Problème du terminal caché → collisions
- Caractéristiques du canal → interférences
- Fiabilité des messages diffusés → pas d'ACK

- WAVE est basé sur CSMA/CA



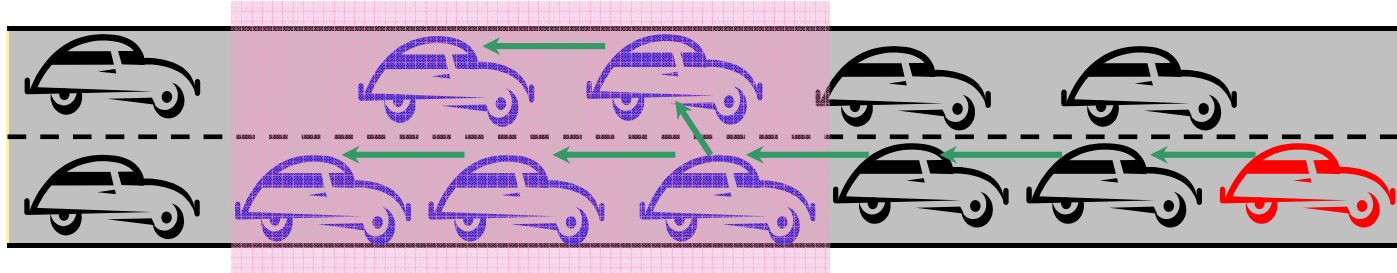
- Broadcast:

- Pas de RTS/CTS,
- Pas d' ACK,
- $CW = CW_{min} (=15)$
- Débit de base

GEOGRAPHICAL BROADCAST (GEOBROADCAST)

- Idées de solutions aux problèmes de broadcasting:
 - Adaptations au niveau de la couche **MAC**
 - Vehicular MESH Network (VMESH) by Zang et al.: diviser le canal de contrôle CCH en **Beacon Period** et **Safety Period**
 - Utiliser **deux antennes**: un pour CCH et un autre pour SCH [Hayashi et al.]
 - Envoyer **plusieurs copies** du message [Xu. et al.]
 - Améliorer l'efficacité du broadcasting: nouveaux protocoles
 - Sélectionner le **vehicle relais** responsable du **rebroadcasting**
 - Implementer un mécanisme de **contrôle de transmission** pour le broadcasting
 - Utiliser les techniques de **clustering**

GEOGRAPHICAL ANYCAST (GEOANYCAST)



- Destination:
 - N'importe quel véhicule dans la région cible
 - La source n'appartient pas à la région cible
- La source doit déterminer un chemin unicast menant à la région cible
- Le noeud de la frontière de la région cible est responsable de l'envoi du message aux noeud de la région
- Problèmes:
 - Fiabilité
 - Selection du véhicule qui doit répondre
 - Dépend de l'application,
 - Coordination inter-vehicle dans la région cible pour éviter les duplications

POSITION-BASED ROUTING IN VANETS: PROS. AND CONS.

○ Avantages

- Les application sont souvent liées à la position
- Pas de découverte/gestion de route
- Scalable
- Adaptation aux hautes mobilités

○ inconvénients

- Nécessité de connaître la position (GPS)
- Le routage unicast necessite un service de localisation
 - Translater Node-ID → position
 - Overhead

PLAN

- Motivations - applications des VANETS
- Activité de standardisation – projets de recherches
- Couche physique et MAC
 - DSRC, WAVE, et 802.11p
- Couche réseau: data forwarding
- Conclusions et perspectives

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

- **résumé:**

- Industry Initiatives
- Application Scenarios
- Problem Classification
- Survey of Research

- “Very much like E-mail and Web- Browsing were the initial “killer apps” for the Internet; Navigation and Safety are the killer apps for telematics.” - DaimlerChrysler

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

- **Domaines actifs de recherches**
 - Modèle de routage: geo-routing, hybrid routing
 - Modèles niveau transport: P2P
 - Stockage mobile massif
 - Sécurité
- **Nécessité d'une plateforme réelle de tests**
 - Mobilité
 - Comportement des utilisateurs
 - Interaction avec l'infrastructure
- Pas de **démonstration** des applications
 - Plusieurs idées sont sans démonstrations
- Pas d'**experimentation** des idées de recherche
 - Les idées sont publiées mais non suivies