AR.Drone

TP STI2D

Centre d'intérêt
CI12 - Information

Société DMS - Département STI
Aéroparc St Martin - 12 rue Caulet - 31300 TOULOUSE – tel : + 33 (0)5 62 88 72 72 **–** fax : + 33 (0)5 62 88 72 79
Site internet : www.dmseducation.com Email : info@dmseducation.com

Activité N°1 : Analyse des communications sur le réseau Station Sol / AR.Drone
Étude de la couche Application

Ressources pour l'activité :

- Dossier technique du système AR.Drone
- Guide du développeur de l'AR.Drone (ARDrone_SDK_1_6_Developer_Guide.pdf dans le dossier Ressource/ardrone)
- Ressources sur Internet

- Afin de comprendre la façon dont la Station-Sol obtient des informations de navigation de l'AR.Drone, on souhaite capturer le trafic entre la Station-Sol et l'AR-Drone sur le canal Navdata en utilisant le logiciel de capture « Analyser » sur l'iPad puis décoder quelques données de navigation capturées conformément à la documentation constructeur (niveau batterie, altitude, alarme, etc.)
- Détails de l'activité :
  - Identifier les cas d'utilisation en jeu dans la problématique
  - Identifier les données de navigation sur l'application « Piloter »
  - Identifier et caractériser le protocole de transport des données de navigation.
  - Caractériser les communications en terme de débit.
  - Capturer et décoder quelques données de navigation en s'aidant de la documentation constructeur (alarme batterie, moteurs, etc.).

Aéroparc St Martin - 12 rue Caulet - 31300 TOULOUSE – tel : + 33 (0)5 62 88 72 72 – fax : + 33 (0)5 62 88 72 79
Site internet : www.dmseducation.com Email : info@dmseducation.com

	Question 1.1: Après avoir parcouru les diagrammes des cas d'utilisation de l'analyse SysML de l'AR.Drone et de la Station-Sol dans le dossier technique, retrouver le cas d'utilisation en jeu dans cette activité et représenter ce cas d'utilisation ainsi que ses principales interactions avec certains des acteurs du système.

	Procédure : • Si nécessaire, connecter la Station-Sol (iPad) sur le réseau de l'AR.Drone. • Lancer l'application «Piloter» sur la Station-Sol. • Effectuer quelques manipulations de l'AR.Drone dans un premier temps sans le faire voler tout en observant l'écran principal, puis en utilisant le touchpad pour le faire voler.

7 Application
4 Transport
3 Réseau
2 Liaison
1 Physique

Question 1.2: Après observé l'écran principal de l'application « Piloter » sur la Station-Sol (iPad) pendant le vol de l'AR.Drone, identifier les éléments graphiques donnant l'état de l'AR.Drone en temps réel (exemple : la jauge de la batterie).
Pour chacun de ces éléments graphiques, mis à jour à partir des informations contenues dans les données de navigation (navdata) envoyées par l'AR.drone, préciser leur rôle, et si possible identifier leur type (entier, flottant ou booléen) et leur plage de variation (pour les entiers ou flottants).

Ressources :

- Notice d'utilisation de l'application « Piloter » dans le dossier technique
- Dossier technique

Données de navigation.	Type (entier ou flottant / booléen	Unité	Plage de variation	Rôle
Exemple : Jauge de batterie	Non précisé entier ou flottant	Non précisé	Non précisé	Indique le niveau d'énergie disponible dans la batterie.

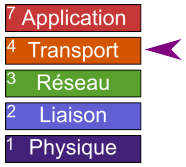
Aéroparc St Martin - 12 rue Caulet - 31300 TOULOUSE – tel : + 33 (0)5 62 88 72 72 – fax : + 33 (0)5 62 88 72 79
Site internet : www.dmseducation.com Email : info@dmseducation.com

Nous allons nous intéresser à la façon dont ces informations sont envoyées par l'AR.Drone à la Station-Sol par le réseau Wi-Fi.

Rappels : UDP et TCP

Des applications exécutées sur des hôtes différents en réseau et qui veulent s'échanger des données peuvent utiliser principalement deux protocoles de communication au niveau de la couche 4.Transport :

- Le protocole UDP (User Datagram Protocol) :
  - Protocole simple, sans connexion, permettant de transférer des données sans alourdir la communication par du trafic de contrôle.
  - UDP est chargé de découper un volume important de données en segments ou datagrammes avant leur émission. Les datagrammes seront ré-assemblées dans l'ordre d'arrivée et non dans l'ordre d'émission. Si les datagrammes suivent des routes différentes entre l'émetteur et le récepteur (cas de l'internet), l'application exécutée sur le récepteur doit se charger de ré-ordonner les datagrammes.
  - UDP rajoute seulement 8 octets d'information en tête de chaque segment de données à transporter dont principalement le port UDP source (2 octets) et le port UDP de destination (2 octets) chargés d'identifier, sur chaque hôte, les applications qui communiquent.
  - UDP est très utilisé pour les applications comme les jeux en ligne, les services DHCP, DNS, etc.
- Le protocol TCP (Transport Control Protocol) :
  - Contrairement à UDP, TCP impose une connexion entre les applications. Cela accroît les fonctionnalités mais alourdit aussi les communications par du trafic réseau supplémentaire.
  - TCP prévoit la livraison des segments de données dans l'ordre d'émission.
  - TCP assure la fiabilité de l'acheminement
  - TCP prévoit la régulation des vitesses de transmission par un système de contrôle de flux afin d'éviter les engorgements.
  - TCP rajoute 20 octets en tête de chaque segment de données à transporter dont principalement le port TCP source (2 octets) et le port TCP destination (2 octets) chargés d'identifier, sur chaque hôte, les applications qui communiquent, ainsi que les informations nécessaires au ré-assemblage des segments.



Question 1.3: A partir de la lecture de l'extrait suivant du document ARDrone_SDK_1_6_Developer_Guide.pdf de Parrot destiné à la communauté des créateurs de logiciels pour l'AR.Drone, lister les principaux canaux de communication entre la Station-Sol et l'AR.Drone, leurs caractéristiques et leur rôle dans le tableau suivant. Conclure

Ressource documentaire : AR.Drone Developer Guide SDK 1.6 - (p11)

...

2.10 Communication services between the AR.Drone and a client device

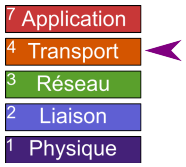
Controlling the AR.Drone is done through 3 main communication services.
Controlling and configuring the drone is done by sending AT commands on UDP port 5556. The transmission latency of the control commands is critical to the user experience. Those commands are to be sent on a regular basis (usually 30 times per second). The list of available commands and their syntax is discussed in chapter 6.

Information about the drone (like its status, its position, speed, engine rotation speed, etc.), called navdata, are sent by the drone to its client on UDP port 5554. These navdata also include tags detection information that can be used to create augmented reality games. They are sent approximatively 30 times per second.

A video stream is sent by the AR.Drone to the client device on port 5555. Images from this video stream can be decoded using the codec included in this SDK. Its encoding format is discussed in section 7.2.

A fourth communication channel, called control port, can be established on TCP port 5559 to transfer critical data, by opposition to the other data that can be lost with no dangerous effect. It is used to retrieve configuration data, and to acknowledge important information such as the sending of configuration information.
...

Canal	Protocole de transport (UDP/TCP)	Port	Rôle



Question 1.4: Après avoir complété le tableau avec le niveau de criticité, le protocole et le port de quelques données échangées entre l'AR.Drone et la Station-Sol, conclure quant à la pertinence d'utiliser le protocole de transport UDP pour la transmission des données de navigation.

Données échangées	Donnée critique ? (oui/non)	Protocole de transport (UDP/TCP)	Port
Configuration actuelle du drone			
Niveau de batterie actuel			
Flux vidéo caméra verticale			
Alarme angle			
Commande de décollage			
Acquittement de transmission de la nouvelle configuration du drone			
Angle de lacet actuel du drone			
Commande d'atterrissage			
Flux vidéo caméra frontale			
Commande Emergency			
Angle de tangage du drone			

Conclusion :

Aéroparc St Martin - 12 rue Caulet - 31300 TOULOUSE – tel : + 33 (0)5 62 88 72 72 – fax : + 33 (0)5 62 88 72 79
Site internet : www.dmseducation.com Email : info@dmseducation.com

On souhaite avoir des informations sur la taille et la fréquence de rafraîchissement des données de navigation (Navigation Data ou Navdata) ainsi que le débit lié à cet échange sur le réseau dans le but d'estimer le taux d'occupation des données de navigation sur la bande passante Wi-Fi disponible.

Procédure :

- Si nécessaire, connecter la Station-Sol (iPad) sur le réseau de l'AR.Drone.
- Lancer l'application « Analyser » sur la Station-Sol.
- Entrer le numéro de port UDP Navdata et l'adresse IP de l'AR.Drone.

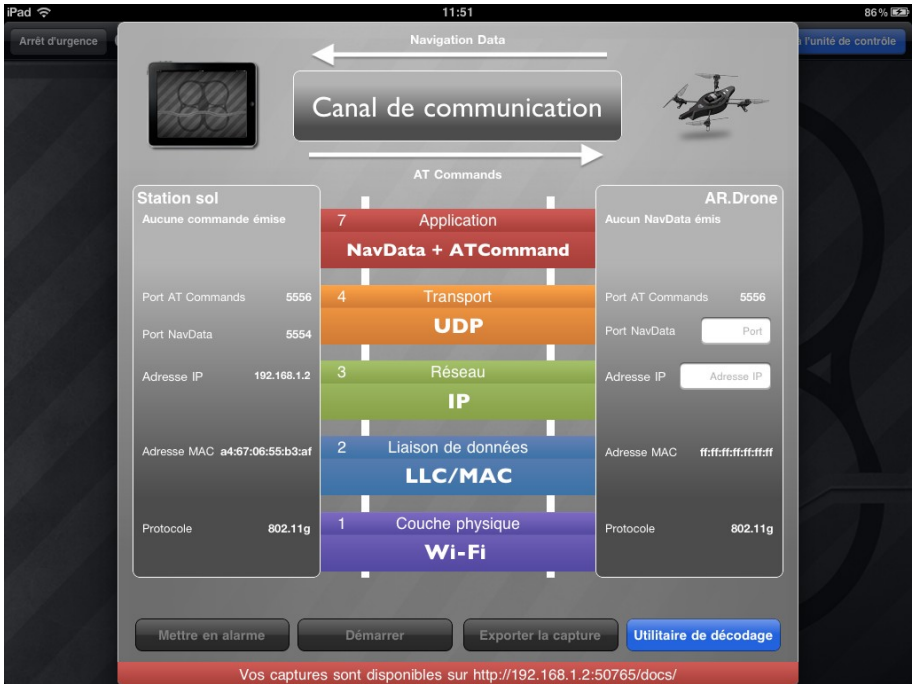


Fig. 1: Ecran application "Analyser"

7 Application
4 Transport
3 Réseau
2 Liaison
1 Physique

Question 1.5: Après avoir démarrer la capture et observé le débit des informations échangées entre la Station-Sol et l'AR.drone, compléter le tableau suivant.

Débit Navdata maximum observé (en Ko/s)	
Débit AT Commands maximum observé (en octets/s)	
Taille approximative d'un paquet de NavData (en octets) (après capture sur 10s environ)	
Taille approximative d'un paquet d'AT Command (en octets) (après capture sur 10s environ)	

On s'intéresse à présent au contenu des Navdata afin de comprendre comment l'AR.Drone informe la Station-Sol sur son état.

Procédure :

- Démarrer une capture d'une dizaine de seconde et lancer l'utilitaire de décodage.
- Sélectionner une trame NavData sur la partie gauche de l'écran et sélectionner le niveau d'encapsulation Data.

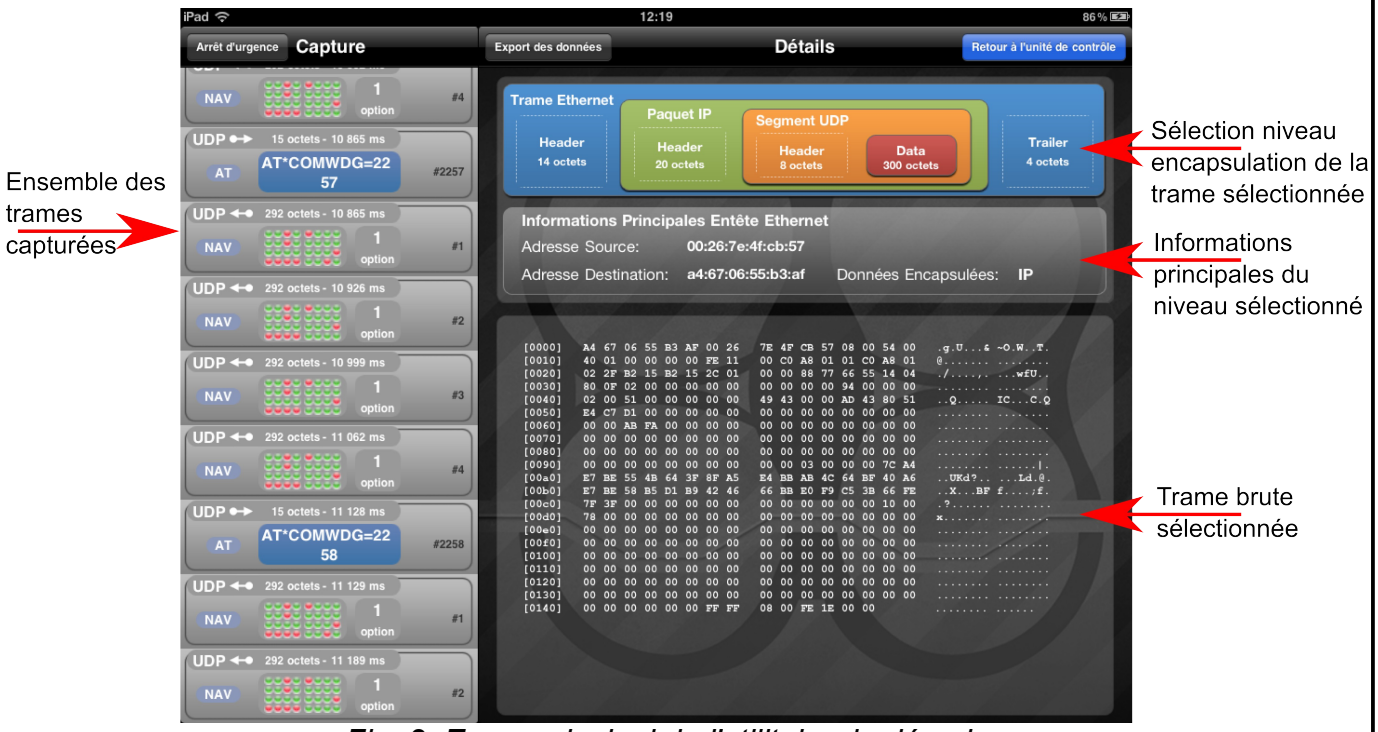


Fig. 2: Ecran principal de l'utilitaire de décodage

Fig. 3: Information Trame

On donne l'extrait du SDK :

Ressource documentaire : AR.Drone Developer Guide SDK 1.6 - (p39)

...
7.1 Navigation data
The navigation data (or navdata) is are a mean given to a client application to receive periodically (< 5ms) information on the drone status (angles, altitude, camera, velocity, tag detection results ...).
This section shows how to retrieve them and decode them. Do not hesitate to use network traffic analysers like Wireshark to see how they look like.

7.1.1 Navigation data stream
The navdata are sent by the drone from and to the UDP port 5554. Information are stored is a binary format and consist in several sections blocks of data called options.
Each option consists in a header (2 bytes) identifying the kind of information contained in it, a 16-bit integer storing the size of the block, and several information stored as 32-bit integers, 32-bit single precision floating-point numbers, or arrays. All those data are stored with little-endianess.
...

Header 0x55667788	Drone state	Sequence number	Vision flag	Option 1			...	Checksum block		
				id	size	data	...	cks id	size	cks data
32 bit int.	32 bit int.	32 bit int.	32 bit int.	16 bit int	16 bit int	...	...	16 bit int	16 bit int	32 bit int

7 Application
4 Transport
3 Réseau
2 Liaison
1 Physique

Question 1.6: Que signifie la phrase « All those data are stored with little-endianess. » ? Illustrer vos propos par des exemples avec des valeurs hexadécimales de 16 et 32 bits.

On s'intéresse dans un premier temps au décodage du deuxième bloc « Drone state » :

Header 0x55667788	Drone state	Sequence number	Vision flag	Option 1			...	Checksum block		
				id	size	data	...	cks id	size	cks data
32 bit int.	32 bit int.	32 bit int.	32 bit int.	16 bit int	16 bit int	...	...	16 bit int	16 bit int	32 bit int

La lecture des ressources du SDK de Parrot nous permet de comprendre comment décoder les 32 bits de l'état du drone (SDKxxx/ARDroneLib/Soft/Common/config.h):

b31																												b0
	32 bits de Drone State (0 ou 1)																											
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

N° Bit	Nom	Description
b0	FLY_MASK	• 0 : ardrone is landed • 1 : ardrone is flying
b1	VIDEO_MASK	• 0 : video disable • 1 : video enable
b2	VISION_MASK	• 0 : vision disable • 1 : vision enable
b3	CONTROL_MASK (control algo)	• 0 : euler angles control • 1 : angular speed control
b4	ALTITUDE_MASK (altitude control algo)	• 0 : altitude control inactive • 1 : altitude control active
b5	USER_FEEDBACK_START	• Start button state
b6	COMMAND_MASK (Control command ACK)	• 0 : None • 1 : one received
b7	FW_FILE_MASK	• 0 : • 1 : Firmware file is good
b8	FW_VER_MASK	• 0 : • 1 : Firmware update is newer
b9	FW_UPD_MASK	• 0 : • 1 :Firmware update is ongoing
b10	NAVDATA_DEMO_MASK	• 0 : All navdata • 1 : only navdata demo
b11	NAVDATA_BOOTSTRAP	• 0 : options sent in all or demo mode • 1 : no navdata options sent
b12	MOTORS_MASK (Motor status)	• 0 : Ok • 1 : Motors problem
b13	COM_LOST_MASK (Communication Lost)	• 0 : Ok • 1 : Communication problem
b14	Reserved	• Bit means that there's an hardware problem with gyrometers

Aéroparc St Martin - 12 rue Caulet - 31300 TOULOUSE – tel : + 33 (0)5 62 88 72 72 – fax : + 33 (0)5 62 88 72 79
Site internet : www.dmseducation.com Email : info@dmseducation.com

N° Bit	Nom	Description
b15	VBAT_LOW	• 0 : Ok • 1 : too low
b16	USER_EL (User Emergency Landing)	• 0 : User EL is OFF • 1 : User EL is ON
b17	TIMER_ELAPSED	• 0 : not elapsed • 1 : elapsed
b18	Reserved	• Power
b19	ANGLES_OUT_OF_RANGE	• 0 : Ok • 1 : out of range
b20	Reserved	• Wind
b21	ULTRASOUND_MASK (Ultrasonic sensor)	• 0 : Ok • 1 : deaf
b22	CUTOUT_MASK (Cutout system detection)	• 0 : Not detected • 1 : detected
b23	PIC_VERSION_MASK	• 0 : a bad version number • 1 : version number is OK
b24	ATCODEC_THREAD_ON	• 0 : thread OFF • 1 : thread ON
b25	NAVDATA_THREAD_ON	• 0 : thread OFF • 1 : thread ON
b26	VIDEO_THREAD_ON	• 0 : thread OFF • 1 : thread ON
b27	ACQ_THREAD_ON (Acquisition thread ON)	• 0 : thread OFF • 1 : thread ON
b28	CTRL_WATCHDOG_MASK	• 0 : control is well scheduled // Check frequency of control loop • 1 : delay in control execution (> 5ms)
b29	ADC_WATCHDOG_MASK	• 0 : uart2 is good // Check frequency of uart2 dsr (com with adc) • 1 : delay in uart2 dsr (> 5ms)
b30	COM_WATCHDOG_MASK	• 0 : Com is ok // Check if we have an active connection with a client • 1 : com problem
b31	EMERGENCY_MASK	• 0 : no emergency • 1 : emergency

Aéroparc St Martin - 12 rue Caulet - 31300 TOULOUSE – tel : + 33 (0)5 62 88 72 72 – fax : + 33 (0)5 62 88 72 79
Site internet : www.dmseducation.com Email : info@dmseducation.com

7 Application
4 Transport
3 Réseau
2 Liaison
1 Physique

Question 1.7: Retrouver dans le tableau précédent le nom et le numéro des bits correspondant aux alarmes listées dans le tableau suivant :

NavData	Numéro bit	Nom
Prêt à voler (exemple)	b31	EMERGENCY_MASK
Alarme Moteurs		
Alarme Angle		
Alarme Batterie		
Alarme Hélices		

Procédure :

- Si nécessaire :
  - Connecter la Station-Sol (iPad) sur le réseau de l'AR.Drone.
  - Lancer l'application « Analyser » sur la Station-Sol.
  - Entrer le numéro de port UDP Navdata et l'adresse IP de l'AR.Drone.
- S'assurer que les leds des moteurs sont vertes (prêt à voler). Le cas échéant, utiliser le bouton « Désactiver alarme ».

7 Application
4 Transport
3 Réseau
2 Liaison
1 Physique

Question 1.8: Après avoir fait une capture, compléter le tableau suivant avec le relevé en hexadécimal de l'état de l'AR.Drone et son décodage.

État de l'AR.Drone (ordre « little endian » en hexa)		
État de l'AR.Drone (ordre normal en hexa)		
État de l'AR.Drone (en binaire)		
Alarme Moteurs (On/Off)		
Alarme Angle (On/Off)		
Alarme Batterie (On/Off)		
Alarme Hélices (On/Off)		
Prêt à voler (On/Off)		

7 Application 4 Transport 3 Réseau 2 Liaison 1 Physique	**Question 1.9:** Trouver une manipulation de l'AR.Drone permettant de déclencher l'alarme Angle. Recommencer une capture et identifier la première trame NavData référençant cette alarme. Compléter le tableau suivant.

État de l'AR.Drone (ordre « little endian » en hexa)		
État de l'AR.Drone (ordre normal en hexa)		
État de l'AR.Drone (en binaire)		
Alarme Moteurs (On/Off)		
Alarme Angle (On/Off)		
Alarme Batterie (On/Off)		
Alarme Hélices (On/Off)		
Prêt à voler (On/Off)		

Aéroparc St Martin - 12 rue Caulet - 31300 TOULOUSE – tel : + 33 (0)5 62 88 72 72 – fax : + 33 (0)5 62 88 72 79

Site internet : www.dmseducation.com Email : info@dmseducation.com

Activité N°2 : Analyse du trafic réseau Station Sol / AR.Drone
Etude des couches réseau et de l'encapsulation des données

Ressources pour l'activité :

- Dossier technique du système AR.Drone
- Guide du développeur de l'AR.Drone (ARDrone_SDK_1_6_Developer_Guide.pdf dans le dossier Ressource/ardrone)
- Ressources sur Internet

- Après avoir analysé la façon dont la Station-Sol obtient des informations de navigation de l'AR.Drone, on souhaite a présent mettre en évidence le phénomène d'encapsulation des données applicatives par les processus associés aux différentes couches réseau.
- Détails de l'activité :
  - Capturer et décoder les entêtes de la couche Transport
  - Capturer et décoder les entêtes de la couche Réseau
  - Capturer et décoder les entêtes de la couche Liaison de données
  - Caractériser les communications en terme de bande passante.
  - Identifier les informations caractéristiques à chaque couche du modèle OSI à partir des captures réalisées.

Rappels : Encapsulation

Les données envoyées sur le réseau traverse la pile de protocoles de haut en bas sur l'hôte émetteur et de bas en haut sur l'hôte récepteur.

Sur l'hôte émetteur, à chaque couche du modèle OSI traversée, le processus d'émission rajoute une étiquette aux données de la couche supérieure afin de garantir un échange correct avec la couche équivalente sur l'hôte récepteur. Ce phénomène est appelé « encapsulation »

Sur l'hôte récepteur les messages sont décodés de bas en haut. Chaque couche vérifie le message lui parvenant de la couche inférieure et envoie à la couche supérieure le message dépouillé de l'étiquette ajoutée lors de l'émission.

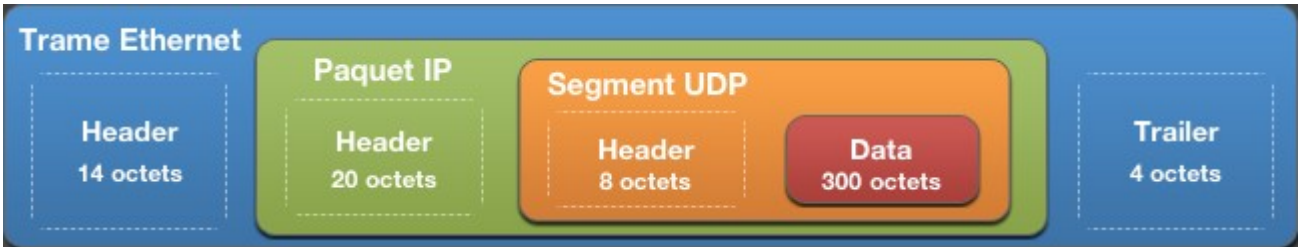
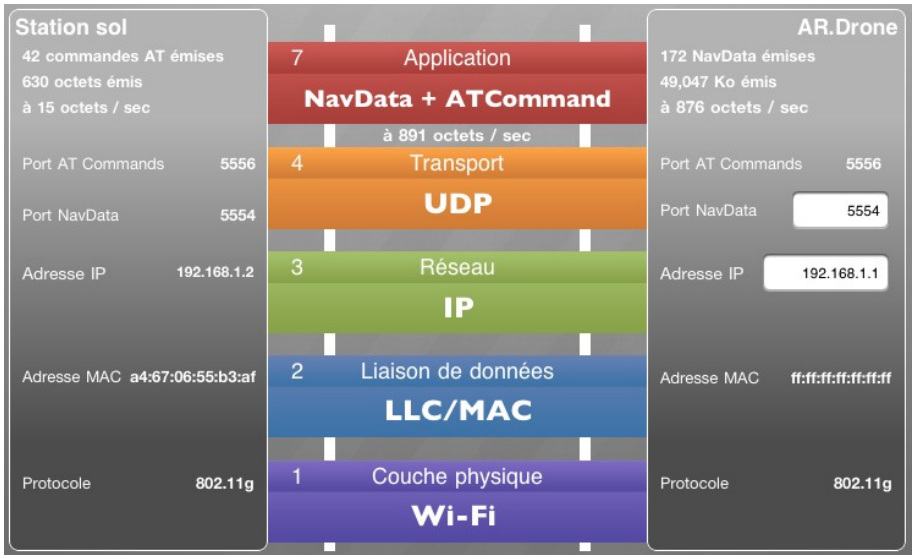


Fig. 4: Encapsulation des données

Aéroparc St Martin - 12 rue Caulet - 31300 TOULOUSE – tel : + 33 (0)5 62 88 72 72 – fax : + 33 (0)5 62 88 72 79
Site internet : www.dmseducation.com Email : info@dmseducation.com



Rappels : Datagramme UDP

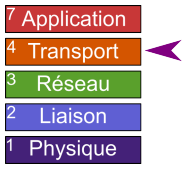
Comme on l'a vu précédemment, UDP est un protocole simple sans connexion. De ce fait, la couche Transport ne rajoutera que quelques octets aux données de la couche Application (dans notre cas) à transmettre dans l'entête UDP :

- Port UDP source : 2 octets qui identifient l'application émettrice sur l'hôte émetteur du datagramme.
- Port UDP de destination : 2 octets qui identifient l'application réceptrice sur l'hôte récepteur du datagramme.
- Longueur : longueur du datagramme y compris l'entête.
- Somme de contrôle : couvre l'ensemble du datagramme

Entête UDP			
octet 1	octet 2	octet 3	octet 4
b7 … b0	b7 … b0	b7 … b0	b7 … b0
Port UDP source		Port UDP de destination	
Longueur		Somme de contrôle	
Donnée de la couche Application (taille variable) ...			

Procédure :

- Si nécessaire, connecter la Station-Sol (iPad) sur le réseau de l'AR.Drone.
- Lancer l'application « Analyser » sur la Station-Sol.
- Entrer le numéro de port UDP Navdata et l'adresse IP de l'AR.Drone.



Question 2.1: Après avoir effectué une capture de quelques secondes, relever les octets de l'entête UDP d'une trame de Navdata et de Commande AT dans le masque suivant (en hexadécimale).

Compléter les tableaux ci-dessous avec les ports UDP source et de destination sur une trame de Navdata et de Commande AT.

Ces numéros de port permettent-ils de différencier l'émetteur et le récepteur de la trame ? En conclusion, donnez une raison pour laquelle les ingénieurs de Parrot ont choisi cette stratégie de numérotation des numéros de ports UDP ?

Entête UDP Datagramme NavData			
octet 1	octet 2	octet 3	octet 4
b7 … b0	b7 … b0	b7 … b0	b7 … b0

Entête UDP Datagramme NavData	
Port UDP Source (décimal)	
Port UDP de Destination (décimal)	

Entête UDP Datagramme Commande AT			
octet 1	octet 2	octet 3	octet 4
b7 b0	b7 b0	b7 b0	b7 b0

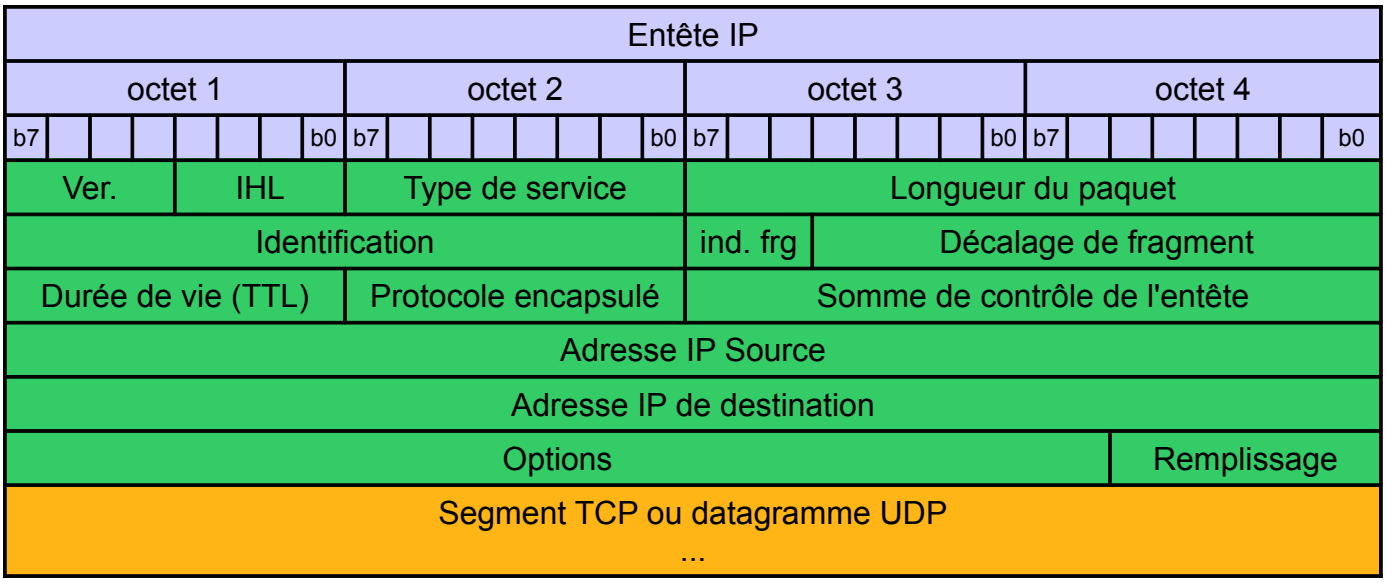
Entête UDP Datagramme Commande AT	
Port UDP Source (décimal)	
Port UDP de Destination (décimal)	

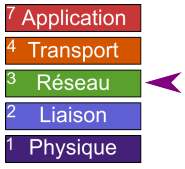
Conclusion :

Rappels : Paquet IPv4

Le paquet IPv4 encapsule le segment (datagramme) de la couche Transport afin que le réseau le délivre à l'hôte de destination. L'encapsulation réalisée au niveau de la couche.Réseau consiste à rajouter au segment (datagramme) des informations nécessaires à l'acheminement du paquet dans un entête IP.
Les principales informations sont :

- **Adresse IP de destination** : 4 octets qui identifient de manière unique l'hôte destinataire du paquet sur le réseau dans le cas d'une communication mono-diffusion (unicast). On pourra aussi trouver une adresse de diffusion (adresse de broadcast) dans le cas d'une diffusion à tous les membres d'un même réseau ou une adresse de multi-diffusion (multicast) dans le cas d'une diffusion vers un nombre restreint d'hôtes.
- **Adresse IP source** : 4 octets qui identifie l'hôte qui émet le paquet. Permet au récepteur de pouvoir répondre à l'émetteur le cas échéant.
- **Durée de vie** : Temps de vie restant du paquet avant sa destruction. Chaque routeur traversé décrémente au moins de 1 cette valeur. Quand le compteur arrive à zéro, le paquet est détruit. Cela empêche qu'un paquet tourne « en boucle » sur l'Internet.
- **Version** : version du protocole IP (4 pour v4)
- **IHL** : longueur de l'entête (multiple de 4 octets).
- **Longueur du paquet** : taille du paquet entier avec entête (en octet).
- **Protocole encapsulé** : donne le type des données encapsulées (segment TCP/datagramme UDP, etc.) :
  - 1 : ICMP (ping)
  - 6 : TCP
  - 17 : UDP
  - etc.





Question 2.2: Sur la même capture, relever les octets de l'entête IP d'une trame de Navdata et de Commande AT dans le masque suivant (en notation hexadécimale) . Compléter les tableaux ci-dessous à partir du décodage des entêtes et conclure.

Entête IP Paquet NavData (hexa)			
octet 1	octet 2	octet 3	octet 4
b7 b0	b7 b0	b7 b0	b7 b0

Entête IP Paquet NavData	
Adresse IP Source (décimale à point)	
Adresse IP de Destination (décimale à point)	
Protocole encapsulé	
Version IP	
Durée de vie	
Longueur du paquet	

Entête IP Paquet Commande AT			
octet 1	octet 2	octet 3	octet 4
b7 b0	b7 b0	b7 b0	b7 b0

Entête IP Paquet Commande AT

Adresse IP Source (décimale à point)	
Adresse IP de Destination (décimale à point)	
Protocole encapsulé	
Version IP	
Durée de vie	
Longueur du paquet	

Conclusion :

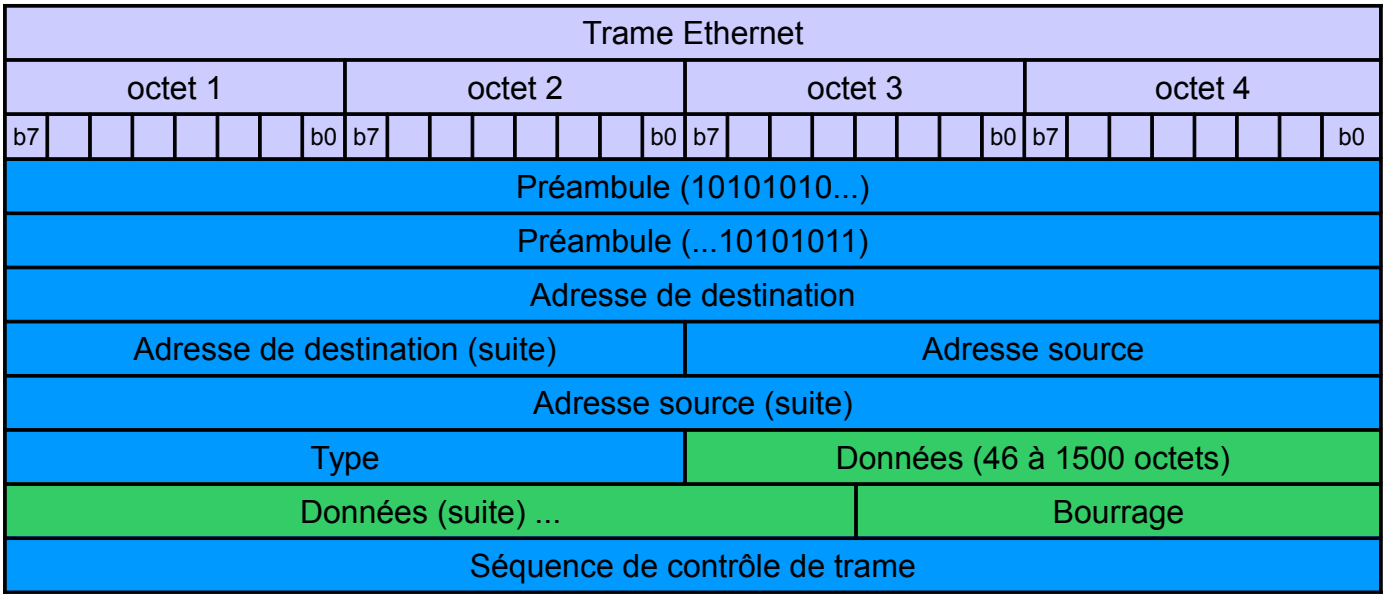
Aéroparc St Martin - 12 rue Caulet - 31300 TOULOUSE – tel : + 33 (0)5 62 88 72 72 – fax : + 33 (0)5 62 88 72 79

Site internet : www.dmseducation.com Email : info@dmseducation.com

Rappels : Trame Ethernet

Les périphériques Ethernet (cartes réseau) s'échangent des trames dont la taille est comprise entre 64 et 1522 octets (norme IEEE 802.3ac). Les trames dont la taille est hors norme sont simplement ignorées par les périphériques.
Une trame Ethernet est composée de plusieurs champs :

- **Préambule** : succession de 1 et 0 sur 8 octets se terminant par 11 permettant de synchroniser les périphériques récepteurs sur la trame qui va arriver. Généralement, le préambule n'est pas affiché par les analyseurs de réseau (ex. wireshark).
- **Adresse de destination** : 6 octets identifiant le destinataire. Dans le cas de la **mono-diffusion (unicast)**, les récepteurs comparent cette adresse à leur propre adresse MAC et accepte ou rejette la trame suivant le résultat de la comparaison. Une adresse de destination égale à FF:FF:FF:FF:FF:FF identifie une trame de **diffusion** (**broadcast**) destinée à l'ensemble des périphériques. Certaines autres adresses de destination spécifique peuvent adresser un groupe de périphériques (**multidiffusion** ou **multicast**)
- **Adresse source** : 6 octets identifiant le périphérique émetteur.
- **Type** : permet d'identifier le type de protocole encapsulé dans la zone de données (0x0800 pour IPv4, 0x0806 pour ARP, 0x86DD pour IPv6, etc.)
- **Données** : de 46 à 1500 octets de données encapsulées (exemple : paquet IP). Si la taille des données est inférieure à 46 octets, des octets de **bourrage** sont placés en queue pour assurer la taille minimale.
- **Séquence de contrôle de trame**: 4 octets calculés par le périphérique émetteur à partir des octets de la trame Ethernet (CRC , Cyclic Redundancy Check) et placés en queue de trame. Le périphérique récepteur contrôle la validité de la trame en recalculant le CRC puis en le comparant à celui placé par l'émetteur. Une différence indique une trame corrompue du fait d'une perturbation électrique ou électro-magnétique. Dans ce cas, la trame sera abandonnée. Dans le cas contraire, la trame est acceptée par le périphérique récepteur.



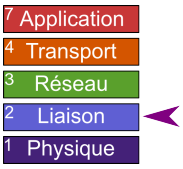
Remarques: Différences entre une trame Ethernet II/802.3 (filaire) et 802.11 (Wi-Fi)

Une trame Ethernet 802.11 échangée sur un réseau Wi-Fi diffère quelque peu d'une trame Ethernet échangée sur un réseau filaire classique. Les informations suivantes sont rajoutées à la trame Ethernet pour tenir compte des particularités d'un échange par ondes radios :

- Entête radio : 18 octets dont principalement :
  - un octet pour la vitesse de transmission (ex. : 54 Mbit/s entre Station-Sol et AR.Drone),
  - deux octets pour le numéro de canal Wi-Fi utilisé,
  - un octet pour la puissance du signal Wi-Fi en dBm.
- Entêtes 802.11 et Logical-Link Control : ensemble de données et de drapeaux spécifiques par exemple, l'identifiant du réseau Wi-Fi, un numéro de séquence, etc.

Le décodage d'une trame Ethernet 802.11/Wi-Fi n'est pas au programme du fait de sa complexité. En conséquence, le détail des trames 802.11/Wi-Fi ne sera pas abordé pendant les activités de TP.

Le logiciel « Analyse » présente donc seulement les trames Ethernet classiques nettoyées des champs ajoutés par le protocole 802.11/Wi-Fi.



Question 2.3 : Sur la même capture, relever les octets de l'entête Ethernet d'une trame de Navdata et de Commande AT dans le masque suivant (en notation hexadécimale).
Compléter les tableaux ci-dessous à partir du décodage des entêtes et conclure.

Trame Ethernet NavData			
octet 1	octet 2	octet 3	octet 4
b7 b0	b7 b0	b7 b0	b7 b0
Dst :			
		Src :	
Type :		Début Données :	

Trame Ethernet Commande AT			
octet 1	octet 2	octet 3	octet 4
b7 b0	b7 b0	b7 b0	b7 b0
Dst :			
		Src :	
Type :		Début Données :	

Trame Ethernet NavData	
Adresse MAC de destination (hexdécimale)	
Adresse MAC source (hexdécimale)	
Type de protocole encapsulé	

Trame Ethernet Commande AT	
Adresse MAC de destination (hexdécimale)	
Adresse MAC source (hexdécimale)	
Type de protocole encapsulé	
Conclusion :	

Aéroparc St Martin - 12 rue Caulet - 31300 TOULOUSE – tel : + 33 (0)5 62 88 72 72 – fax : + 33 (0)5 62 88 72 79

Site internet : www.dmseducation.com Email : info@dmseducation.com

7 Application 4 Transport 3 Réseau 2 Liaison 1 Physique	**Question 2.4**: Sachant qu'une trame Wi-Fi de NavData contient environ 370 octets et est émise par l'AR.Drone 30 fois par seconde ;.sachant aussi que la communication Station-Sol - AR.Drone est établie à 54 Mbits/s sur réseau Wi-Fi, calculer le taux d'occupation du flux NavData sur la bande passante disponible. Conclure

Aéroparc St Martin - 12 rue Caulet - 31300 TOULOUSE – tel : + 33 (0)5 62 88 72 72 – fax : + 33 (0)5 62 88 72 79

Site internet : www.dmseducation.com Email : info@dmseducation.com

Synthèse sur le modèle en couche

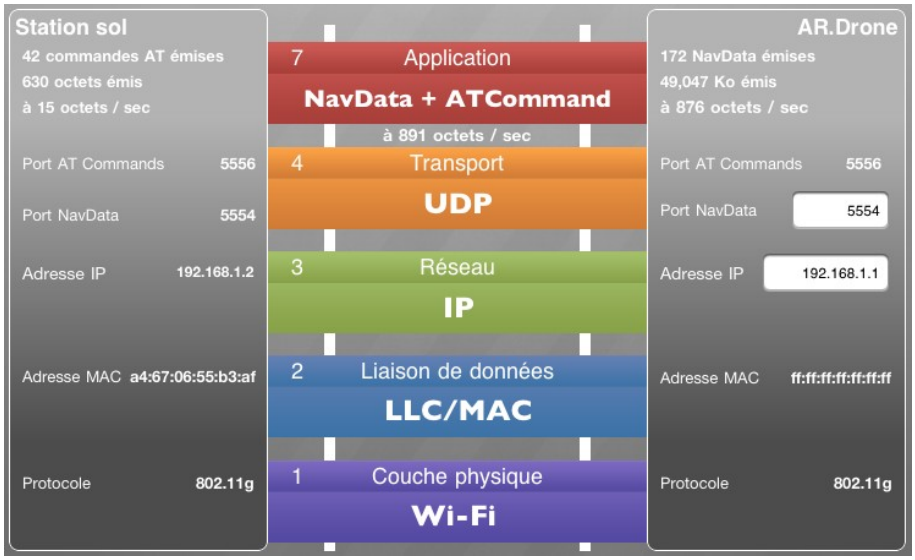
Chaque couche du modèle OSI est conçue pour être indépendante de la couche supérieure et de la couche inférieure :

- Elle rend des services à la couche supérieure en acceptant des données à transmettre, en préparant et transmettant ces données et en rendant compte du résultat de la transmission. Elle transmet aussi à la couche supérieure les données assemblées et ré-ordonnées qui arrivent sur l'interface réseau.
- Elle s'appuie sur la couche inférieure qui va offrir des services généralement plus limités (si elle existe).

Ce découpage permet une forte interopérabilité entre les équipements communicants à tous les niveaux en permettant :

- la diversité des types de support (air, cuivre, fibre optique, etc),
- la diversité des types de systèmes d'exploitation (Windows, Linux, Mac OS X, embarqué, etc.),
- la diversité des services rendus (fiabilité, rapidité, etc.).

Ce découpage est fait de telle sorte qu'il s'établit des communications virtuelles entre les couches de même niveau situées sur l'hôte local et distant (exemple : entre la couche Réseau de la Station Sol et la couche Réseau de l'AR.Drone).



7 Application 4 Transport 3 Réseau 2 Liaison 1 Physique	**Exercice de synthèse :** Compléter les éléments caractéristiques des modèles OSI associés à la Station-Sol et à l'AR.Drone à partir des éléments identifiés aux cours des différentes activités. Tracer, à l'aide de flèches, les communications virtuelles entre chaque couche du modèle.

Modèle OSI Station-Sol			Communi-cations virtuelles	Modèle OSI AR.Drone		
7	Application			7	Application	
6	Présentation			6	Présentation	
5	Session			5	Session	
4	Transport			4	Transport	
3	Réseau			3	Réseau	
2	Liaison de données			2	Liaison de données	
1	Physique			1	Physique	