

**BTS MÉTIERS DE L'AUDIOVISUEL
OPTION TECHNIQUE D'INGÉNIERIE
ET EXPLOITATION DES ÉQUIPEMENTS**

**PHYSIQUE ET TECHNIQUE
DES ÉQUIPEMENTS ET SUPPORTS - U3**

SESSION 2016

**Durée : 6 heures
Coefficient : 4**

Matériel autorisé :

toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique sous réserve que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999).

Tout autre matériel est interdit.

Le candidat doit gérer son temps en fonction des recommandations ci-dessous :

- traiter la partie 1 relative à la technologie des équipements et supports pendant une durée de 3 heures ;
- traiter la partie 2 relative à la physique pendant une durée de 3 heures.

Les parties 1 et 2 seront rendues sur des copies séparées et ramassées à la fin de l'épreuve de 6 heures.

Documents à rendre avec la copie :

- document-réponse n°1.....page 39/40.
- document-réponse n°2.....page 40/40.

**Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 40 pages, numérotées de 1/40 à 40/40.**

B.T.S. MÉTIERS DE L'AUDIOVISUEL		Session 2016
Option technique d'ingénierie et exploitation des équipements		
PHYSIQUE ET TECHNIQUE DES ÉQUIPEMENTS ET SUPPORTS U3	MVPTÉSE	Page : 1/40

SOMMAIRE

Liste des annexes :

Annexe 1 : réseau optique temps réel MediorNet	18
Annexe 2 : optimisation de la bande passante du réseau MediorNet	19
Annexe 3 : solution modulaire « Modular mainframe » MN-2RU	20
Annexe 4 : carte MediorNet MN-LNK-10-CWDM (1/2)	21
Annexe 5 : carte MediorNet MN-LNK-10-CWDM (2/2)	22
Annexe 6 : carte MediorNet MN-LNK-18-CWDM (1/2)	22
Annexe 7 : carte MediorNet MN-LNK-18-CWDM (2/2)	23
Annexe 8 : serveur XT3 : stockage	24
Annexe 9 : documentations techniques de disques durs.....	25
Annexe 10 : défauts introduits par une lecture au ralenti.....	26
Annexe 11 : réseau XNet.....	27
Annexe 12 : connexion réseau des serveurs XT3 pour le transfert des clips.....	28
Annexe 13 : câblage et transfert sur le réseau XNet	29
Annexe 14 : copies d'écrans du logiciel contrôle qualité Tektonix Cerify (1/2).....	30
Annexe 15 : copies d'écrans du logiciel contrôle qualité Tektonix Cerify (2/2).....	31
Annexe 16 : extrait recommandation P.A.D. CST RT017	32
Annexe 17 : spécifications techniques de l'émetteur WLL-CX55.....	33
Annexe 18 : extrait norme E.T.S.I. EN 300 744 (transmission DVB-T).....	34
Annexe 19 : document Lee Filter	35
Annexe 20 : canon Digisuper 80	36
Annexe 21 : images observées sur le moniteur de contrôle	36
Annexe 22 : electro-Voice EV Sx600	37
Annexe 23 : extrait recommandation ITU-R BT.709 (2).....	38

Documents-réponses :

Document-réponse n°1 : propagation de l'onde électromagnétique	39
Document-réponse n°2 : diagramme de chromaticité	40

Présentation du thème d'étude.

Une entreprise de production audiovisuelle est chargée de la mise en place technique pour la captation multicaméra des 24 heures du Mans.

En tout, ce sont 45 caméras pistes (pour la plupart des **Sony HDC 1500** et **2400**) qui suivent la course, dont 7 caméras HF dans les stands, une caméra sur câble déployée sur plusieurs dizaines de mètres au-dessus des stands, une caméra sur un hélicoptère et une autre sur un quad pour des images au plus près de l'action. Les 18 voitures de courses sont équipées chacune de 3 à 4 caméras embarquées.

Le signal international repris par les chaînes du monde entier est assuré par cinq cars régie, dont un pour la partie réalisation. Quatre autres cars-régie interviennent pour l'habillage de certaines chaînes.

Un car HF permet la réception des signaux des caméras HF, ils seront par la suite envoyés au car « piste » qui assurera la réalisation.

Un car régie LSM sera dédié aux ralentis.

L'application second écran.

Afin de satisfaire les fans de sport automobile, une application second écran est mise en œuvre au centre de ce dispositif technique. Depuis un smartphone ou une tablette, il est possible de suivre en direct plusieurs flux, de revoir les meilleures séquences, de suivre en temps réel la progression des voitures sur une carte, de consulter les classements et les résultats, de visionner des vidéos complémentaires en VOD.

La mise en œuvre de ce dispositif utilise la technologie **C-Cast**.

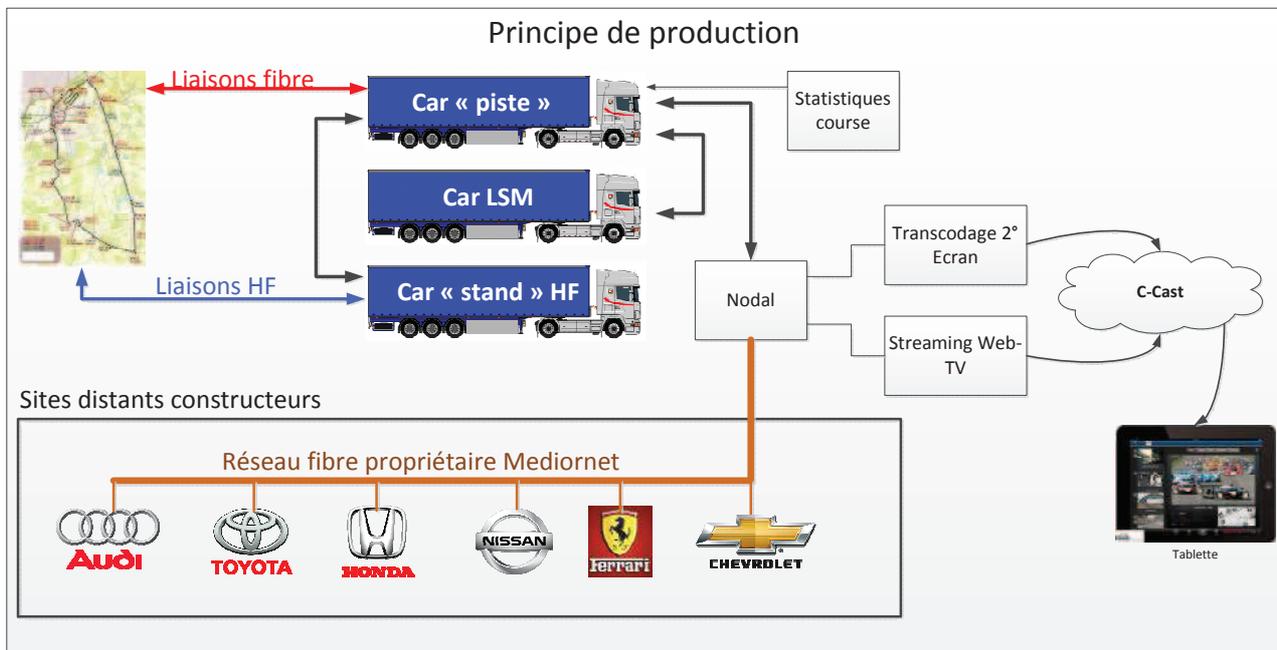
L'ensemble du dispositif est traité directement sur le circuit, dans le nodal TV. Sur place un réseau de 150 Mbit/s est réservé à l'alimentation de l'application « **24 H Le Mans** ». Les flux réceptionnés sont :

- le signal international ;
- 7 caméras fixes du circuit ;
- les 3 caméras embarquées des 18 voitures ;
- le signal de la WebT.V. « **24 H inside** » ;
- les sujets VOD montés et envoyés durant la compétition (temps forts, portraits de pilotes...) ;
- des sélections de ralentis.

Distribution des flux vidéo et audio aux constructeurs automobiles.

La distribution des signaux vidéo et audio est réalisée à partir d'un réseau optique temps réel propriétaire **MediorNet** à destination des sites distants des différents constructeurs automobiles participants à la course.

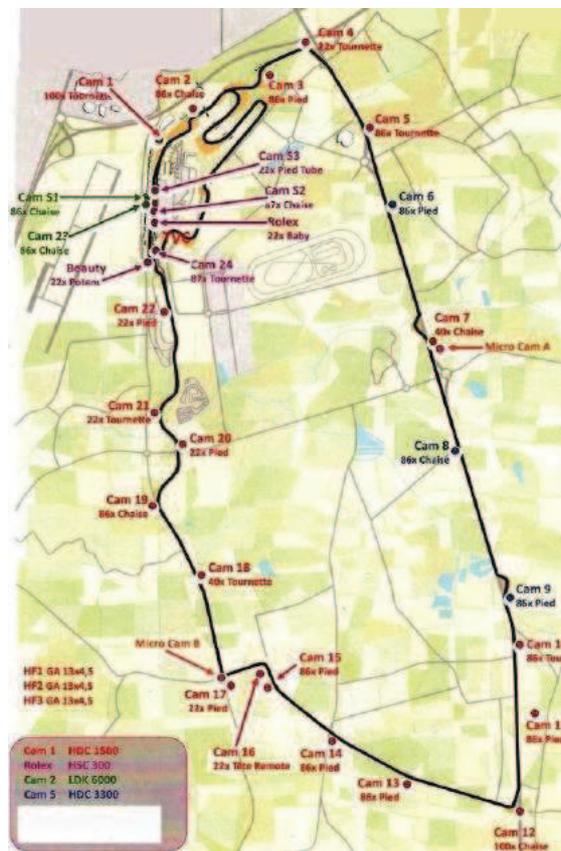
Ci-dessous une représentation simplifiée du dispositif :



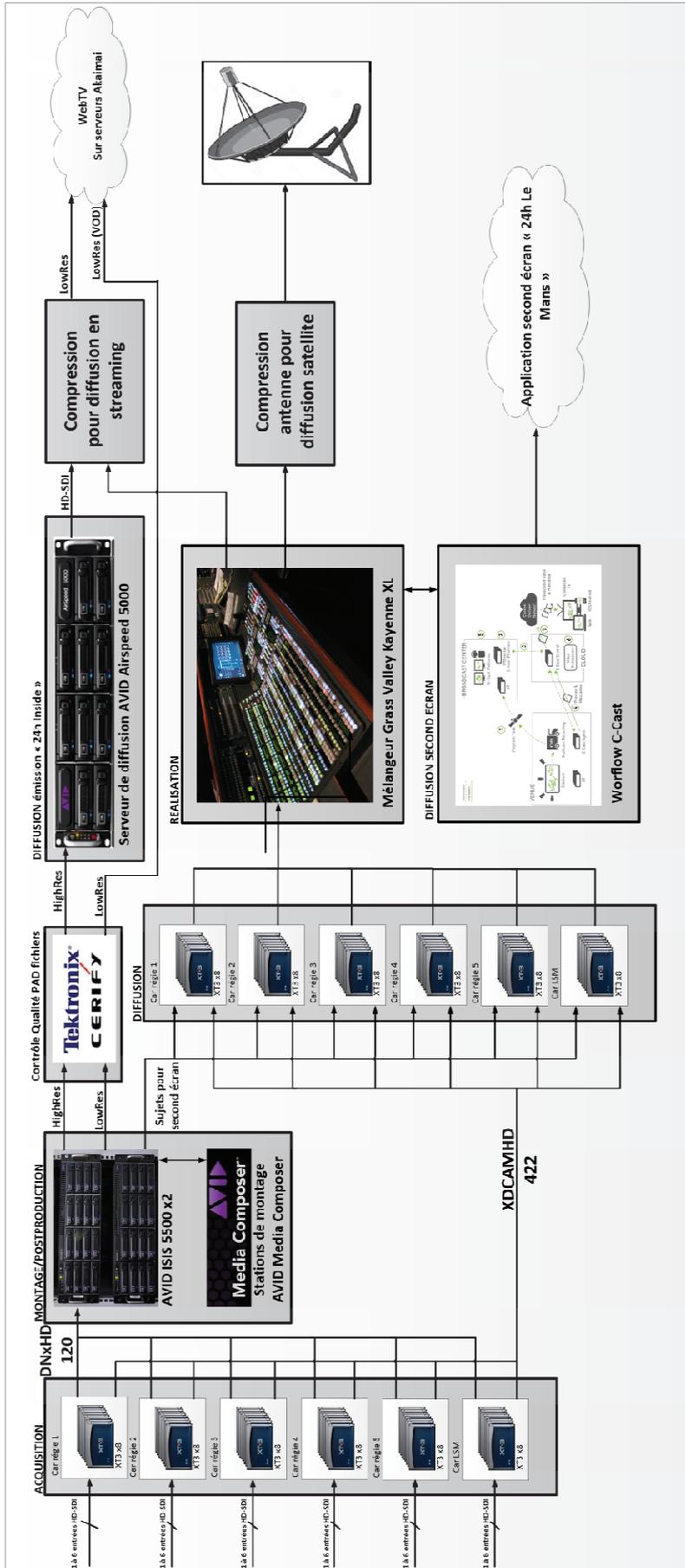
Les cars disposent d'une alimentation par un transformateur d'isolation et nécessitent une alimentation monophasée de 32 A.

Liste du matériel car régie « piste ».

- Mélangeur vidéo **Grass Valley Kayenne XL**.
- Console de mixage **Studer Vista 8**.
- Grille vidéo SD/HD **GVG TRINIX 384 x 480**.
- Grille audio **AES Studer Vista 256 x 256**.
- Système de contrôle **LSB VSM**.
- 8 serveurs **EVS-XT3**, avec 8 postes ralentis.
- Correction acoustique dans le studio de production audio avec processeur **Trinov**.
- Encodeur / décodeur **Dolby E**.
- Intercom **Riedel Artist 120 x 120**.



Mediaflow simplifié mis en place pour la post-production et diffusion des sujets



Première partie – Technologie des équipements et supports.

1. Distribution des signaux vidéo et audio aux constructeurs automobiles.

Les constructeurs automobiles souhaitent récupérer les flux vidéo et audio pour effectuer des montages de sujets spécifiques. Les demandes des constructeurs étant différentes, il est nécessaire de mettre en place une solution modulaire.

La solution adoptée par la société de production est le réseau sur fibre optique en temps réel **MediorNet**.

Le choix d'une topologie réseaux en **anneau redondant** a été adopté par la société de production audiovisuelle.

Les flux vidéo et audio à distribuer sont disponibles sur les grilles vidéo et audio du nodal.

Les constructeurs en demande de flux vidéo et audio sont :

- Audi ;
- Toyota ;
- Honda ;
- Nissan ;
- Ferrari ;
- Chevrolet.

Le constructeur automobile **Audi** demande à recevoir **90 signaux HD-SDI** et **140 signaux audio**. On transmettra les signaux audio en les insérant dans les flux vidéo **HD-SDI**.

1.1 Optimisation de la bande passante du réseau MediorNet.

Problématique : analyser le principe de transmission sur le réseau MediorNet afin de déterminer le débit nécessaire pour transmettre les 90 signaux HD-SDI

Les questions feront références aux **annexes 1 et 2**.

1.1.1 Expliquer succinctement le principe de transmission des signaux vidéo et audio sur la trame **MediorNet**.

1.1.2 Quel est le nombre de sous-frames (ou timeslots (TS)) utilisées pour transmettre les données utiles ?

En déduire alors le **débit utile** d'une trame **MediorNet**.

1.1.3 En considérant le mode de transmission des **140 canaux audio**, **justifier** pour quelles raisons les données auxiliaires des signaux **HD-SDI** devront être transmises par le réseau **MediorNet**.

1.1.4 Rappel : le **débit brut** d'une liaison **HD-SDI** est de 1,485 Gbits/s.

Justifier que le nombre de **sous-frames (TS : timeslots)** annoncés par la documentation technique sera suffisant pour transmettre un signal **HD-SDI**.

1.1.5 En considérant le nombre de **timeslots** utilisés pour transférer les données sur une trame **MediorNet**, **déterminer** le nombre de trames **MediorNet** nécessaires pour transmettre les **90 signaux HD-SDI** demandés par le constructeur automobile **Audi**.

1.2 Mise en œuvre du réseau et choix du matériel.

Problématique : exploiter les documentations techniques des matériels MediorNet afin d'établir un schéma partiel de la configuration du réseau optique du nodal en vue de communiquer avec les autres secteurs techniques des constructeurs automobiles.

Le choix de la société de production s'est porté sur le système modulaire « **Modular Mainframe** » **MN-2RU**.

Les questions feront références aux **annexes 3 à 7**.

1.2.1 Expliquer le principe du **CWDM** utilisé par les cartes **MN-LNK10-CWDM** et **MN-LNK18-CWDM**.

Quel en est son intérêt ?

1.2.2 Indiquer les « **slots** » qui peuvent recevoir les cartes **MN-LNK10-CWDM** et **MN-LNK18-CWDM**.

1.2.3 Déterminer le **débit brut** (de l'émission à la réception) que peut transporter la fibre optique de la carte **MN-LNK10-CWDM** seule.

2. Mise en œuvre de l'application second écran « **24 H Le Mans** ».

2.1 Acquisition des flux vidéo de la course.

On suppose qu'on dispose de serveurs **XT3** 6 canaux, configurés en enregistrement de **6 flux HD** en **DNxHD120** et en **XDCAM HD**. Chacun des flux vidéo **HD** seront associés à 8 canaux audio 48 kHz, 16 bits.

On souhaite établir une configuration matérielle et logicielle de ces serveurs afin de pouvoir enregistrer les 24 heures de la course avec les meilleures performances en termes de débit et de sécurité.

La post-production se fera notamment avec **Avid Media Composer**, donc il faudra que les formats d'enregistrement soient adaptés à ce logiciel.

Problématique : proposer un choix de disques durs et de configuration du serveur **XT3** afin d'enregistrer les 24 heures de courses.

Les questions feront références aux **annexes 8 et 9**.

2.1.1 Définir les caractéristiques des disques durs afin qu'ils soient compatibles avec les serveurs **XT[3]**.

Lister les références de disques durs présentés en **annexe 9** satisfaisant ces compatibilités.

2.1.2 Relever, pour les disques listés question précédente, les valeurs des débits en lecture/écriture en continu.

Faire alors un choix de disque dur qui offre les meilleures performances.

2.1.3 Préciser les avantages et inconvénients du système RAID utilisé par le serveur XT3.

Dans le cas d'une défaillance, quel est l'intérêt de choisir un disque de faible capacité dans ce système RAID ?

On suppose dans la suite qu'on fait le choix d'utiliser des disques de capacités de **300 Go**. Les serveurs **XT3** utilisés disposent tous de **12 disques** par défaut.

2.1.4 Calculer, pour les deux configurations possibles de RAID du serveur XT3, les capacités obtenues.

Quels avantages peut-on tirer des éventuels disques non utilisés pour le stockage des données ? **Expliquer**.

2.1.5 En tenant compte des caractéristiques des formats de compression présentés en annexe 8, calculer la capacité de stockage nécessaire pour enregistrer 6 flux HD associés chacun à 8 canaux audio en 48 kHz, 16 bits, les 6 flux HD seront simultanément compressés en DNxHD120 et XDCAM HD. On tiendra compte des débits des formats de compression par défaut.

Conclure si le serveur **XT3** seul suffit ou pas pour enregistrer les 24 heures de la course.

On suppose que l'on a fait le choix de la configuration RAID 4 + 1 (grappes de 5 disques).

2.1.6 Calculer le débit d'écriture de la configuration RAID 4 + 1 pour un débit d'écriture de disque de 180 Mo/s.

Justifier que ce débit sera suffisant pour l'enregistrement des 6 flux HD.

2.1.7 À partir de la documentation technique du serveur XT3, expliquer quelles sont les solutions pour augmenter la capacité de stockage.

Proposer alors une configuration permettant d'enregistrer tous ces flux pendant les 24 H.

2.2 Optimisation du ralenti.

Problématique : *comprendre les erreurs pouvant être introduites lors de la configuration des vitesses du ralenti et expliquer quelles sont les solutions à disposition de l'opérateur LSM afin de les atténuer.*

2.2.1 En s'appuyant sur l'annexe 10, expliquer les défauts introduits par une lecture au ralenti d'une vidéo enregistrée sur le serveur.

2.2.2 Quelles sont les solutions à disposition de l'opérateur LSM pour atténuer ces défauts ?

2.3 Mise en œuvre du réseau XNet.

On souhaite mettre en œuvre un réseau **XNet 1485 Mbit/s**. Il faut pour cela relier tous les serveurs **XT3** installés dans les différents cars régie par une topologie en anneau.

On considère qu'il y a **5 cars régie** contenant chacun **8 XT3** et un car **LSM** contenant également **8 XT3**.

Problématique : proposer un câblage des serveurs XT3 sur un réseau XNet afin d'optimiser la durée de transfert des fichiers XDCAM H.D.

Les questions suivantes feront références aux **annexes 11 à 13**.

2.3.1 Quel est le rôle du réseau XNet ?

Justifier que l'on ne peut pas transférer à partir de ce réseau des vidéos enregistrées sur les serveurs **XT3** sur un stockage de type **AVID**.

2.3.2 En supposant que les cars régies sont espacés de 100 m, **proposer** des types et références de câbles en précisant leur nombre pour mettre en œuvre ce réseau **XNet**, en argumentant vos choix et en précisant le type de câble utilisé.

2.3.3 Quel est le protocole utilisé par le réseau XNet ?

Expliquer la particularité et l'intérêt de ce protocole.

2.3.4 **Indiquer** le débit maximum de transfert des fichiers en **Mbit/s** sur le réseau **XNet**.

Comparer au débit brut.

2.3.5 Un technicien LSM souhaite transférer une séquence de 20 secondes enregistrée en **XDCAM HD** associée à ces **8 canaux audio** à un serveur **XT3** qui permet la lecture. Ceci afin que le réalisateur puisse la mettre à l'antenne.

Calculer alors la durée minimum de transfert de cette séquence.

2.4 Contrôle PAD des fichiers exportés.

On souhaite configurer le logiciel **Tektronix Cerify** pour faire une vérification P.A.D. des fichiers transcodés destinés à la diffusion. On rappelle que la diffusion se fait en **1080i50**. On fournit un extrait du manuel d'utilisation du logiciel **Cerify** ainsi que des copies d'écran. Un extrait des normes PAD en vigueur (**CST RT 017**) est également fourni.

Problématique : configurer le logiciel Tektronix Cerify afin de réaliser un contrôle qualité fichier des sujets qui seront diffusés sur le plateau de l'émission « 24 H inside ».

Les questions suivantes feront références aux **annexes 14 à 16**.

2.4.1 **Indiquer** à quoi correspondent les points de contrôles repérés de **1 à 5** sur les copies d'écran du logiciel **Cerify** en **annexes 14 et 15**.

Les monteurs exportent leurs sujets en **MXF Op-1a** avec un **codec DNxHD120** à destination du serveur **Airspeed 5000**.

Préciser alors les paramètres à configurer de manière à contrôler leur export (pour les points de contrôles repérés **1 à 5**).

2.4.2 À quoi correspondent les points de contrôles repérés **6 et 7** ?

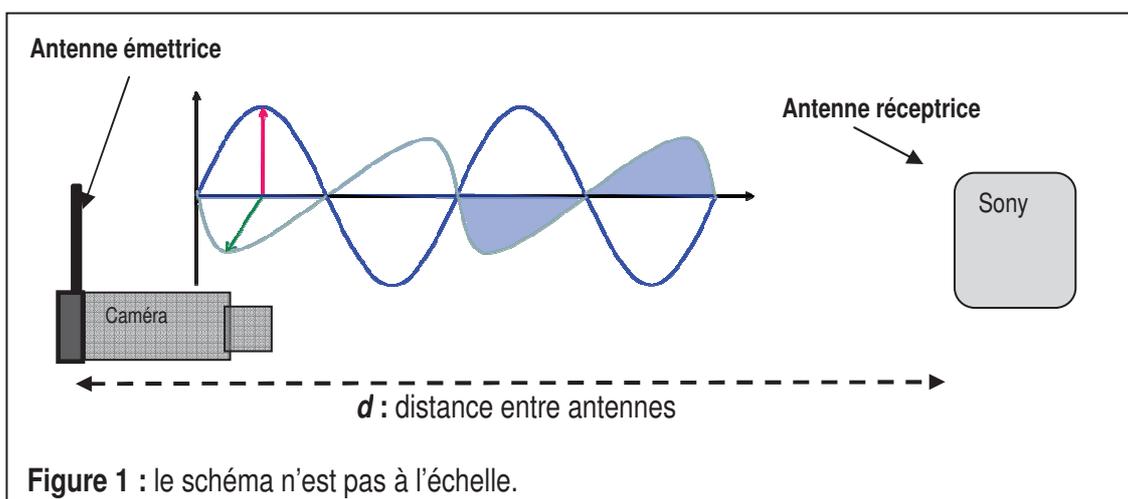
En se référant à l'**annexe 16**, **indiquer** si ces points de contrôle sont correctement configurés. Si oui **justifier** votre réponse. Si non, **indiquer** les modifications à effectuer.

Deuxième partie – Physique

1. Étude de la polarisation des antennes

Problématique : déterminer la polarisation de l'antenne réceptrice permettant d'obtenir une image de qualité optimale.

Lors de la captation multi caméras de la course automobile, des caméras équipées d'un système de transmission UHF sont placées le long du circuit (voir schéma figure 1 ci-dessous) :



L'émetteur WLL-CX55 (générateur et antenne émettrice) dont les caractéristiques figurent en **annexe 17** émet une onde électromagnétique de fréquence $f = 2418$ MHz.

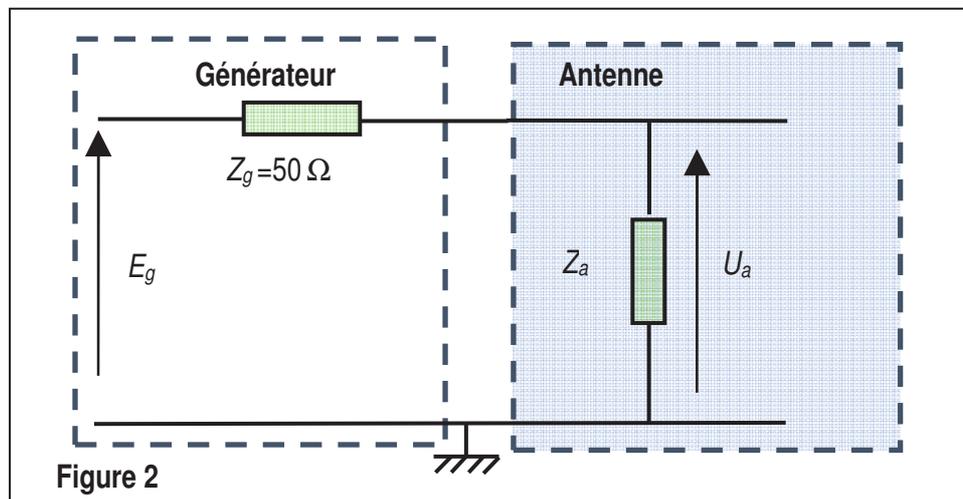
- 1.1 Compléter le **document réponse n°1** en indiquant dans les cadres en pointillés :
- le vecteur champ électrique \vec{E} ;
 - le vecteur champ magnétique \vec{B} ;
 - la valeur de la longueur d'onde λ de l'onde électromagnétique que vous aurez calculée.
- 1.2 À partir de la documentation technique, donner la directivité et la polarisation de l'antenne émettrice.
En déduire quelle doit être la polarisation de l'antenne réceptrice.

Rappel : la célérité de l'onde électromagnétique dans l'air est de $3,00 \cdot 10^8$ m.s⁻¹.

2. Étude de l'adaptation d'impédance en puissance

Problématique : déterminer l'impédance électrique équivalente d'une antenne afin que le maximum de puissance soit transmis par celle-ci.

L'antenne émettrice, modélisée par un dipôle d'impédance Z_a , est alimentée par un générateur de tension $E_g = 2,83$ V et d'impédance de sortie $Z_g = 50 \Omega$ (voir figure 2 ci-dessous).



2.1 En considérant les impédances comme purement résistives, donner l'expression de U_a en fonction de Z_a , Z_g et E_g .

2.2 Donner l'expression de la puissance transmise à l'antenne P_e en fonction de U_a et Z_a .
En déduire l'expression de P_e en fonction de E_g , Z_a et Z_g .

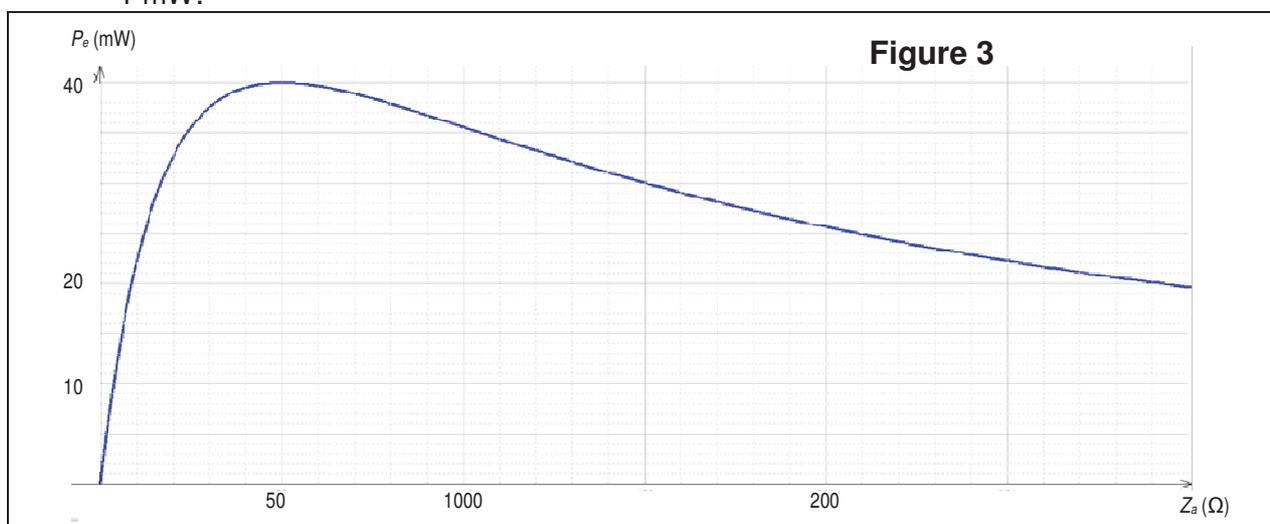
La courbe représentée sur la figure 3 nous indique la puissance P_e de l'antenne en fonction de son impédance Z_a .

2.3 Déduire de cette courbe la valeur de l'impédance de l'antenne qui permet d'obtenir une puissance transmise maximale.

Relever la valeur de la puissance transmise maximale $P_{e \max}$.

Calculer le niveau de puissance maximale transmise à l'antenne L_e en dBm.

On rappelle que la puissance en dBm est calculée par rapport à une puissance de 1 mW.



3. Étude de la transmission hertzienne UHF

Problématique : déterminer la distance maximale entre l'antenne émettrice et l'antenne réceptrice permettant d'obtenir une image de qualité optimale.

Le cadreur règle la fréquence d'émission à 2418 MHz et choisit la puissance maximale sélectionnable.

3.1 En vous référant à l'**annexe 17**, indiquer la puissance maximale $P_{e\ max}$ en mW choisie par le cadreur.

3.2 L'expression de la puissance isotrope rayonnée équivalente (PIRE) de l'antenne en fonction de $P_e\ dBm$ et du gain $G_e\ dBi$ de l'antenne émettrice.

Extraire, de l'**annexe 17**, le gain de l'antenne, puis calculer la PIRE en dBm.

La puissance reçue par l'antenne réceptrice est donnée par :

$$L_R(dBm) = L_e(dBm) + G_e(dBi) + G_{el}(dB) + G_R(dBi).$$

G_{el} représente l'atténuation de l'onde en fonction de la distance : $G_{el} = 20 \cdot \log(\lambda / (4 \cdot \pi \cdot d))$

$G_R(dBi) = 9\ dBi$ est le gain dû à l'antenne réceptrice.

3.3 Calculer la puissance transmise $P_R\ dBm$ au récepteur sachant que la distance entre les deux antennes est de 200 m.

Le signal au niveau de l'antenne réceptrice sera-t-il reçu correctement sachant que la sensibilité du récepteur est de $-65\ dBm$?

La sensibilité du récepteur est la puissance minimale en dessous de laquelle la qualité de la liaison est dégradée : taux d'erreur important en transmission numérique (« pixellisation » ou « figeage » de l'image en T.V. vidéo numérique).

Remarque : les dBm, dBi, dB peuvent être ajoutés.

4. Choix du type de modulation pour la transmission

Problématique : choisir le type de modulation permettant d'obtenir une transmission avec le moins d'erreurs possibles.

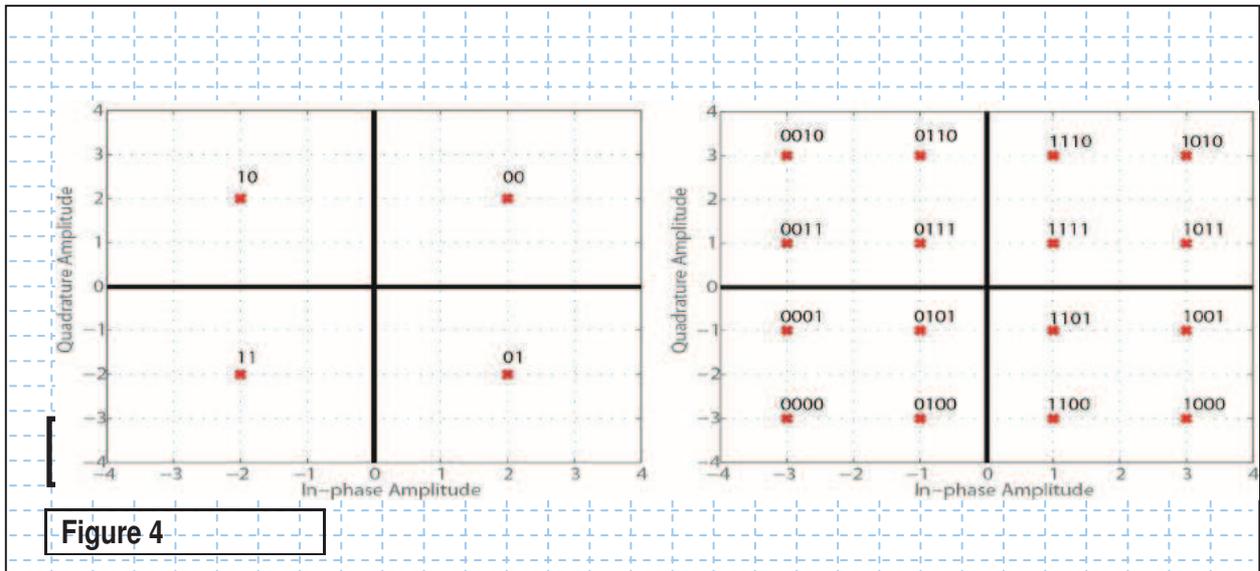
Le cadreur règle la fréquence d'émission à 2418 MHz et choisit la puissance maximale sélectionnable.

4.1 En vous référant à la figure 4 suivante et aux spécifications techniques de l'émetteur HF WLL-CX55 (**annexe 17**).

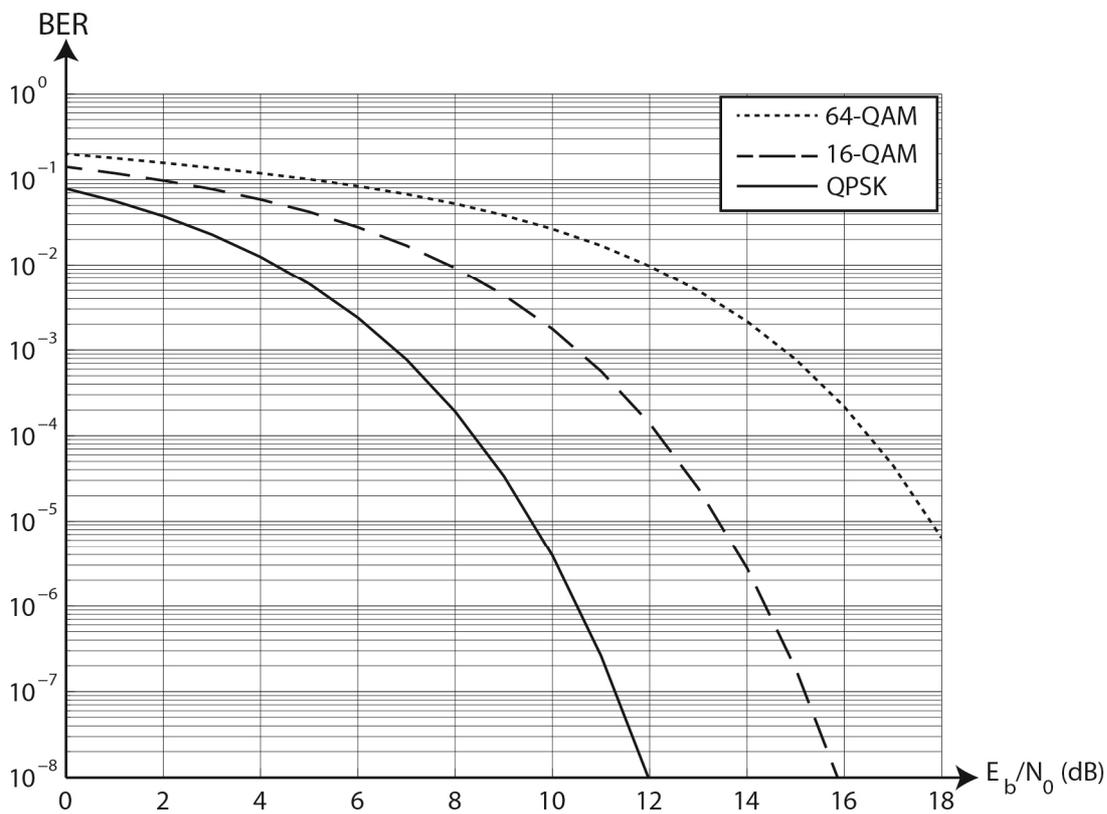
Donner le nom des deux types de modulations employées par l'émetteur HF.

Indiquer le nom des modulations qui correspondent aux constellations 1 et 2 qui peuvent être utilisées par l'émetteur (voir la figure 4).

4.2 Extraire de la norme ETSI relative aux modulations en **annexe 18**, les débits binaires D_1 et D_2 , qui correspondent aux deux modulations employées, lorsque le code rate a une valeur de $2/3$ et l'intervalle de garde est de $1/32$.



Le graphique ci-dessous représente le BER (taux d'erreurs binaires) en fonction du rapport signal sur bruit E_b/N_0 en dB.



Le BER doit être inférieur à 10^{-4} pour qu'une transmission numérique soit effectuée dans de bonnes conditions.

4.3 Quelle doit être la **valeur minimale** du rapport signal sur bruit pour qu'une transmission 16 QAM soit effectuée dans de bonnes conditions ?

En **déduire** la ou les modulations qui peuvent être choisies parmi les modulations précédentes, sachant que le rapport signal sur bruit dans les conditions de notre captation est de 13 dB.

4.4 Le technicien choisit la modulation 16-QAM et on transmet le message $d_k = 0101\ 1111\ 0101\ 1110$.

Déterminer les coordonnées a_k et b_k des deux premiers symboles transmis.

a_k et b_k représentent les coordonnées d'un symbole dans le plan (I,Q).

I : in phase et Q : en quadrature de phase.

4.5 **Calculer** la phase et l'amplitude du signal modulé correspondant au symbole (1110) transmis.

En déduire l'expression du signal modulé $s(t)$.

5. Étude de l'éclairage du plateau « 24 H Le Mans »

Problématique : choisir un filtre afin d'obtenir une image de qualité optimale.

Lors d'un des plateaux de la Web TV des 24 heures du Mans, des interviews sont réalisées en direct. La figure 5 ci-dessous en est un extrait.

La personne interviewée est placée devant une vitre. L'éclairement de la lumière du jour au niveau du visage de la personne vaut $E_j = 300\text{ lx}$ et la température de couleur correspondante est de $6\ 500\text{ K}$.

L'éclairement de la lumière du jour est l'éclairement dû à la lumière naturelle du jour, sans que les projecteurs ne soient allumés. Cet éclairage étant insuffisant, un éclairage supplémentaire est apporté par deux projecteurs de type Fresnel de température de couleur $T_p = 2\ 850\text{ K}$ (voir figure 5 ci-dessous).

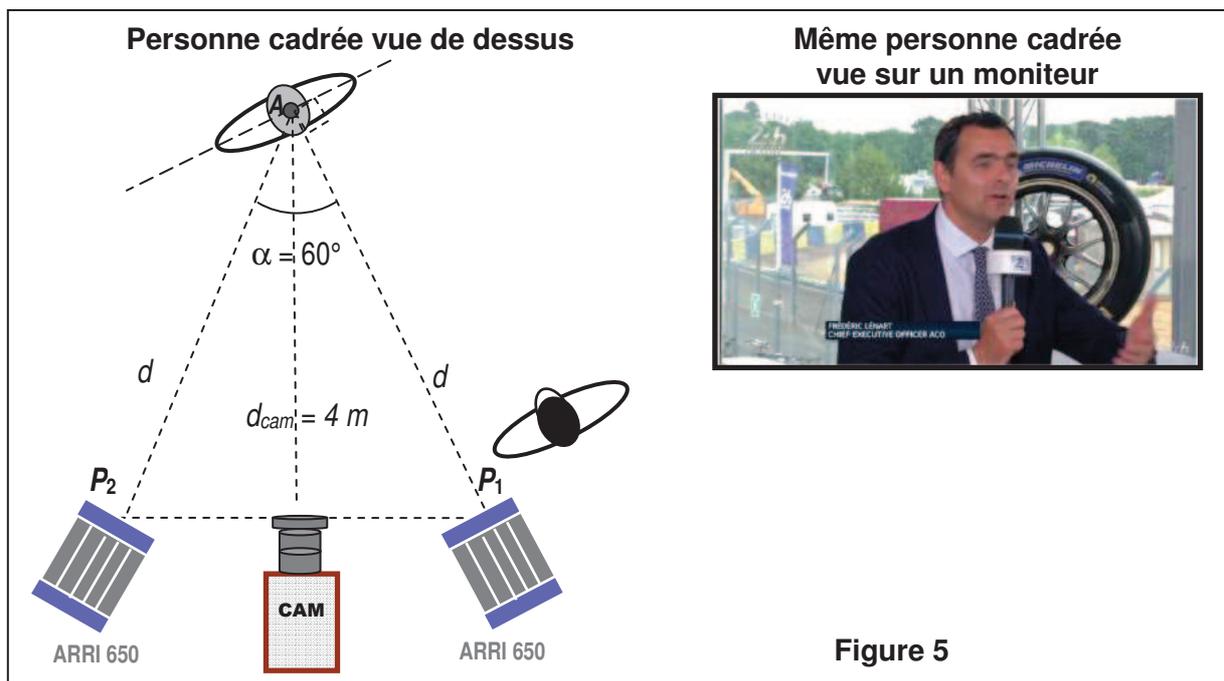


Figure 5

Le réalisateur demande de réaliser un éclairage de façon à ce que l'éclairement au point A (centre de la figure de la personne), lorsque les projecteurs fonctionnent, soit $E_T = 1000\text{ lx}$.

5.1 **Calculer** l'éclairement E_P apporté par les deux projecteurs pour que la condition du réalisateur soit respectée.

Les deux projecteurs qui éclairent la personne sont identiques, consomment la même puissance, sont en position flood et sont placés à la même distance d . Le flux lumineux du projecteur P_1 arrive avec une incidence normale au point A et le flux lumineux du projecteur P_2 arrive avec un angle de 60° au point A comme indiqué sur la figure 5.

5.2 Donner les expressions littérales des éclairagements E_1 et E_2 au point A des projecteurs P_1 et P_2 en fonction de l'intensité lumineuse I , de la distance d et de l'angle d'incidence.
En déduire que $E_2 = E_1/2$.

5.3 Calculer les valeurs des éclairagements E_1 et E_2 au point A, qui sont dus aux projecteurs P_1 et P_2 .

5.4 Placer sur le diagramme de chromaticité (**document réponse n°2**) les points C_1 et C_2 , correspondant aux lumières des projecteurs et à la lumière du jour, de températures de couleurs $T_p = 2\,850\text{ K}$ et $T_j = 6\,500\text{ K}$.

En déduire les coordonnées (x_p, y_p) et (x_j, y_j) correspondantes.

5.5 Déterminer par la méthode de votre choix les coordonnées du mélange coloré $M(x_M, y_M)$ résultant du mélange des deux lumières qui éclairent la personne sur le plateau. L'éclairage dû aux projecteurs est $E_p = 700\text{ lx}$ et l'éclairage dû à la lumière du jour est $E_j = 300\text{ lx}$. Rappel : l'éclairage est proportionnel à la luminance.

En déduire la température de couleur T_M du mélange résultant la plus proche.

Remarque : le point M n'appartient pas à la courbe du corps noir.

Le réalisateur n'est cependant pas satisfait du rendu de l'image et demande au technicien de placer devant les projecteurs un filtre pour que la température de couleur de l'ensemble (projecteurs + filtres) ait la même valeur que la température de couleur du jour.

5.6 Calculer la variation Mired ΔM en mired (Md) ou mégakelvin inverse (M.K^{-1}) entre la température de couleur de la lumière du jour et la température de couleur des projecteurs.

5.7 À partir de l'extrait d'un document Lee Filters (**annexe 19**), **donner le nom du filtre** que le technicien devra placer devant chaque projecteur pour que la température de couleur à la sortie soit la plus proche de la température de couleur de la lumière du jour.

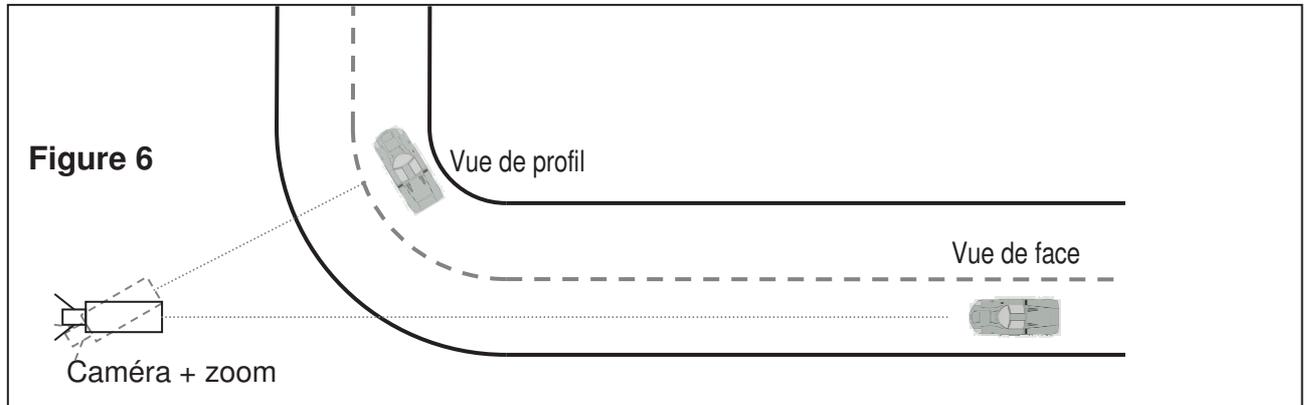
Rappel : correction en mired d'un filtre : $\Delta M = 10^6 \times \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$.

5.8 Le technicien place devant chaque projecteur le filtre déterminé à la question 5.7. Quelle est l'**influence des filtres** placés devant les projecteurs sur l'éclairage au point A ? À partir des caractéristiques du filtre (**annexe 19**), **déterminer** le nouvel éclairage au point A.

6. Étude de prises de vues

Problématique : choisir la focale, réaliser un cadrage adapté.

Une caméra est positionnée dans le prolongement d'une grande ligne droite qui se termine par un virage à droite comme le représente la figure 6 ci-dessous.



La caméra est équipée d'un zoom Canon Digisuper 80 dont les spécifications sont données en **annexe 20**. L'objectif sera considéré comme une lentille mince convergente pour simplifier l'étude.

On souhaite prévoir plusieurs cadrages différents lors du passage d'une voiture.

Le véhicule mesure 2,00 m de large, 4,70 m de long et 1,00 m de hauteur.

Les dimensions du capteur de la caméra sont 9,6 mm x 5,4 mm.

Plan éloigné de face

La voiture se présente face à la caméra en début de ligne droite à 1 500 m de distance. Le zoom est réglé sur la focale maximale avec le doubleur de focale.

6.1. À partir des caractéristiques du zoom en **annexe 20**, relever la valeur de la focale maximale et vérifier par le calcul la valeur de l'angle de champ horizontal.

6.2. Calculer la hauteur h_v et la largeur l_v de l'image de la voiture sur le capteur.

Plan d'ensemble de profil

Lorsque le véhicule entre dans le virage, il se situe à 30 m de la caméra et apparaît de profil à l'image. On souhaite alors que le véhicule occupe les deux tiers de l'image comme représenté en **annexe 21**.

6.3. Calculer la focale nécessaire.

7. Étude de la sonorisation

Problématique : dimensionner une sonorisation.

Dans la tribune principale du circuit, les spectateurs les plus proches de la piste se trouvent à une distance de 35 m d'une voiture qui émet un son de niveau de pression 130 dB_{SPL} à 1 m.

On considèrera que le son provenant d'une voiture est assimilable à une onde sphérique.

Dans toute cette partie on prendra pour vitesse de propagation du son dans l'air $c = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

On rappelle que l'intensité acoustique et la pression acoustique au seuil d'audition valent respectivement $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ et $P_0 = 2.10^{-5} \text{ Pa}$.

7.1. Calculer le niveau de pression acoustique L_{35} ainsi que la pression acoustique P_{35} que reçoit un spectateur dans ces conditions.

Pour une bonne compréhension de l'animation de la course, un système de sonorisation comprenant des enceintes Electro-Voice Sx600 est utilisé. Chaque enceinte émet une onde considérée comme sphérique et en champ libre, et doit permettre à un commentateur d'être entendu dans la tribune par tous les spectateurs. Pour simplifier le problème, on considèrera le cas d'un spectateur particulier qui ne perçoit le son que d'une enceinte.

Pour que les commentaires soient perceptibles, Il faut que le niveau de pression acoustique reçu d'une enceinte par un spectateur soit de 100 dB_{SPL}.

7.2. Sachant que le spectateur se trouve dans l'axe principal, à la distance $d = 20 \text{ m}$ d'une enceinte, **calculer** le niveau de pression acoustique L_1 nécessaire à 1 m de l'enceinte, puis en déduire l'intensité acoustique I_1 à 1 m de l'enceinte.