

IntNum / TD Conversion Analogique Numérique

Exercice 1 / Données numériques

Les images couleurs sont composées de **pixels**, chacun codé en **Rouge**, **Vert** et **Bleu**. Chacune des couleurs est codée sur **8 bits**. Les formats des images utilisées dans le domaine de la vidéo numérique sont les suivants (plateforme de *streaming* par exemple) :

480p 720 x 480 pixels	720p 1280 x 720 pixels	Full HD 1920 x 1080 pixels	4K 3840 x 2160 pixels
------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	------------------------------

Ces images sont rafraichies à un rythme de **25 images/seconde**.

1. Sur combien d'octets sont codés chacun des pixels ?
2. Quelle taille, en octets, faut-il pour stocker une image en 4K sur un support physique ? Une image en 720p ?
3. Quelle taille, en octets, faut-il pour stocker une seconde de vidéo en 4K sur un support physique ? Une seconde de vidéo en 720p ?

Les débits en réception des différents moyens de communication actuels sont les suivants (valeur moyenne - décembre 2024) :

Fibre Optique 573 Mbits/s	Réseau 5G 500 Mbit/s
----------------------------------	-----------------------------

4. Dans votre colocation, vous êtes 2 et vous souhaitez regarder deux vidéos différentes. Quelle qualité vidéo pouvez-vous utiliser à l'aide de votre connexion par fibre optique ?
5. Une coupure de votre routeur vous oblige à passer chacun sur votre téléphone 5G. Quelle est la qualité vidéo maximale utilisable ?

On supposera dans cet exercice que les images sont **non compressées**. Il existe cependant des encodages permettant des réductions de 40% sans perte en moyenne (**FFV1**) à 90% avec perte (**H.264**).

Correction

1/ chaque pixel est codé sur 3 valeurs de 8 bits (R,G,B), soit **3 octets**.

2/ Image **4K** = (3840 x 2160) pixels x 3 octets = **24.9 Mo = 23.7 Mio**
(1 Mio = 1024 x 1024 octets)

Image **720p** = (1280 x 720) pixels x 3 octets = **2.8 Mo = 2.6 Mio**

3/ **Une seconde de vidéo** à 25 images/seconde correspond à 25 images.

Taille 1s **4K** = Image 4K x 25 = **622 Mo = 593 Mio**

Taille 1s **720p** = Image 720p x 25 = **69 Mo = 65.9 Mio**

4/ En fibre, Débit = 573 Mbits/s = 71.6 Mo/s.

Ce débit est à diviser en 2 soit 35.8 Mo/s par utilisateur.

Taille 1s **480p** = (720 x 480 x 3) x 25 = **25.9 Mo**

Il faut un débit de 66 Mo/s pour du 720p alors qu'il ne faut qu'un débit de 26 Mo/s pour du 480p.

La qualité maximale sera du **480p**.

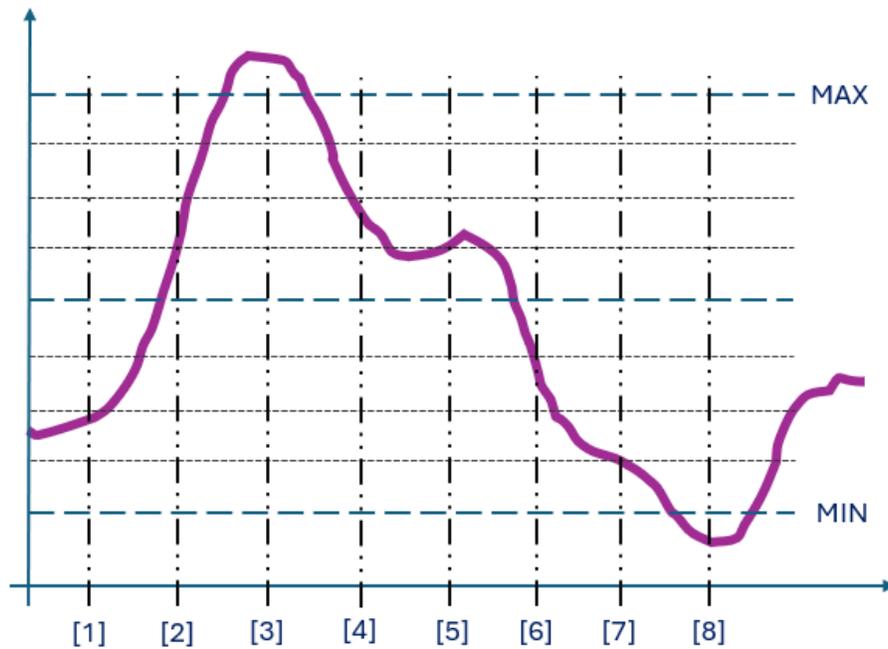
5/ Le débit 5G est de 500 Mbits/s = 62.5 Mo/s. Uniquement en 480p (idem question 4).

Si la coupure dure 1h, vous allez consommer, en 480p :

Quantité = ((720 x 480) x 3) x 25 x 3600 = **93Go**

Exercice 2 / Conversion analogique-numérique

Soit le signal suivant.



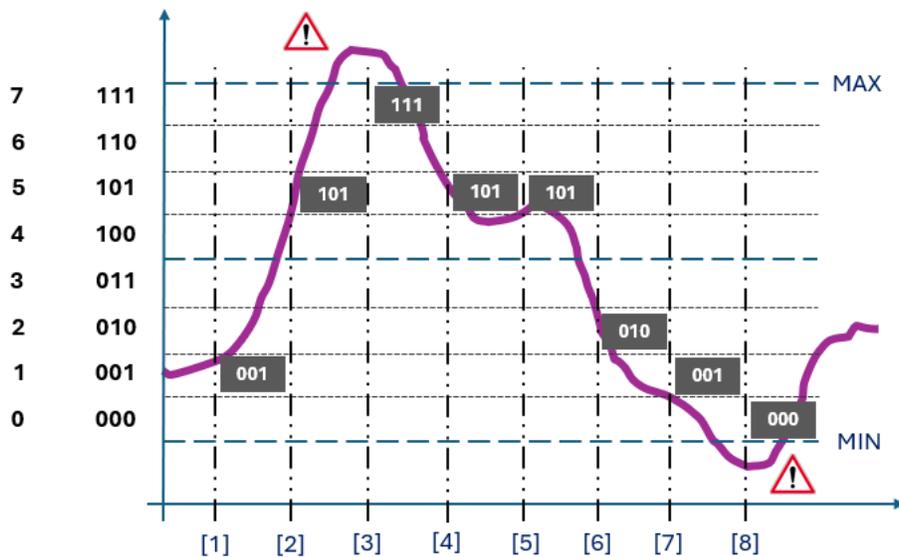
On souhaite l'encoder sur 8 niveaux entre les valeurs *MIN* et *MAX*. Les échantillons [i] sont pris à intervalle régulier

1. Combien de bits faut-il pour transmettre un échantillon ?
2. Graduer l'axe des ordonnées avec les valeurs obtenues en sortie du convertisseur analogique-numérique (valeurs binaire et décimale).
3. Quelles sont les valeurs binaires et décimales des 8 premiers échantillons ?

Correction

1/ Il faudra 3 bits, $2^3 = 8$.

2/ 3/



Exercice 3 / Transmission numérique

On souhaite transmettre des informations binaires sur une fibre. Le laser d'émission peut être piloté selon 4 niveaux d'intensité lumineuse. On ajoute également la possibilité de choisir 2 états de polarisation.

On supposera que le délai de changement de niveaux de luminosité et de polarisation n'est pas un facteur limitant de la transmission.

1. Quelle est la **valence** de ce mode de transmission ?
2. Quelle est la **quantité de bits transmis** par motif ?
3. Chaque motif reste un temps Δ_T sur la fibre. En déduire le **débit binaire** en bits/s puis en octets/s.

$$\text{AN : } \Delta_T = 100 \text{ ns}$$

Correction

1/ La **valence** correspond au nombre de motifs différents qu'il est possible de transmettre indépendamment (nombre d'états possibles d'un signal transmis) : ici il y a 4×2 motifs possibles, soient 8 motifs. $v = 8$

2/ Pour pouvoir coder 8 motifs différents, **3 bits** sont nécessaires ($n = \log_2(v)$).

3/ On peut noter R la rapidité de modulation (en bauds) : $R = 1/\Delta_T$

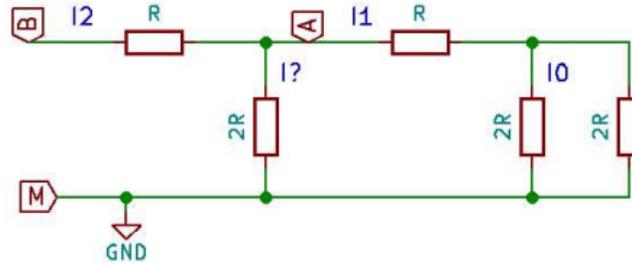
Le débit binaire vaut : $D = n \cdot R$

Ici : $D = n/\Delta_T = 3/10^{-7} = 30 \cdot 10^6 = 30 \text{ Mbits/s} = 3.75 \text{ Mo/s}$

Exercice 4 / Conversion numérique-analogique

Montage R-2R

On s'intéresse à ce montage :



1. Que vaut le courant I_1 en fonction du courant I_0 (courant passant par la résistance $2R$) ?
2. Que vaut le courant I_2 en fonction du courant I_0 (courant passant par la résistance $2R$) ?

Correction

1/ On peut s'intéresser à la résistance équivalente entre les points A et M.

On trouve entre A et M une résistance R en série avec un ensemble en parallèle de 2 résistances de $2R$.

$$R_{AM} = R + (2R // 2R) \text{ avec } 2R // 2R = \frac{2R \cdot 2R}{2R + 2R} = R$$

On a alors : $R_{AM} = R + R = 2R$.

Les deux résistances de $2R$ étant en parallèle, elles sont soumises à la même différence de potentiel. Comme elles ont également la même résistance, elles sont traversées par le même courant.

La loi des noeuds au point d'intersection de R et des deux résistances de $2R$ donne que $I_1 = 2 \cdot I_0$.

2/ En reprenant le modèle équivalent du montage entre A et M, on obtient alors un nouveau montage R-2R.

On a alors $R_{BM} = R + (2R // 2R) = 2R$. Et ainsi de suite...

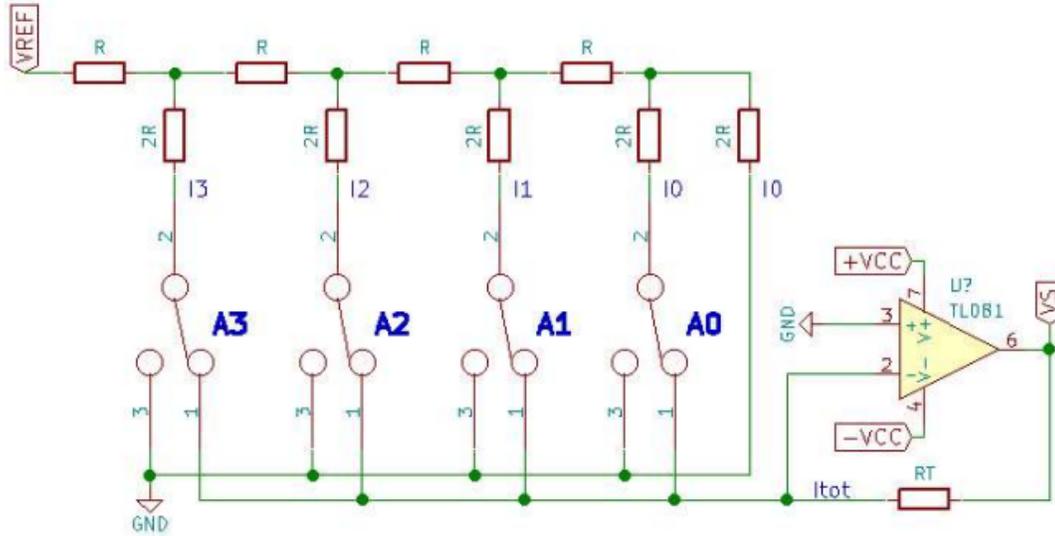
De la même façon que précédemment, on obtient $I_2 = 2 \cdot I_1 = 2^2 \cdot I_0$.

En généralisant, le courant :

$$I_n = 2^{n+1} \cdot I_0$$

Montage complet

On s'intéresse à présent au montage suivant :



On supposera que lorsque $A_i = 0$, l'interrupteur i est en position 3 et que lorsque $A_i = 1$, l'interrupteur i est en position 1.

1. Quel est le type de montage autour de l'ALI ?
2. En quoi la structure vue précédemment peut nous aider ?
3. Que vaut alors le courant I_{tot} dans la contre-réaction de l'ALI en fonction des courants I_i ?
4. Que vaut alors le courant I_{tot} dans la contre-réaction de l'ALI en fonction du courant I_0 et des valeurs des A_i ?

Correction

1/ Il s'agit d'un montage transimpédance, qui permet de transformer I_{tot} en une tension $V_S = -R_T \cdot I_{tot}$.

2/ On remarque que la structure est de type R-2R.

En fonction de la position des A_i , le courant résultant des différentes branches va soit à la masse, soit dans le contre-réaction de l'ALI. Comme l'ALI est en mode linéaire, on a $V_+ = V_-$ et $V_+ = 0$. Dans les deux cas, la masse est présente sur les interrupteurs A_i .

3/ Si on calcule le courant au noeud en V_- , on a $I_{tot} = A_0 \cdot I_0 + A_1 \cdot I_1 + A_2 \cdot I_2 + A_3 \cdot I_3$.

De manière généralisée :

$$I_{tot} = \sum_{k=0}^N A_k \cdot I_k$$

4/ D'après la section précédente, on a vu que $I_1 = 2^1 \cdot I_0$, que $I_2 = 2^2 \cdot I_0$...

On a alors :

$$I_{tot} = I_0 \cdot \sum_{k=0}^N A_k \cdot 2^k$$