



## RAPPORT

## Sommaire

<b>1</b>	<b>Prérapport</b>	<b>2</b>
1.1	Qu'est-ce qu'une trame, un fanion et un ACK ? . .	2
1.2	Comment est-ce que le protocole Stop-and-wait ARQ fonctionne ? . . . . .	2
1.3	Qu'est-ce que le Code Hamming (7,4) et comment fonctionne-t-il ? . . . . .	3
1.4	Qu'est-ce que le High-Level Data Link Control (HDLC) et comment fonctionne-t-il ? . . . . .	3
1.5	Comment on fait pour multiplier deux matrices ? .	4
1.6	Combien de temps en moyenne faut-il pour recevoir des données de la planète Mars ? . . . . .	4
<b>2</b>	<b>TD 02. 11 mars 2021</b>	<b>5</b>
2.1	Protection contre les erreurs et synchronisation . .	5
2.1.1	Exercice 1 . . . . .	5
2.1.2	Exercice 2 . . . . .	5
2.1.3	Exercice 3 . . . . .	6
2.1.4	Exercice 4 . . . . .	8
2.1.5	Exercice 5 . . . . .	9
2.1.6	Exercice 6 . . . . .	10
2.1.7	Exercice 7 . . . . .	16

# 1 Prérapport

## 1.1 Qu'est-ce qu'une trame, un fanion et un ACK ?

Dans le Modèle OSI, on a la couche "Liaison de données" et la couche "Physique". L'ensemble couche Liaison de données plus couche Physique assure une transmission sans erreurs entre systèmes adjacents c'est-à-dire entre systèmes partageant le même support physique. Pour ce faire, la couche Liaison de données segmente le flux binaire en séquences appelées trames. Ces trames sont composées pour une part d'éléments utiles en provenance de la couche 3, pour une autre part d'éléments de protocole de la couche 2. Pour l'essentiel à ce niveau, il s'agit de numéroté les trames et d'y placer de la redondance. SCHALKWIJK 2020

Champs de la trame :

- Fanions(flag) : délimiteurs de trame. Le fanion, permet de repérer le début et la fin des données transmises
- ACK : Après avoir émis une trame, l'émetteur n'envoie pas de données supplémentaires tant qu'il n'a pas reçu d'acquittement (ACK) de la part du destinataire.

## 1.2 Comment est-ce que le protocole Stop-and-wait ARQ fonctionne ?

1. L'émetteur envoie une seule trame de données à la fois.
2. Après avoir émis une trame, l'émetteur n'envoie pas de données supplémentaires tant qu'il n'a pas reçu d'acquittement (ACK) de la part du destinataire.
3. Le destinataire n'envoie un ACK qu'après avoir reçu une trame correcte.
4. Si l'émetteur ne reçoit pas d'ACK avant l'expiration d'un délai prédéfini (appelé temporisateur ou timeout), il réémet

la trame précédemment envoyée.<sup>1</sup>

### 1.3 Qu'est-ce que le Code Hamming (7,4) et comment fonctionne-t-il ?

Est un code correcteur linéaire binaire. À travers un message de sept bits, il transfère quatre bits de données et trois bits de parité. Les trois vont permettre de savoir s'il y a des erreurs. S'il y a une erreur (1 bit) on peut le corriger, s'il y a plus, on doit faire autre chose. Il permet la correction d'un bit erroné. WIKIPÉDIA 2020a Il travaille à l'intérieur d'un protocole.

### 1.4 Qu'est-ce que le High-Level Data Link Control (HDLC) et comment fonctionne-t-il ?

High level Data Link Control (HDLC) est un protocole, créé en 1979 qui constitue une étape intermédiaire de LLC. DORDOIGNE 2020 Il organise la trame.

Le projet 802 de l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) divise le niveau Liaison de données en deux sous-couches. La première est nommée contrôle d'accès au média ou Medium Access Control (MAC). Elle est propre à chaque type de réseau. La seconde, nommée contrôle de la liaison logique ou Logical Link Control (LLC), est indépendante du type de réseau. Elle est standardisée comme 802.2. WIKIPÉDIA 2020b

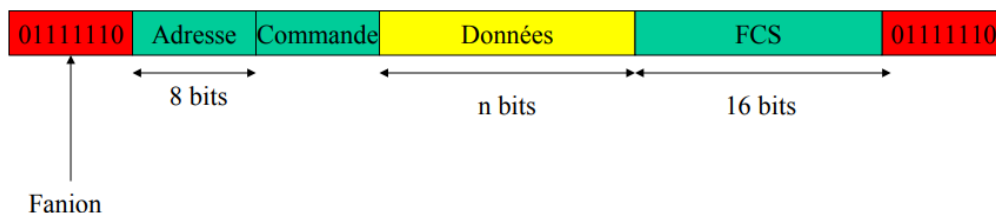


FIGURE 1 – Format des trames HDLC

1. <https://www.esen.tn/portail/medias/documents/enseignement/1493894936390.pdf>

La figure 1 a été prise à partir du site Web<sup>2</sup>

### 1.5 Comment on fait pour multiplier deux matrices ?

Pour multiplier des matrices, il faut multiplier les éléments de la rangée de la première matrice par les éléments des rangées de la seconde matrice puis additionner leurs produits. *Comment multiplier des matrices* 2021

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1*1 + 2*3 + 3*5 & 1*2 + 2*4 + 3*6 \\ 4*1 + 5*3 + 6*5 & 4*2 + 5*4 + 6*6 \end{pmatrix}$$

FIGURE 2 – Multiplication de deux matrices

La figure 2 a été prise à partir du site Web<sup>3</sup>

### 1.6 Combien de temps en moyenne faut-il pour recevoir des données de la planète Mars ?

Un signal radio prend entre 5 et 20 minutes pour parcourir la distance entre Mars et la Terre. *Cómo hace el robot Perseverance para enviar imágenes desde Marte (y por qué la primera era tan mala)* 2021

2. <https://www.esen.tn/portail/medias/documents/enseignement/1492715997155.pdf>

3. <https://waytolearnx.com/2019/09/multiplication-de-deux-matrices-en-c.html>

## 2 TD 02. 11 mars 2021

### 2.1 Protection contre les erreurs et synchronisation

#### 2.1.1 Exercice 1

On suppose que le fanion % délimite le début et la fin des trames. Pour assurer la transparence des données, on suppose que l'émetteur rajoute \$ comme octet d'échappement devant tous les fanions dans les données transmises. Quelles trames seront envoyées si nous voulons envoyer les données suivantes ?

PRIX:\$20 | PLUS | 5%

FIGURE 3 – Les données à envoyer

Réponse :

- % PRIX : \$ 20 %
- % PLUS %
- % 5 \$ % %

Le symbole de dollar échappe le donné suivant

#### 2.1.2 Exercice 2

Soit un protocole avec un fanion de début et de fin de trame ayant pour valeur 01111110 (0x7E), il faut transmettre les données suivantes :

01011111 11100011 11110011 11111011 10000011 11100001

1. Que se passerait-il si on transmettait les données ci-dessus telles quelles sur le réseau ?

Le receptrer va reconnaître la trame mais il va demander le protocole

2. Quel est le nom du mécanisme mis en oeuvre pour résoudre ce problème ?

Le protocole HDLC

3. Quelle est la trame émise sur le support après application du mécanisme ci-dessus ?

01111110 01011111 11100011 11110011 11111011 10000011  
11100001 01111110

On doit ajouter un zéro après chaque groupe de 5uns 01111110  
010111110 11100011 1110 10011 111à 11011 10000011 11100001  
01111110

Après le receptrer va elever chaque zéro après 5uns

### 2.1.3 Exercice 3

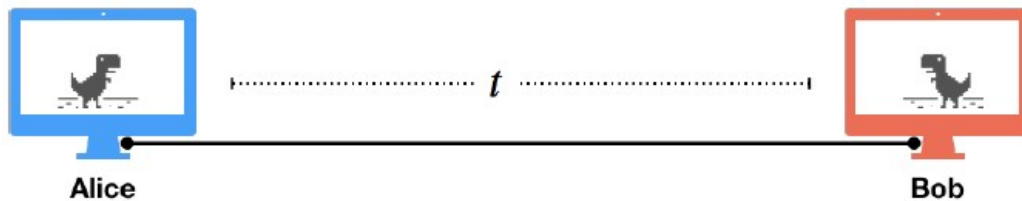


FIGURE 4 – Réseau point à point entre Alice et Bob

Le réseau point à point montrée dans la figure 4 offre un débit binaire nominal de  $100[\text{M/s}]$ . On s'intéresse à la transmission de données entre la dino-station d'Alice et la station de Bob situées à une distance

$$t = 600[m].$$

La vitesse de propagation des signaux électromagnétiques sur le câble est de  $200[\text{m/microseconde}]$ . Les trames contiennent  $256[\text{bits}]$  dont  $208[\text{bits}]$  utiles. L'intervalle de temps qui suit immédiatement une transmission de données est réservé à l'émission de l'accusé de réception de  $32[\text{bits}]$  (tout compris). On négligera les temps de traitement.

1. En combien de temps un bit émis par Bob atteint-il Alice ?

$$Tp = (600m)/(200m/microseconde)$$

$$Tp = 3microseconde$$

2. On suppose qu'il n'y a aucune erreur de transmissions sur le bus. Quel est le temps total nécessaire pour un échange complet, à savoir l'émission d'une trame par Bob et la réception de l'accusé de réception correspondant ?  
débit :

$$= (100Mbits/seconde) * (1^6bits/1Mbits) * (1^6/1^6) \\ = 100bits/microseconde$$

$$TeB1 = 256bits/100(bits/microseconde) \\ TeB1 = 2,56(microseconde)$$

$$TeB = TeB1 + Tp \\ = 2,56microseconde + 3microseconde \\ = 5,56microseconde$$

Temps pour la reception d'ACK :

$$TeA = 32bits/100bits/microseconde \\ = 0,32microseconde$$

$$TtA = TeA + Tp \\ = 0,32microseconde + 3microseconde \\ = 3,32microseconde$$

$$Tt = TtA + TeB \\ 3,32microseconde + 5,56microseconde \\ = 8,88microseconde$$

3. Qu'est-ce qu'il se passe si Bob veut envoyer 416[bits] à Alice ?  
Cette action va prendre le double du temps.
4. Quelle est l'efficacité de ce protocole sans erreur ?  
Total de bits : 256 de Bob et 32 d'Alice  
288 a été transmis en 8,88 microseconde  
Chaque microseconde

$$288 \text{ bits} / 8,88$$

$$= 32,43 \text{ bits/microseconde}$$

Le pourcentage d'efficacité est de : 32,43 %

#### 2.1.4 Exercice 4

Refaire les calculs avec une distance  $t = 6[\text{km}]$  entre Alice et Bob.

$$6 \text{ km} = 6000 \text{ m}$$

$$T_p = (6000 \text{ m}) / (200 \text{ m/microseconde})$$

$$T_p = 30 \text{ microseconde}$$

On suppose qu'il n'y a aucune erreur de transmissions sur le bus. Quel est le temps total nécessaire pour un échange complet, à savoir l'émission d'une trame par Bob et la réception de l'accusé de réception correspondant ?

débit

$$= (100 \text{ Mbits/seconde}) * (1^6 \text{ bits/1 Mbits}) * (1^6 / 1^6)$$

$$= 100 \text{ bits/microseconde}$$

$$T_{eB1} = 256 \text{ bits} / 100 (\text{bits/microseconde})$$

$$T_{eB1} = 2,56 (\text{microseconde})$$



$$\begin{aligned}
TeB &= TeB1 + Tp \\
&= 2,56microseconde + 30microseconde \\
&= 32,56microseconde
\end{aligned}$$

Temps pour la reception d'ACK :

$$\begin{aligned}
TeA &= 32bits/100bits/microseconde \\
&= 0,32microseconde
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TtA &= TeA + Tp \\
&= 0,32microseconde + 30microseconde \\
&= 30,32microseconde
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Tt &= TtA + TeB \\
&= 30,32microseconde + 32,56microseconde
\end{aligned}$$

Résultat

$$= 62,88microseconde$$

Pourcentage d'efficacité 62,88%

### 2.1.5 Exercice 5

On souhaite utiliser un protocole avec une fenêtre d'anticipation de 5 trames. Donner le débit utile en reprenant les paramètres d'origine.

On doit faire le calcul

$$\begin{aligned}
TempsTotal1 &= 12,8microseconde + 3microseconde \\
&= 15,8microseconde
\end{aligned}$$

Temps d'émission d'Alice :

$$= 1,6 \text{microseconde}$$

Temps d'émission d'Alice plus  $T_p$  :

$$1,6 \text{microseconde} + 3 \text{microseconde}$$

$$= 4,6 \text{microseconde}$$

Après :

$$TeB1 + \text{TempsdémissiondAlice} + T_p$$

$$= 15,8 \text{microseconde} + 4,6 \text{microseconde}$$

$$= 20,4 \text{microseconde}$$

On refait le calcul d'efficacité :

Total de bits 288 fois 5

$$= 1440 \text{bits}$$

Total de temps :

$$= 20,4 \text{microseconde}$$

$$1440 \text{bits} / 20,4$$

$$= 70,59 \text{bits/microseconde}$$

L'efficacité est : 70,59 %

### 2.1.6 Exercice 6

On souhaite utiliser un code de Hamming(7,4) pour détecter les erreurs dans une transmission réseau. Ce code utilise une matrice génératrice G pour l'émission du code et une matrice de contrôle C pour la réception

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

On veut transmettre les données suivantes : 0110

On organise les données comme une matrice

$$P = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

1. Donner le code Hamming correspondant. On fait la multiplication des matrices

$$x = \text{mod}2(G * P)$$

$$x = \text{mod}2\left(\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}\right)$$

$$x = \text{mod}2\left(\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 2 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}\right)$$

$$x = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2. Les données sont transmises sans erreur. Utiliser la matrice de contrôle C pour le vérifier.

$$z = \text{mod}2(C * x)$$

$$z = \text{mod}2\left(\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}\right)$$

$$z = \text{mod2}\left(\begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 2 \end{bmatrix}\right)$$

$$z = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

3. Une erreur se produit sur le 5ème bit transmis. Utiliser la matrice de contrôle pour détecter l'erreur. Peut-on la corriger ?

$$x2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0* \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$z2 = \text{mod2}(C * x2)$$

$$z = \text{mod2}\left(\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}\right)$$

$$z = \text{mod}2\left(\begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}\right)$$

$$z = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

On peut deduire que l'erreur se trouve dans la position 5 en notation binaire 101. Pour résoudre le problème, il va changer la 5ème position et pour les autres données il va les inversé :

$$x2 + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1* \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$x3 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1* \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

4. Décoder les données en utilisant la matrice de décodage R.

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$P = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$x = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$S = R * x$$

$$S = \left( \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \right)$$

$$S = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

### 2.1.7 Exercice 7

Refaire les calculs pour les données suivantes : 1111

On souhaite utiliser un code de Hamming(7,4) pour détecter les erreurs dans une transmission réseau. Ce code utilise une matrice génératrice  $G$  pour l'émission du code et une matrice de contrôle  $C$  pour la réception

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

On veut transmettre les données suivantes : 1111

On organise les données comme une matrice

$$P = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$



1. Donner le code Hamming correspondant. On fait la multiplication des matrices

$$x = \text{mod2}(G * P)$$

$$x = \text{mod2}\left(\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}\right)$$

$$x = \text{mod2}\left(\begin{bmatrix} 3 \\ 3 \\ 1 \\ 3 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}\right)$$

$$x = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

2. Les données sont transmises sans erreur. Utiliser la matrice de contrôle C pour le vérifier.

$$z = \text{mod2}(C * x)$$

$$z = \text{mod2}\left(\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}\right)$$

$$z = \text{mod2}\left(\begin{bmatrix} 4 \\ 4 \\ 4 \end{bmatrix}\right)$$

$$z = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

3. Une erreur se produit sur le 5ème bit transmis. Utiliser la matrice de contrôle pour détecter l'erreur. Peut-on la corriger ?

$$x2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0* \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$z2 = \text{mod}2(C * x2)$$

$$z = \text{mod}2\left(\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}\right)$$

$$z = \text{mod}2\left(\begin{bmatrix} 3 \\ 4 \\ 3 \end{bmatrix}\right)$$

$$z = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

On peut deduire que l'erreur se trouve dans la position 5 en notation binaire 101. Pour résoudre le problème, il va changer la 5ème position et pour les autres données il va les inversé :

$$x2 + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1* \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$x3 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1* \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

4. Décoder les données en utilisant la matrice de décodage R.

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$P = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$x = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$S = R * x$$

$$S = \left( \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \right)$$

$$S = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

## Références

- [ ] *Comment multiplier des matrices*. fr. URL : <https://fr.wikihow.com/multiplier-des-matrices> (visité le 10/03/2021).
- [21] *Cómo hace el robot Perseverance para enviar imágenes desde Marte (y por qué la primera era tan mala)*. es. Fév. 2021. URL : <https://www.bbc.com/mundo/noticias-56133582> (visité le 10/03/2021).
- [DOR20] José DORDOIGNE. *Réseaux informatiques Notions fondamentales (8e édition)*. Réseaux informatiques. Éditions ENI., 2020. ISBN : 978-2-409-02139-8. URL : <https://www-eni-training-com.accesdistant.sorbonne-universite.fr/portal/client/mediabook/home>.
- [Sch20] L. SCHALKWIJK. *CISCO - Introduction aux réseaux : 1er module de préparation à la certification CCNA 200-301*. Certifications (Nantes). Éditions ENI., 2020. ISBN : 978-2-409-02619-5. URL : <https://www-eni-training-com>.
- [Wik20a] WIKIPÉDIA. *Code de Hamming (7,4)* — *Wikipédia, l'encyclopédie libre*. [En ligne ; Page disponible le 30-mars-2020]. 2020. URL : [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Code\\_de\\_Hamming\\_\(7,4\)&oldid=168974124](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Code_de_Hamming_(7,4)&oldid=168974124).
- [Wik20b] WIKIPÉDIA. *Couche liaison de données* — *Wikipédia, l'encyclopédie libre*. [En ligne ; Page disponible le 30-septembre-2020]. 2020. URL : [http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Couche\\_liaison\\_de\\_donn%C3%A9es&oldid=175167045](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Couche_liaison_de_donn%C3%A9es&oldid=175167045).