

CONCOURS DE RECRUTEMENT DES TECHNOLOGUES EN GENIE ELECTRIQUE

مناظرة انتداب التكنولوجيا في الهندسة الكهربائية

دورة 2015 Session

Epreuve de Technologie
Deuxième Partie : Electronique

Durée : 3 heures

Coefficient : 0.5

Il est demandé aux candidats de rédiger chaque partie sur des feuilles indépendantes.

Document fournis aux candidats :

Texte du sujet : 24 pages

Annexes : 05 pages

Total des pages : 29 pages

Recommandations aux candidats

- Les documents et les téléphones portables sont strictement interdits.
- Les calculatrices de poche non imprimantes sont autorisées.
- Il est rappelé aux candidats qu'il est formellement interdit d'écrire leurs noms sur les documents réponses en dehors de l'emplacement réservé.
- Une lecture préalable et complète de sujet est indispensable.
- L'épreuve comporte six parties A, B, C, D, E et F
- ***Les candidats sont priés de numéroter chaque page de leur copie et à indiquer clairement le numéro de la question traitée. Il leur est rappelé qu'ils doivent utiliser les notations propres au sujet, présenter clairement les calculs et dégager ou encadrer tous les résultats.***
- ***Chacune des parties devra impérativement être rédigée sur des copies séparées.***

SYSTEME DE TELECOMMUNICATION DANS UNE ENTREPRISE

Le système de télécommunication dans une entreprise permet au personnel d'échanger des informations à l'intérieur aussi bien qu'à l'extérieur de l'entreprise dans un délai très court.

Les informations échangées sont des paroles ou des données.

La liaison avec l'extérieur se fait obligatoirement par le réseau téléphonique.

Dans le cas d'échange de paroles (aux fréquences vocales) le diagramme sagittal représentant l'agencement des éléments du système est représenté par la figure 1.

Définition de la fonction des éléments du système

- Rôle des membres du personnel de l'entreprise
Dans le cadre de leur activité, il est nécessaire qu'ils échangent des informations entre eux et/ou avec l'extérieur.
- Fonction des postes téléphoniques
Convertir des vibrations sonores (conversations) en signaux électriques transmissibles sur les lignes téléphoniques et vice-versa.
Convertir des ordres de commande en signaux électriques transmissibles et vice-versa.
- Rôle de l'opératrice
Recueillir des abonnés et du personnel les informations nécessaires à l'établissement des liaisons entre des correspondants et commander en conséquence à l'autocommutateur de réaliser ces liaisons.
Vérifier l'état de fonctionnement de l'autocommutateur.
- Fonction de l'autocommutateur
Aiguiller les informations reçues afin de mettre automatiquement en relation les différents éléments du système conformément aux commandes de l'opératrice.
Fournir à l'opératrice des indications sur son état de fonctionnement.
- Fonction du réseau téléphonique
Assurer la liaison entre l'entreprise et tous ses abonnés.
- Rôle des abonnés
Les abonnés sont destinataires ou émetteurs des informations en provenance ou allant vers l'entreprise.

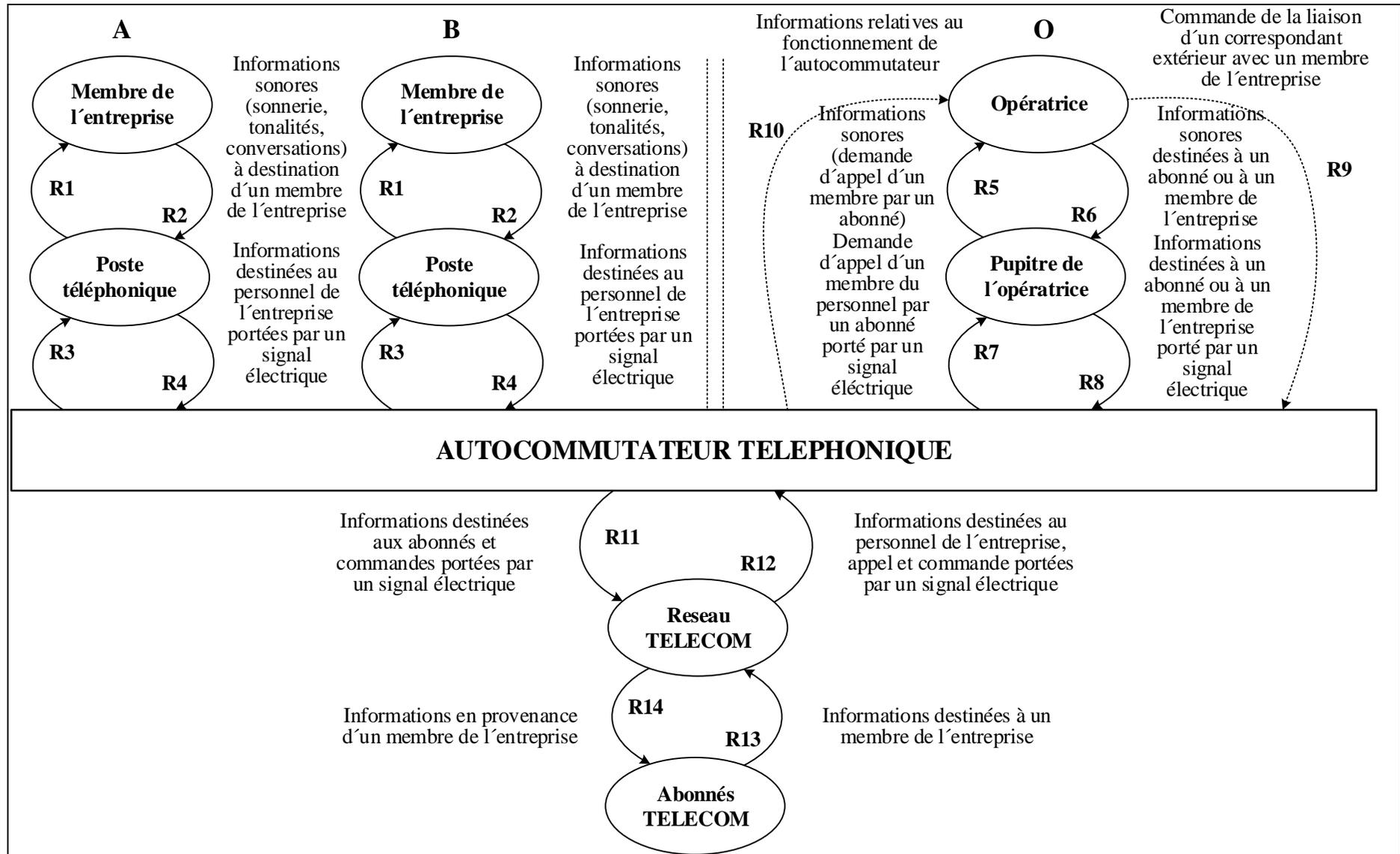


Figure 1 : Diagramme sagittal du système auquel appartient l'autocommutateur

A. Organisation fonctionnelle de l'autocommutateur

L'autocommutateur est un commutateur électronique à programme enregistré, pourvu d'un réseau d'interconnexions assurant la commutation des signaux analogiques. Il permet de raccorder au maximum :

- 208 postes d'usagers à l'intérieur de l'entreprise.
- 32 lignes extérieures
- 3 pupitres d'opératrices.

Les postes sont de type deux fils, avec une numérotation décimale (à cadran) ou multi-fréquences (à clavier) appelé DTMF.

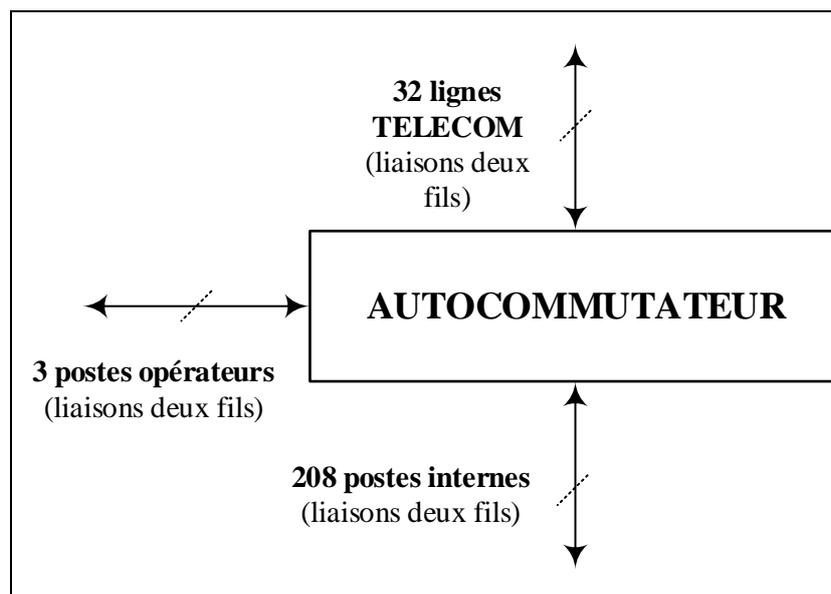


Figure 2: Caractéristiques de l'autocommutateur

Compte tenu du nombre d'interconnexions à réaliser, celles-ci sont réalisées par multiplexage temporel.

En plus des liaisons téléphoniques deux fils avec les postes, l'autocommutateur dispose pour son fonctionnement interne de :

- 3 générateurs de tonalité en émission seulement,
- 1 générateur d'attente musical en émission seulement,
- 4 détecteurs de tonalité en réception uniquement,
- 7 générateurs mono-fréquence pour la numérotation décimale,
- 7 décodeurs de numérotation DTMF en réception uniquement.

Adresses	Emission	réception
00 ↓ 31	32 postes externes	
32 ↓ 239	208 postes internes	
240 241 242	3 postes opérateurs	
243 244 245	3 générateurs de tonalité	4 détecteurs de tonalité
246	Attente musicale	
247	Libre	Libre
248 ↓ 254	7 générateurs de fréquence	7 décodeurs de fréquence
255	Libre	Libre

Figure 3 : Répartition des adresses et fonctionnalité de l'autocommutateur

L'ensemble des postes vocaux (208 postes internes, 32 postes externes, 3 postes opérateurs) ainsi que les fonctionnalités internes de l'autocommutateur sont connectés sur le même et unique bus PAM. C'est un bus à deux fils au sens des télécommunications (un fil actif et un fil pour le zéro volt). La commande des interrupteurs est assurée par un superviseur.

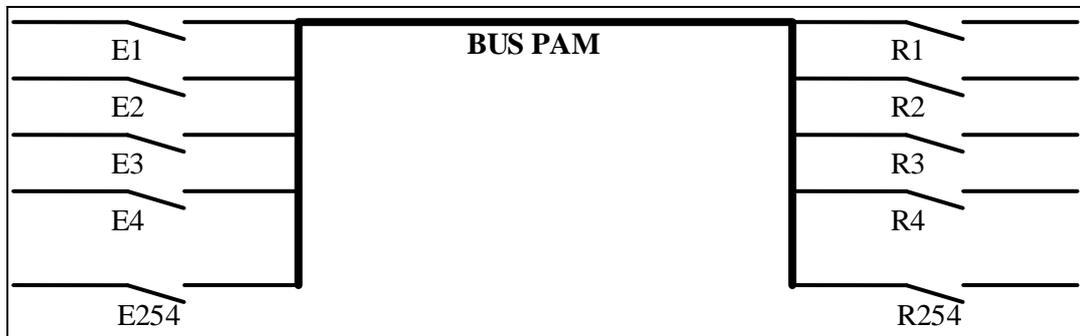


Figure 4: Constitution du bus PAM

Chaque poste vocal possède un interrupteur émetteur (E1 pour le poste 1) et un interrupteur Récepteur (R1 pour le poste 1).

Les signaux présents sur les entrées E1, E2, E3...E254 sont échantillonnés à une fréquence d'échantillonnage F_e égale à 16 KHz. La prise d'échantillons est effectuée par les interrupteurs analogiques de type E. Ces échantillons vont être transmis vers la sortie par un seul et même fil de liaison, appelé bus PAM (Pulse Amplitude Modulation). L'échantillon sera prélevé par la fermeture de l'interrupteur analogique de type R correspondant au récepteur désiré.

Pour acheminer une information d'un poste X à un poste Y, les deux interrupteurs analogiques correspondant à l'émetteur X et au récepteur Y vont être fermés simultanément pendant une durée de 976 ns avec une période de répétition de 62,5 μ s. On dit que l'échantillon est transmis par voie temporelle.

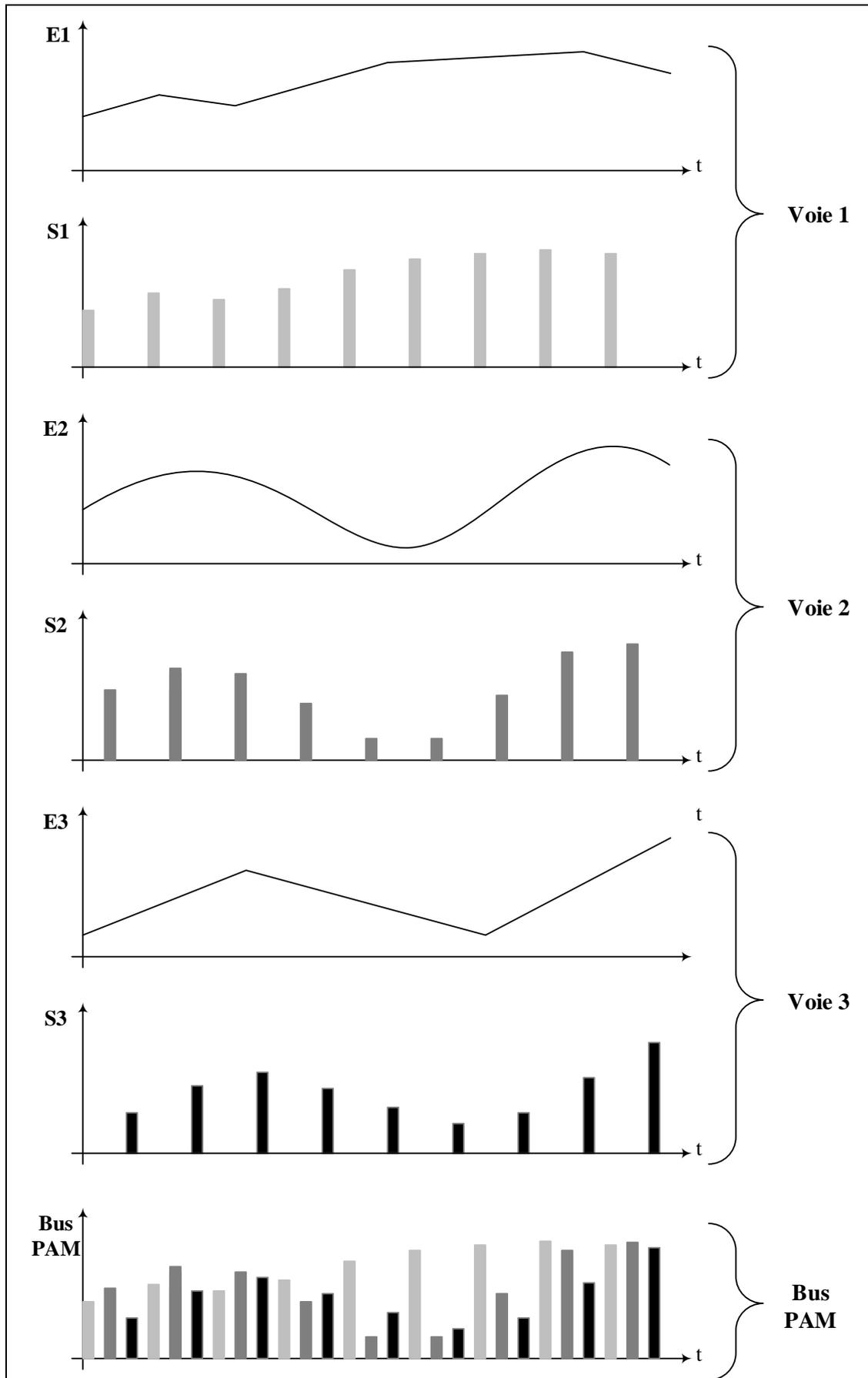


Figure 5 : Exemple d'échantillons de trois voies sur le bus PAM

En réalité, pour tenir compte des temps d'ouverture et de fermeture des interrupteurs analogiques, ceux-ci sont fermés pendant une durée inférieure à 976 ns. On évite ainsi les phénomènes de diaphonie.

Différentes possibilités de liaisons entre les postes

- 1) La liaison entre deux postes peut se faire par un seul bus :
 - ES : Etage de séparation des signaux d'émission et de réception
 - Em : Emetteur
 - Re : Récepteur

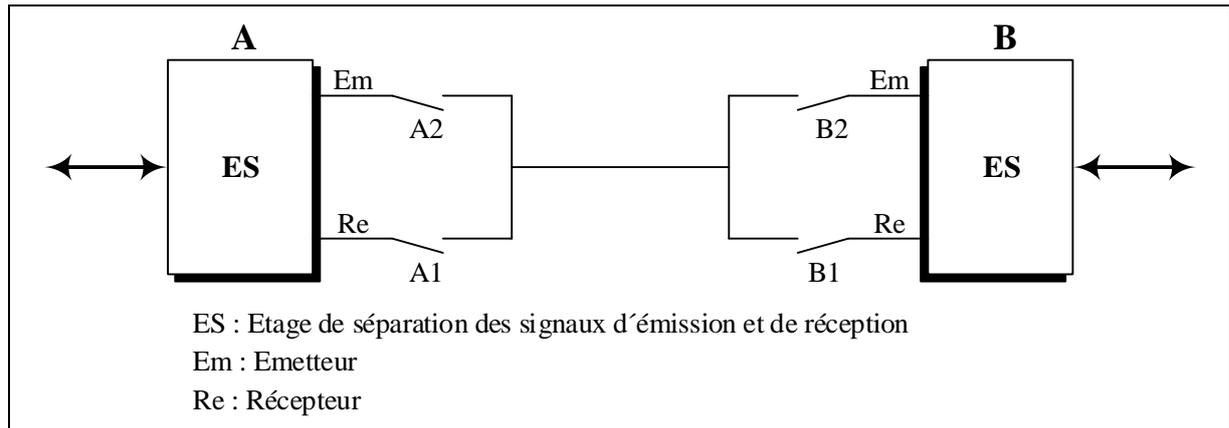


Figure 6 : Simple bus PAM

Le poste A émet, la ligne B reçoit.

Dans ce cas A2 et B1 sont simultanément fermés pendant 976 ns.

La ligne B émet, le poste A reçoit.

Dans ce cas B2 et A1 sont simultanément fermés pendant 976 ns.

Pour établir la conversation, il faut deux voies temporelles.

Si A1 et A2 sont fermés simultanément, le signal reçu par A est celui qu'il émet, la personne s'étend parler.

Le nombre des voies temporelles est limité, d'où une limitation du nombre de liaisons. Si l'établissement d'une conversation nécessite deux voies temporelles, le nombre de conversations simultanées sera limité à 32.

- 2) Pour pallier ce problème, on utilise un double bus

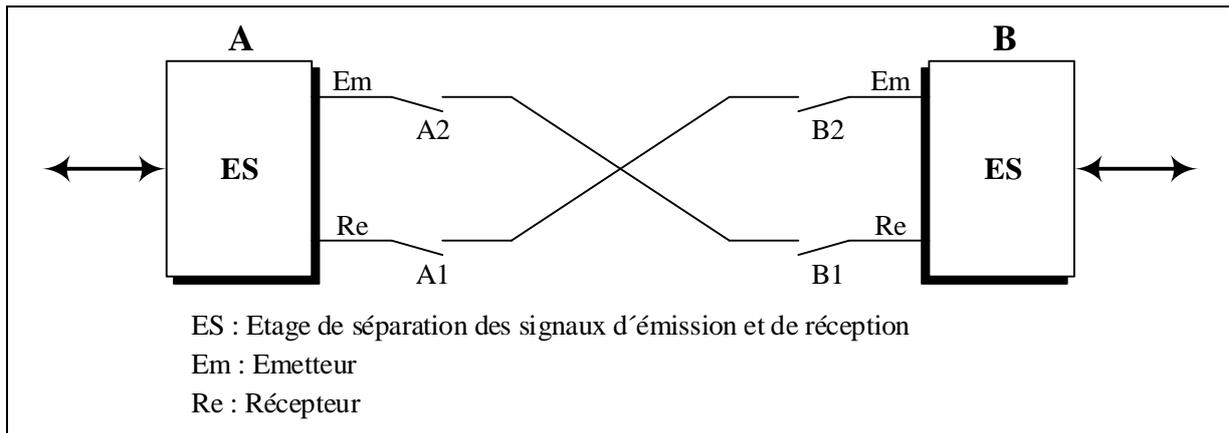


Figure 7 : Double bus PAM

Dans ce cas, les quatre interrupteurs peuvent être fermés simultanément, ce qui assure la double liaison nécessaire à une conversation.

De ce fait, l'autocommutateur comporte deux bus PAM, appelés respectivement bus M (modulation) et bus D (démodulation), pouvant éventuellement être reliés. Les postes internes et externes sont connectés ainsi :

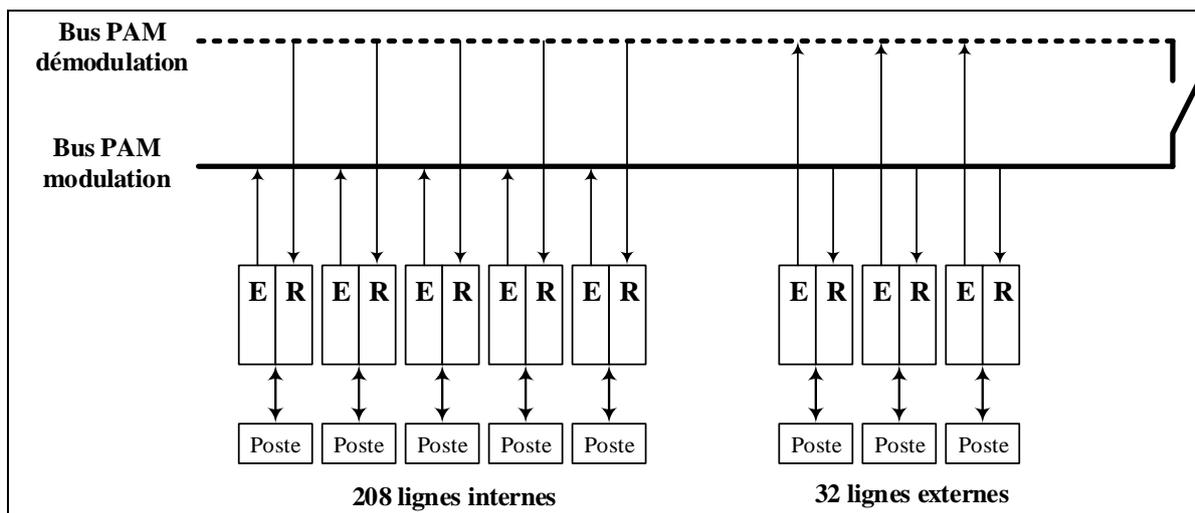


Figure 8 : Connexion des postes au bus PAM

Lorsque deux postes A et B sont en communication, il est nécessaire que les informations allant respectivement de A vers B et de B vers A circulent sur des voies temporelles différentes, afin d'éviter que chaque émetteur ne s'entende.

Travail demandé

- A.1 En tenant compte de la fréquence d'échantillonnage et de durée de fermeture des interrupteurs, calculer le nombre de voies temporelles NVT.
- A.2 Justifier le choix d'une fréquence d'échantillonnage de 16 KHz compte tenu des caractéristiques fréquentielles du signal transmis (fréquence vocale de 300 à 3400 Hz).
- A.3 Calculer la bande passante du bus PAM.

- A.4** Dans les cas d'une communication bidirectionnelle entre deux postes internes, donner la séquence d'ouverture et de fermeture des interrupteurs. Quel est le nombre de voies temporelles nécessaire à cette communication ?
- A.5** Même questions dans le cas d'une communication bidirectionnelle entre un poste interne et un poste externe.
- A.6** Quel est le nombre maximum de communications bidirectionnelles que peut assurer cet autocommutateur ?
- A.7** Donner le mode de communication bidirectionnelle (duplex intégral, semi-duplex, simplex) dans différentes communications (entre postes internes ou entre un poste interne et un poste externe).

B. Schéma fonctionnel de l'autocommutateur

Le schéma fonctionnel de l'autocommutateur présente l'agencement des fonctions principales de cet objet technique. Il est donné à la figure 9.

La fonction « transport et interconnexion » est matérialisé par le bus de modulation et celui de démodulation, ainsi que l'interrupteur I assurant la liaison entre les deux bus. La communication entre deux postes internes occupe deux vois temporelles. La communication entre un poste interne et un poste externe occupe une voie temporelle.

Les informations sonores ou les commandes (numérotation, sonnerie, etc...), destinées aux abonnés sont portées par un courant alternatif de fréquences comprises entre 300 Hz et 3400 Hz, d'intensité +/- 5 mA superposé à un courant continu de 37 mA (alimentation du poste). Les informations et commande venant des postes intérieurs sont portées par un courant de même nature.

Les informations à aiguiller vers les postes intérieurs ou commandes (numéros) sont portées par une tension alternative de fréquences comprises entre 300 et 3400 Hz fréquences vocales, échantillonnée. Les informations ou commande (sonnerie) destinées aux abonnés sont portées par une tension aux fréquences vocales, échantillonnée.

Les fonctions « connexions » assurent le passage des informations bidirectionnelle entre la ligne téléphonique (deux fils) et le bus PAM modulation et le bus PAM démodulation (quatre fils). Pour chaque ligne, c'est à dire pour chaque numéro de téléphone, les fonctions « connexions » comportent un commutateur « Emission », repéré E et un commutateur « Réception » repéré R. Ces commutateurs participent à l'échantillonnage blocage du signal analogique pour l'émission (modulation PAM), ainsi qu'à la sélection et restitution de l'information pour la réception (démodulation PAM).

Les fonctions « Génération de tonalité », « Attente musicale », « Numérotation », « Détection de la numérotation », et « Détection de la tonalité » sont connectées aux bus de la même façon que les fonctions « connexions ». L'activation de celles-ci se fait par la fermeture du commutateur correspondant. Les adresses correspondantes aux commutateurs concernés sont définis dans le tableau de la figure 3.

La fonction « Pilotage » reçoit des informations provenant des fonctions « Détection de tonalité », « Détection de la numérotation », et commande de la sonnerie. En fonction de ces informations, elle peut détecter le numéro appelant, générer par l'intermédiaire de la fonction « Numérotation » le numéro du correspondant, générer les signaux de tonalité (occupation, sonnerie, etc...). Elle peut mettre en attente musicale l'abonné lorsque la ligne du correspondant est occupée. En conséquence, la fonction « Pilotage » décide du type d'interconnexion à réaliser :

- Liaison entre deux postes (liaison entre deux fonctions « connexions »)
- Liaison entre un poste et une fonction de service (liaison entre une fonction « connexion » et la fonction « génération de tonalité » par exemple).

La fonction « Pilotage » choisit la voie temporelle à attribuer afin d'assurer la communication entre les fonctions connectées aux bus.

La fonction « Commande des connexions aux bus » fournit des signaux logiques caractérisant l'état de l'interrupteur des fonctions « connexions » et autres fonctions connectées aux bus. L'état des interrupteurs est placé dans trois mémoires RAM. L'écriture des mémoires est effectuée par la fonction « pilotage ». C'est elle qui décide de mettre en communication les différents postes et de leur attribuer une voie temporelle. La lecture des mémoires RAM est effectuée toutes les 976 ns. Chaque bit de la mémoire donne l'état d'un commutateur.

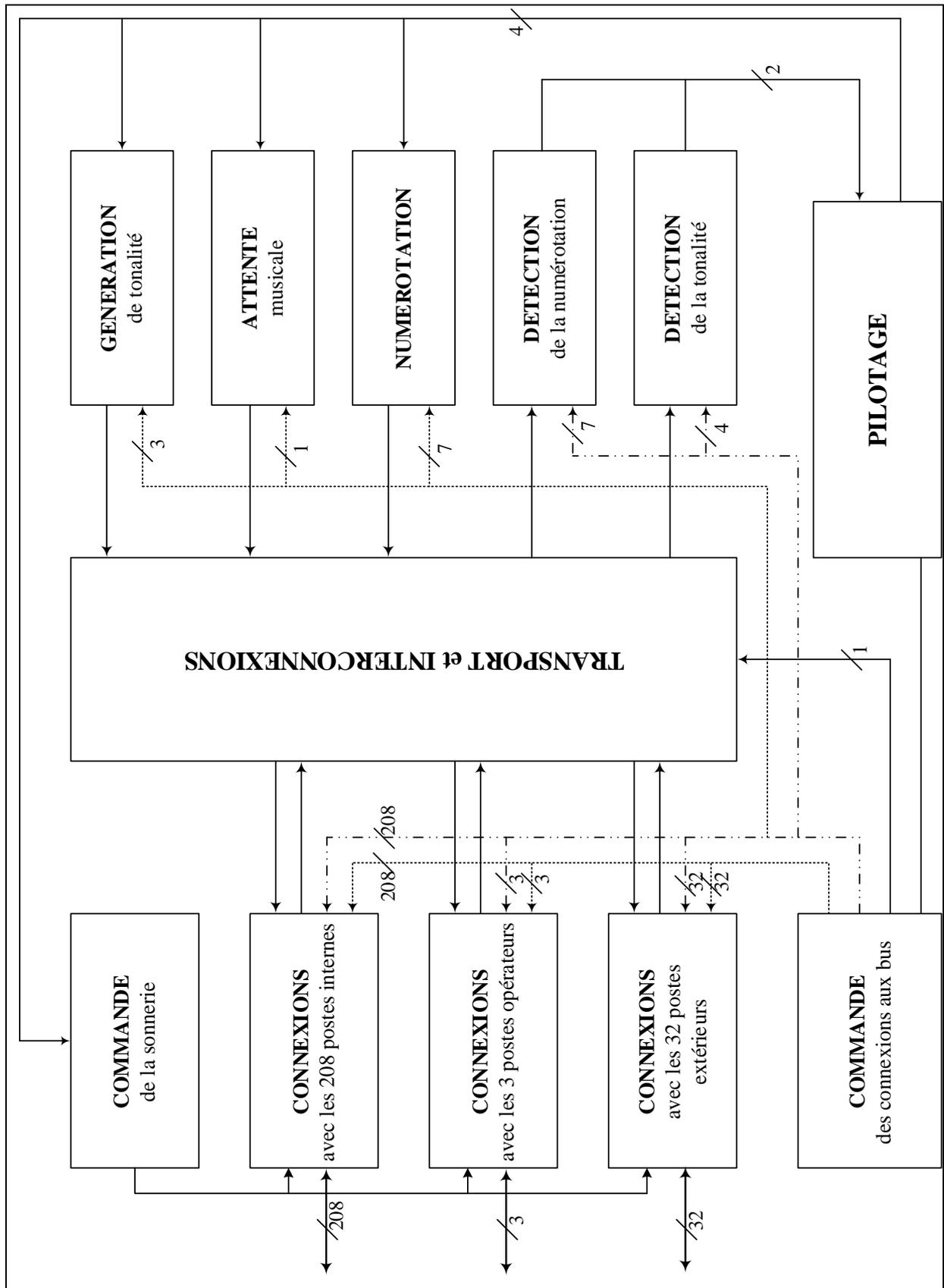


Figure 9 : Schéma fonctionnel de l'autocommutateur

B1. Analyse du concept mis en œuvre dans l'autocommutateur

Cette étude renseigne sur le concept physique utilisé pour transporter l'information entre les postes d'abonné en mode émission et les postes d'abonné en mode réception.

Le traitement du signal est réalisé par :

- Les fonctions secondaires « Echantillonnage et blocage » des fonctions « connexions »
- La fonction « Transport et commutation »

L'analyse se fera dans le domaine fréquentiel, puis dans le domaine temporel.

Le parcours de l'information d'un équipement émetteur à un équipement récepteur est donné par la figure 10.

Tous les interrupteurs analogiques sont commandés de façon synchrone :

- Fermeture pendant 488 ns (échantillonnage)
- Période d'échantillonnage de 62,5 μ s

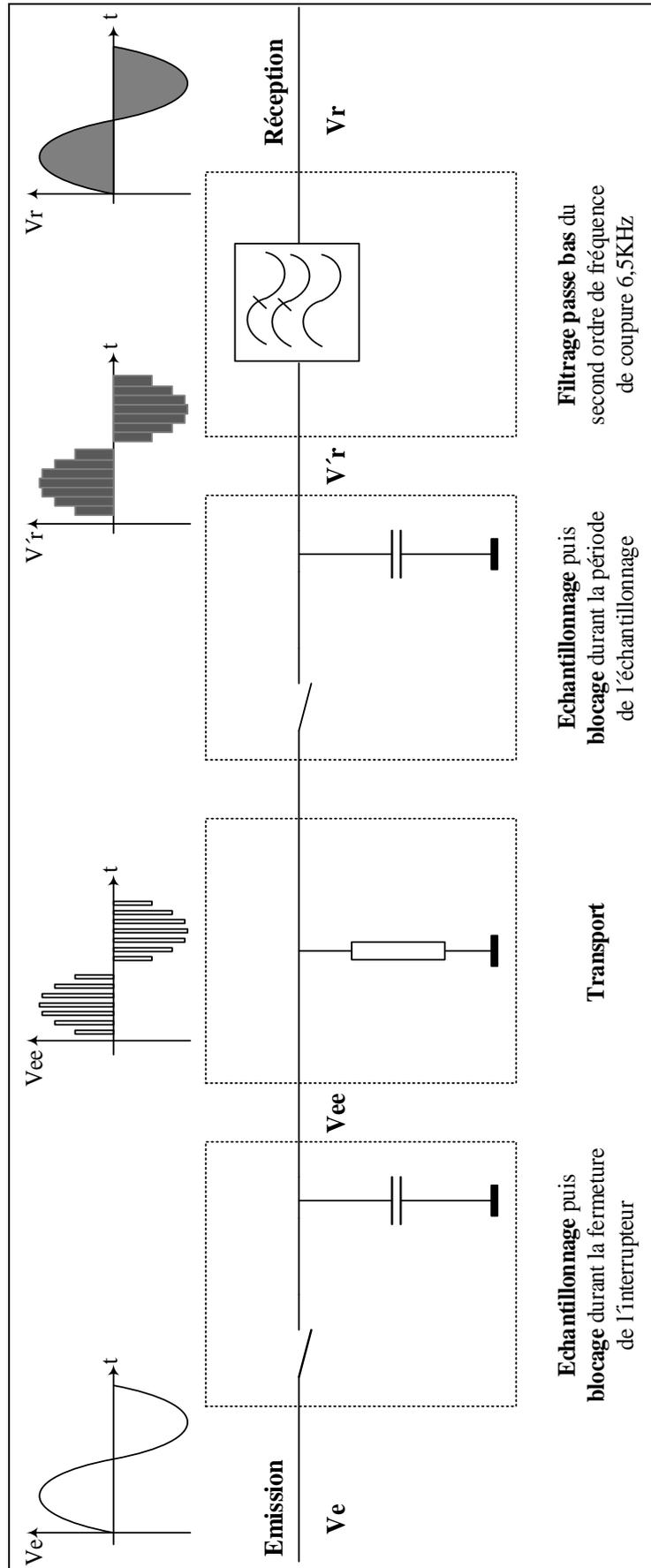


Figure 10 : Schéma représentant le concept mis en œuvre dans l'autocommutateur pour une seule voie temporelle

B.1.1 Etude dans le domaine fréquentiel

L'analyse spectrale des différentes formes du signal (échantillonné, bloqué, filtré) véhiculant l'information doit permettre de calculer le taux de distorsion harmonique du signal reconstitué pour un signal sinusoïdal émis.

$$Ve(t) = V_E \cdot \sin(\omega t) \quad \text{avec} \quad 300 < \frac{\omega}{2\pi} < 3400 \text{ Hz} \quad \text{et} \quad V_E = 1 \text{ V}$$

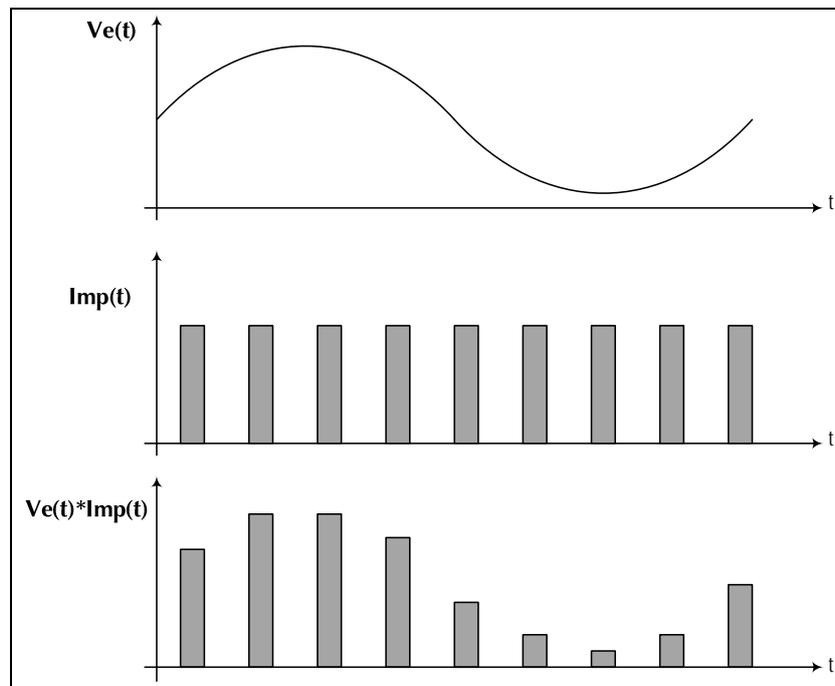


Figure 11 : allure des signaux $Ve(t)$, $Imp(t)$, $Ve(t).Imp(t)$

L'échantillonnage utilisé ici (durée $\delta = 488 \text{ ns}$, période $T_e = 62,5 \mu\text{s}$) peut être modélisé comme la modulation par Ve de l'amplitude d'un train d'impulsions (d'où l'appellation PAM : pulse amplitude modulation). Ce train $Imp(t)$ est défini par :

$$Imp(t) = \frac{1}{\delta} \quad \text{pour} \quad nT_e - \frac{\delta}{2} < t < nT_e + \frac{\delta}{2}$$

$$imp(t) = 0 \quad \text{ailleurs}$$

L'aire d'une impulsion est $\delta \cdot \frac{1}{\delta} = 1$. Cette aire est indépendante de δ . Le train d'impulsion tend vers un peigne de Dirac lorsque δ tends vers 0.

$Imp(t)$ étant périodique, il peut être décomposé en série de Fourier.

$$Imp(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n\omega_e t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(n\omega_e t) \quad \text{avec} \quad \omega_e = \frac{2\pi}{T_e}$$

$$a_0 = \frac{1}{T_e} \int_0^{T_e} Imp(t).dt$$

$$a_n = \frac{2}{T_e} \int_0^{T_e} Imp(t). \cos(n\omega_e t).dt$$

$$b_n = \frac{2}{T_e} \int_0^{T_e} Imp(t). \sin(n\omega_e t).dt$$

Travail demandé

B.1.1.1 Exprimer les coefficients de la série de Fourier et les amplitudes du fondamental et des harmoniques de $Imp(t)$.

B.1.1.2 Calculer numériquement les amplitudes du fondamental et des deux premiers harmoniques.

B.1.1.3 Donner graphiquement l'allure du spectre d'amplitude.

On rappelle que :

$$\sin(a).\sin(b) = \frac{1}{2}(\cos(a-b) - \cos(a+b))$$

$$\cos(a).\sin(b) = \frac{1}{2}(\sin(a+b) - \sin(a-b))$$

Travail demandé

B.1.1.4 Exprimer $Vee(t) = Ve(t).Imp(t)$.

B.1.1.5 Calculer numériquement les amplitudes et les fréquences des trois premières raies du spectre d'amplitude de $Vee(t)$. On prendra $f = 3200\text{Hz}$

B.1.1.6 Donner graphiquement l'allure du spectre d'amplitude de $Vee(t)$.

On rappelle que le blocage pendant une durée T_e d'un signal échantillonné revient à faire passer celui-ci dans un filtre dont l'amplification est :

$$|Bo(\omega)| = T_e \left| \frac{\sin(\omega \frac{T_e}{2})}{\omega \frac{T_e}{2}} \right| = T_e \cdot \text{sinc}(\omega \frac{T_e}{2})$$

Travail demandé

B.1.1.7 Donner graphiquement l'allure du spectre d'amplitude du signal échantillonné bloqué $V \hat{r}(t)$ (figure-10) et calculer numériquement les amplitudes des trois premières raies.

B.1.2 Etude dans le domaine temporel

L'analyse de fonctionnement dans le domaine temporel s'appuiera sur les modèles électriques des structures.

Le déplacement de l'information de l'émetteur vers le récepteur est donné par le schéma électrique de la figure 12.

Tous les interrupteurs analogiques sont commandés de façon synchrone :

- Fermeture pendant 488 ns (échantillonnage)
- Période d'échantillonnage de 62,5 μ s

Tous les interrupteurs analogiques sont supposés parfaits.

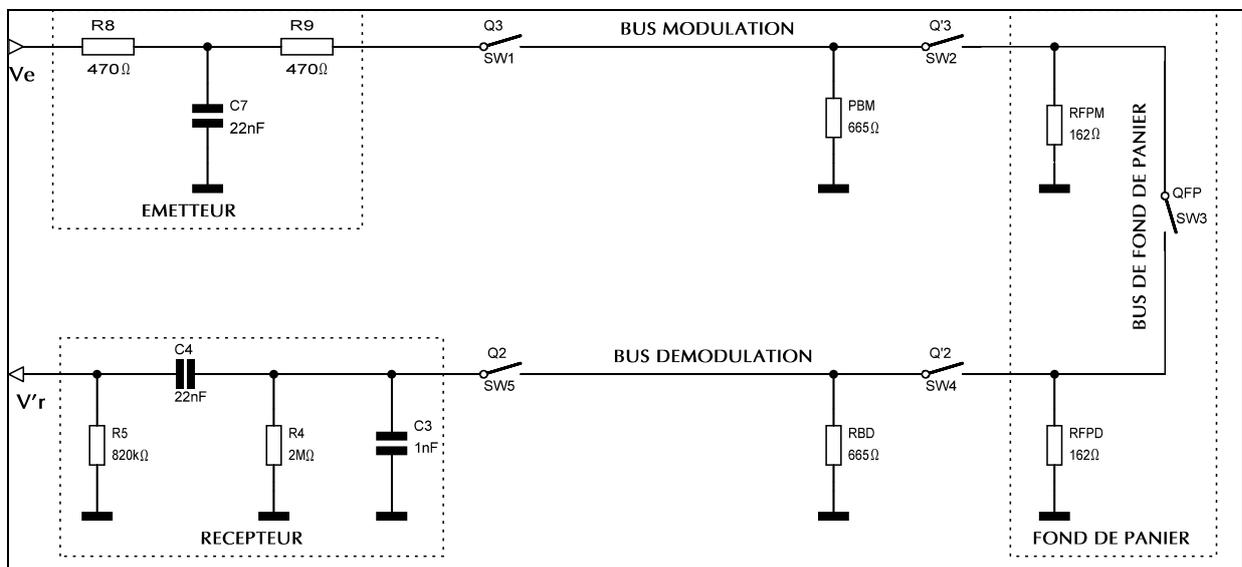


Figure 12 : Schéma donnant le déplacement de l'information de l'émetteur vers le récepteur

L'association Emetteur-Récepteur est donnée par la figure 13 qui représente le schéma équivalent à celui donné par la figure 12.

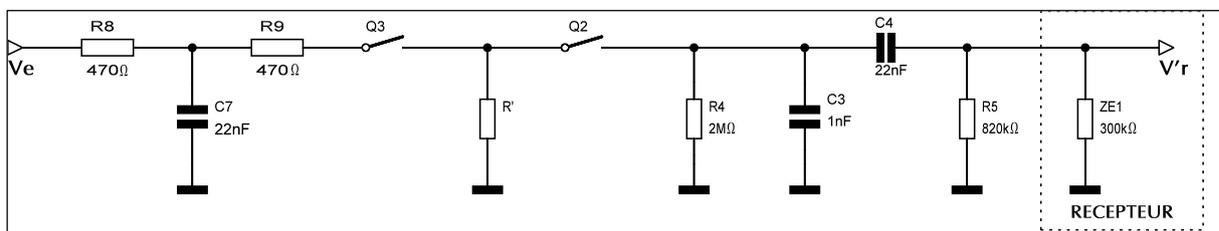


Figure 13 : L'association Emetteur-Récepteur est équivalente au schéma précédent

Travail demandé

B.1.2.1 Déterminer la valeur de R'

Etude temporelle de la phase d'échantillonnage

Il s'agit de vérifier que la valeur de V_e est bien acquise aux bornes du condensateur C3 de 1 nF à la fin de la phase d'échantillonnage qui dure 488 ns. Les équations permettant de décrire l'évolution des tensions et courants dans un système du 3^{ème} ordre sont fastidieuses à établir. Aussi va-t-on chercher, une structure simplifiée équivalente.

Travail demandé

B.1.2.2 Montrer que durant l'échantillonnage, on peut se limiter à la structure schématisé dans la figure 14.

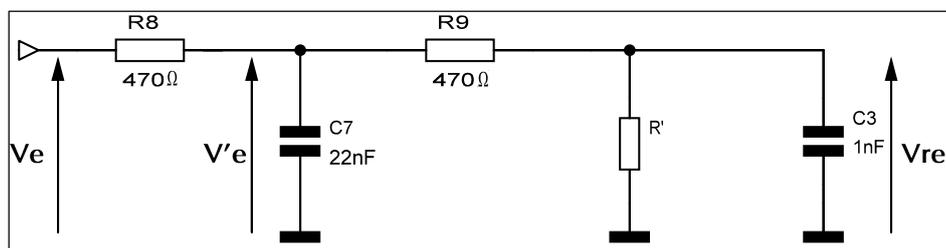


Figure 14

B.1.2.3 Montrer que $V_e \cong V'e$ lorsque les interrupteurs sont ouverts.

B.1.2.4 Etudier la décharge de C7 pendant l'échantillonnage si C3 était court-circuité. En déduire que l'on peut considérer la structure comme équivalente au schéma donné par la figure 15.

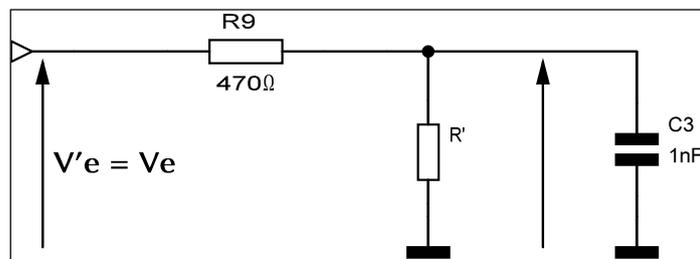


Figure 15

On se place dans les conditions suivantes :

- V_e reste égale à une valeur constante $E = 1V$ pendant la phase d'échantillonnage (488 ns)
- Le condensateur de 1 nF a une charge initiale nulle

Travail demandé

B.1.2.5 Donner les expressions de V_{re} et i (courant dans R9) pendant la phase d'échantillonnage et tracer les courbes correspondantes.

B.1.2.6 Vérifier que le condensateur C3 se charge complètement pendant la phase d'échantillonnage.

B.1.2.7 L'amplificateur non inverseur est utilisé pour compenser l'atténuation due à l'échantillonnage (Figure 16).

B.1.2.7.1 Sachant que l'atténuation de la tension d'entrée due à l'échantillonnage est de 0,121, Calculer alors la valeur du gain nécessaire de l'amplificateur pour la compensation de cette atténuation.

B.1.2.7.2 En déduire la valeur de R4.

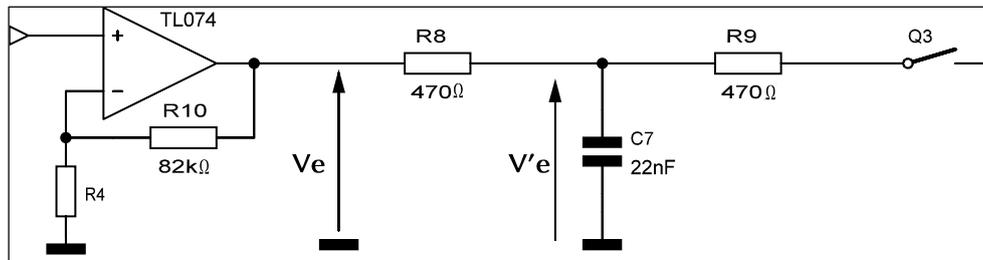


Figure 16

Etude du filtre

Pour filtrer le signal échantillonné Vr (voir figure-10), on utilise le filtre passe bas donné par la figure 17.

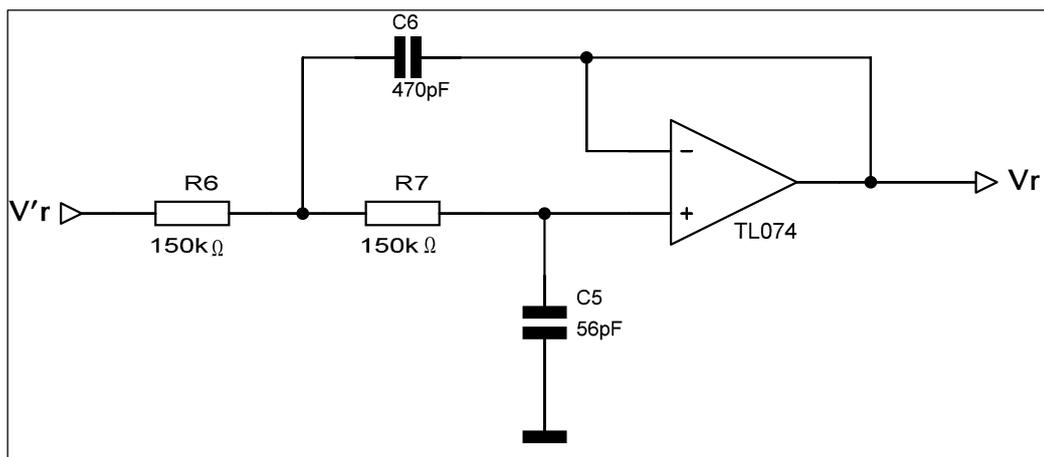


Figure 17: Schéma structurel du filtre passe bas

Travail demandé

B.1.2.8 Montrer que la fonction de transfert de ce filtre peut se mettre sous la forme canonique suivante :

$$\frac{Vr(p)}{V'r(p)} = \frac{1}{1 + \frac{2m}{\omega_0} p + \frac{p^2}{\omega_0^2}}$$

B.1.2.9 Donner les valeurs numériques de m et ω₀.

C. Synthèse du « Traitement de la numérotation »

La numérotation permet à un central téléphonique d'identifier le correspondant demandé par l'utilisateur et de réaliser les connexions adéquates en vue d'établir la liaison.

Le premier mode de numérotation (toujours en vigueur dans les centraux électromécaniques) consiste à couper pendant de brefs instants (impulsions de période 0,1 s) le courant continu de la ligne. Cette coupure est réalisée grâce à un contact commandé par le retour à sa position initiale du cadran rotatif du téléphone. Le central compte les impulsions et détermine le chiffre. Chaque chiffre du numéro est séparé du suivant par une durée de 400 à 800 ms minimum.

Avec la mise en place des centraux électroniques, un deuxième mode de numérotation est utilisé. Il consiste à coder chaque chiffre par une fréquence vocale (comprise entre 300 et 3400 Hz).

En fait, pour assurer une meilleure sécurité vis-à-vis des perturbations possibles de ligne, chaque numéro est caractérisé par le mélange de deux fréquences. C'est le code DTMF (Dual Tone Multi Frequencies).

Fréquence en Hz	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

Figure 18

Chacun des postes internes raccordés à l'autocommutateur est identifié comme faisant partie des postes à impulsions ou à fréquences vocales. On s'intéressera au cas où un poste A demande un poste B. On ne traitera que la numérotation DTMF.

L'opérateur compose son numéro. Les signaux DTMF émis sont échantillonnés à l'entrée de l'autocommutateur et reliés au bus PAM.

La fonction récupère ces échantillons et les traite de façon à obtenir en sortie (C) le code hexa de la touche activée (figure 19).



Figure 19

Afin de pouvoir traiter simultanément plusieurs compositions de numéros, sept voies identiques sont disponibles.

Définition des liaisons

- (A) : Signal DTMF échantillonné et bloqué.
- (B) : Signal DTMF filtré.
- (C) : Code numéro sur 4 bits en hexa

C.1 La fonction filtrage passe bas du second ordre

On utilise le montage du filtre dont le schéma est donné par la figure 20.

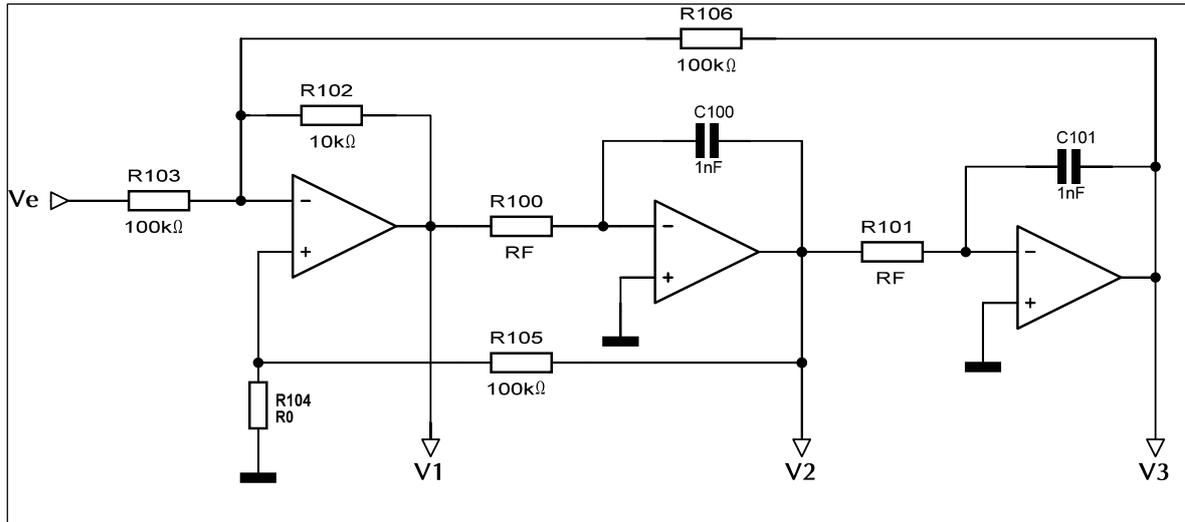


Figure 20

On prendra :

- $R100 = R101 = R_F$, $R102 = R = 10\text{ K}\Omega$, $R103 = R105 = R106 = 10.R = 100\text{ K}\Omega$ et $R104 = R_0$
- $C100 = C101 = C_F = 1000\text{ pF}$

Travail demandé

C.1.1 Calculer la fonction de transfert $H_1(p) = \frac{V_2(p)}{V_1(p)}$

En posant $\omega_1 = \frac{1}{R_F \cdot C_F}$ et $p = j\omega$

C.1.2 En déduire $H_2(p) = \frac{V_3(p)}{V_2(p)}$

C.1.3 Exprimer $V_e(p)$ en fonction de $V_1(p)$, $V_2(p)$, $V_3(p)$, R_0 et R .

C.1.4 Montrer que l'expression $H(p) = \frac{V_3(p)}{V_e(p)}$ peut se mettre sous la forme :

$$H(p) = \frac{V_3(p)}{V_e(p)} = \frac{K}{1 + \frac{2m}{\omega_0} \cdot p + \frac{p^2}{\omega_0^2}}$$

Exprimer m , ω_0 et K en fonction de R_0 , R et ω_1 .

C.1.5 Déterminer la valeur des composants $R_F(R100)$ et $R_0(R104)$ pour avoir $m = \frac{1}{\sqrt{2}}$ et une fréquence de coupure $f_c = 3,6\text{KHz}$ à -3dB .

C.2 Génération du code du chiffre

Cahier des charges

- Cette fonction fournit le code du chiffre sur 4 bits.
- L'entrée est le signal B représentatif du signal DTMF.
- On utilisera un circuit intégré spécialisé CD 22203 (voir Annexe).
- Un signal d'horloge à la fréquence de 3,579 MHz est disponible.

Travail demandé

C.2.2.1 Expliciter la génération du code binaire à l'aide du circuit intégré CD22203 fourni en annexe.

D. Génération de tonalités

Cette fonction produit un signal alternatif sinusoïdal avec un taux de distorsion admissible, qui se traduit en signal sonore et avertit le membre de l'entreprise qui décroche le combiné de son poste téléphonique qu'il est connecté à l'autocommutateur.

La structure partielle de cette fonction est représentée dans la figure 21.

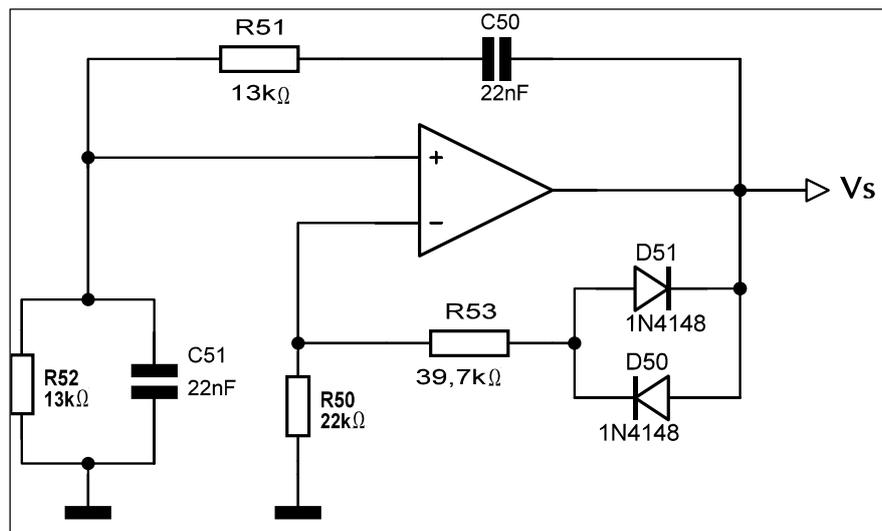


Figure 21 : Oscillateur à pont de Wien

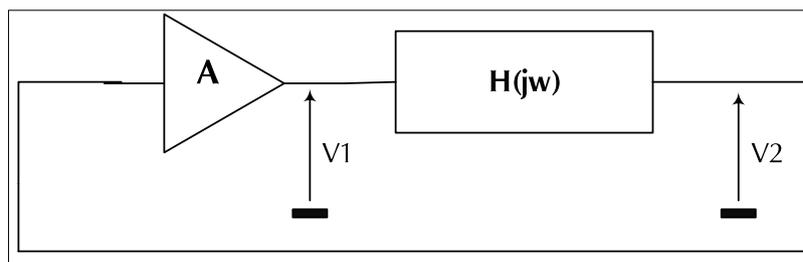


Figure 22 Schéma de principe de l'oscillateur

Soit $R = R_{51} = R_{52}$ et $C = C_{50} = C_{51}$

Travail demandé

D.1 Montrer que l'oscillateur pont de Wien peut être représenté par le schéma fonctionnel de la figure 22. Identifier alors les structures réalisant l'amplification A et $H(j\omega)$.

D.2 Exprimer $V2/V1$ et en déduire les conditions d'oscillation.

D.3 Exprimer la fonction de transfert $V1/V2$ de l'amplificateur A (une diode est représentée par sa résistance dynamique r_d).

D.4 Ecrire $V1$ sous la forme : $V1 = kV2 + Vd$. Vd représente la tension aux bornes des diodes comprise entre $-0,7V$ et $+0,7V$.

D.4.1 Déterminer la valeur de k et tracer l'allure de $V1$ en fonction de $V2$.

D.4.2 Donner les valeurs limite de A .

D.5 Quelle doit être la valeur équivalente de la résistance de deux diodes pour avoir une amplitude d'oscillation constante ? Montrer que le dispositif est stable (rd diminue lorsque l'amplitude augmente et vice versa).

E. Correction du phénomène d'écho

Un phénomène d'écho se produit sur des liaisons téléphoniques à relativement grande distance. Il a pour source le fait qu'il est impossible d'équilibrer parfaitement les terminaisons de chaque liaison. Pour chaque usager, cela se traduit par la perception de sa propre voix atténuée et retardée dans le temps, voir de provoquer un son désagréable. Ce phénomène devient gênant quand le retard est supérieur à 50 ms. Il peut également être source d'instabilité. Ce phénomène se modélise par une propagation multiple où un même signal peut arriver par deux ou plusieurs trajets qu'il parcourt en des temps différents. On s'intéressera ici à un cas simple en ne considérant qu'un seul chemin indirect retardé. Ce modèle est représenté à la figure 23.

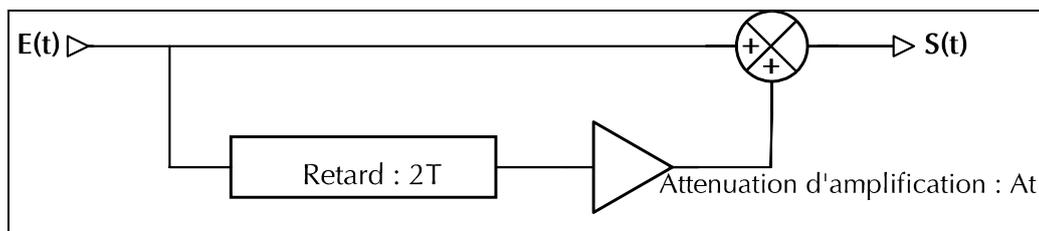


Figure 23

Travail demandé

E.1 En considérant que le signal en écho est retardé de $2T$ et atténué de At , donner l'expression de $S(t)$.

E.2 A partir de l'expression précédente, donner la fonction de transfert de l'ensemble appelé $H(f)$. On rappelle les transformées de Fourier : $x(t-t_0) \xrightarrow[TF^{-1}]{TF} X(f) \cdot \exp(-2j\pi ft_0)$ et $\delta(t) \xrightarrow[TF^{-1}]{TF} 1$ avec $\delta(t)$ est l'impulsion de Dirac.

E.3 Donner l'expression de réponse impulsionnelle $h(t)$.

E.4 Pour retrouver au niveau de l'utilisateur le signal $E(t)$ et ainsi corriger la distorsion, on utilise dans le récepteur (autocommutateur), un filtre qui annule l'écho de fonction de

$$\text{transfert : } H_{an}(f) = \frac{1}{H(f)} \quad (\text{figure 24}).$$

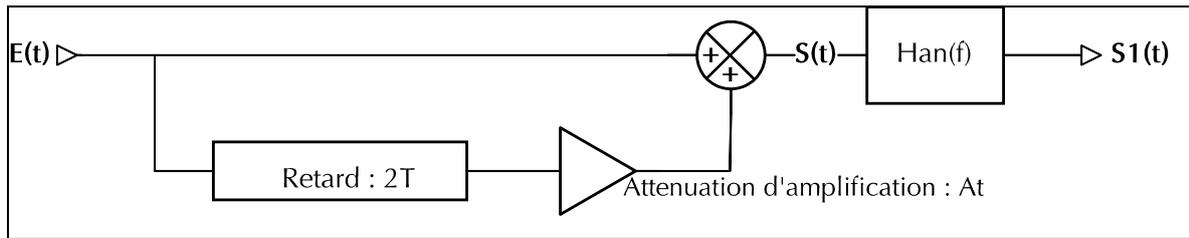


Figure 24

E.4.1 Donner l'expression de $Han(f)$ en utilisant le développement de Taylor suivant :

$$\frac{1}{1+x} = 1 - x + x^2 - x^3 + x^4 - x^5 + \dots + (-1)^n x^n, \text{ valable pour } |x| < 1$$

Préciser la condition qui doit être remplie.

E.4.2 Donner la réponse impulsionnelle $han(t)$.

E.4.3 Donner l'équation $SI(t)$.

E.4.4 En s'arrêtant à l'ordre 1 du développement de Taylor, montrer que ce système annule l'effet du retard $2T$.

F. Génération du signal DTMF

On souhaite intégrer les générateurs de fréquence DTMF par une fonction programmée de façon à pouvoir l'implanter sur tous les types de support. Pour cela, on va générer une fonction sinusoïdale à l'aide d'une fonction de récurrence.

Travail demandé

F.1 Montrer que la fonction sinus peut s'écrire sous la forme :

$$\sin(N\omega T_e) = 2 \cos(\omega T_e) \sin[(N-1)\omega T_e] - \sin[(N-2)\omega T_e] \quad \text{avec } T_e : \text{période d'échantillonnage}$$

F.2 On pose :

$$Y_N = \sin(N\omega T_e) \quad \text{et} \quad X_N = \sin(N\omega T_e)$$

Ecrire les équations aux différences qui permettent de générer les deux sinusoïdes Y_N et X_N .

F.3 Déduire l'expression complète qui permet de générer ce signal DTMF.