

Yves **STINNER**  
Jean-François **WERLEN**



# Interface modem radio



Tuteur de projet : M. **ABBE**

# SOMMAIRE

Présentation du projet.....	Page 3
Cahier des charges.....	Page 4
Solutions technologiques. ....	Page 5
<b>I.) Etude de l'interface :</b>	
1. <i>Présentation générale du circuit.</i> .....	Page 6
2. <i>Etude de la partie modem.</i> .....	Page 7
3. <i>Etude de la partie émetteur.</i> .....	Page 13
4. <i>Etude de la partie récepteur.</i> .....	Page 16
5. <i>Réalisation de l'interface</i> .....	Page 20
<b>II.) Description de la calculatrice Ti89:</b>	
1. <i>Présentation de la Ti89.</i> .....	Page 24
2. <i>Étude des E/S de la Ti89.</i> .....	Page 26
3. <i>Protocole de communication.</i> .....	Page 27
4. <i>Étude des instructions du processeur Motorola 68000.</i> .....	Page 28
5. <i>Logiciel de communication (en assembleur).</i> .....	Page 29
<b>III.) Législation française, utilisations des fréquences :</b>	Page 41
Remerciements Bibliographie, sources.....	Page 44
Conclusion.....	Page 45
Annexes. ....	Page 46

## Présentation du projet

Différents moyens de communication s'offrant à nous aujourd'hui, nous avons eu l'idée de concevoir une interface radio entre deux calculatrices.

Nous nous sommes penchés sur la transmission de données entre deux calculatrices (TI89), en raison des limites des moyens de communication fournis avec les appareils de ce type.

# Cahier des charges

*(définition du besoin, solutions techniques envisageables).*

**Objectif :** Permettre d'envoyer des données d'une calculatrice à une autre sans être limité par la longueur des câbles fournis avec les calculatrices.

*Quelle type de transmission allons-nous utiliser ?*

Deux types de mode de transmission sans fils nous sont venus à l'idée :

- une transmission infrarouge
- une transmission radio

Nous avons fait notre choix en comparant les avantages et les désavantages de chacun de ces modes. Le mode infrarouge existe déjà et est utilisé sur les calculatrices HP. De plus, il est relativement simple à mettre en œuvre mais nécessite que les calculatrices soient l'une en face de l'autre pour que la liaison puisse s'effectuer. Cela représente une gêne équivalente à une liaison limitée en distance par les câbles fournis. La transmission radio, bien que plus difficile à mettre en œuvre, offre une liberté totale de mouvement d'une calculatrice par rapport à l'autre mais les fréquences utilisables ne sont pas nombreuses.

Nous avons finalement opté pour une liaison radio car elle nous paraît être un défi intéressant et innovant. De plus, ce mode de transfert semble plus pratique que les autres. Pour cela, nous utiliserons un modem FSK, basé sur un ensemble émetteur-récepteur FM.

## Solutions technologiques

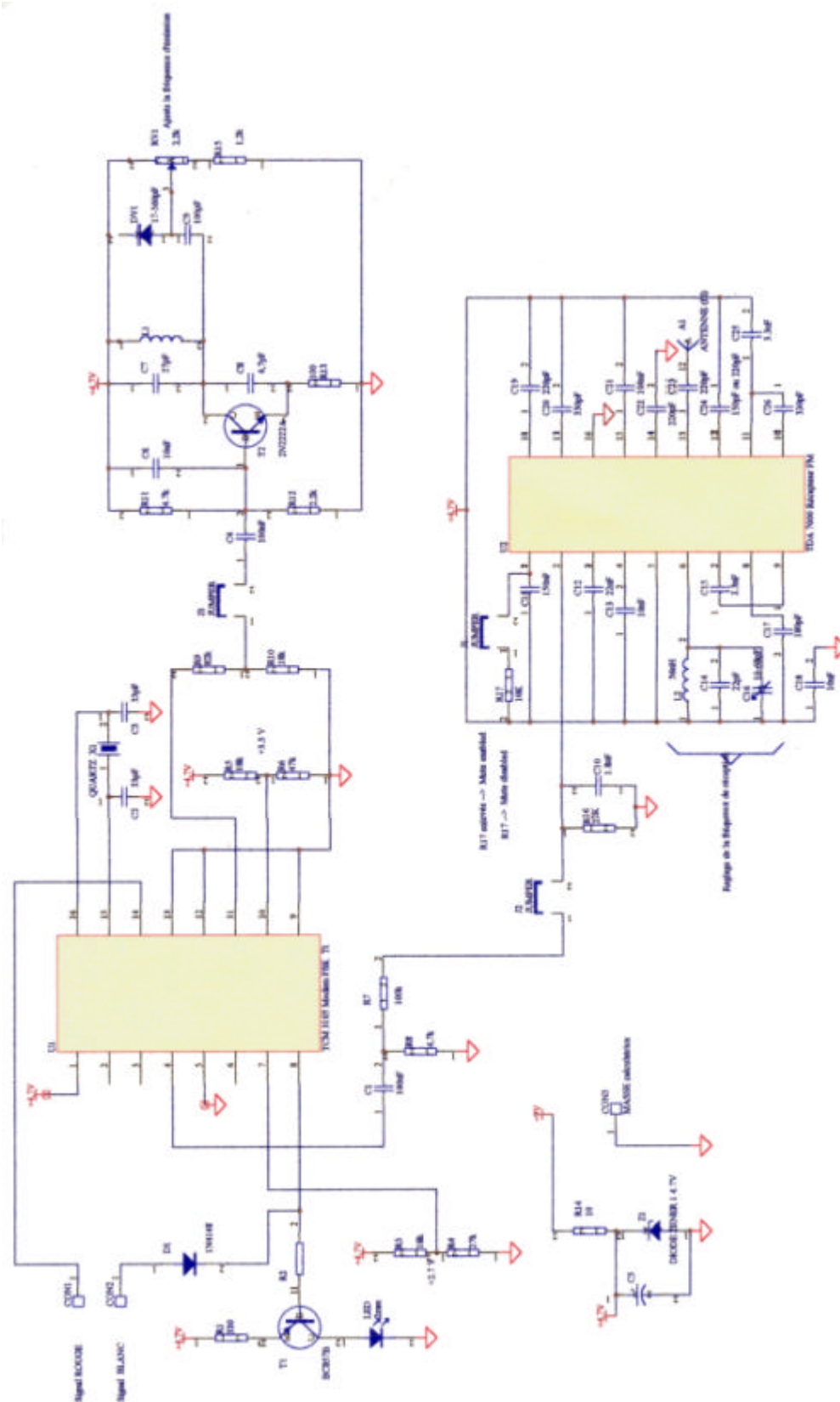
Choix du type de modulation: *Nous avons retenu la modulation en fréquences pour éviter les parasites*

La transmission de données est faite à faible débit afin d'utiliser des modulateurs et démodulateurs de faible coût. C'est la raison pour laquelle la transmission directe avec la TI89 est impossible du fait d'une vitesse élevée de 30Kbps avec utilisation des 2 lignes du ports I/O en simultané. Le logiciel Dualnet.89p sous Fargo II permet une liaison asynchrone conventionnelle à environ 87bps full-duplex (type asynchrone, 87bps, 8bits de données, 1 bit de start, 1 bit de stop, pas de parité).

La nouvelle interface à base du TCM3105 permet de rendre le montage plus simple et plus fiable. Pour la TI89, la vitesse de transmission a été divisée par 2 environ afin de diminuer les effets de désynchronisations provoqués par l'usure des piles. Des piles neuves ou bien rechargées autorisent un transfert de messages sans problème.

# I.) Etude de l'interface :

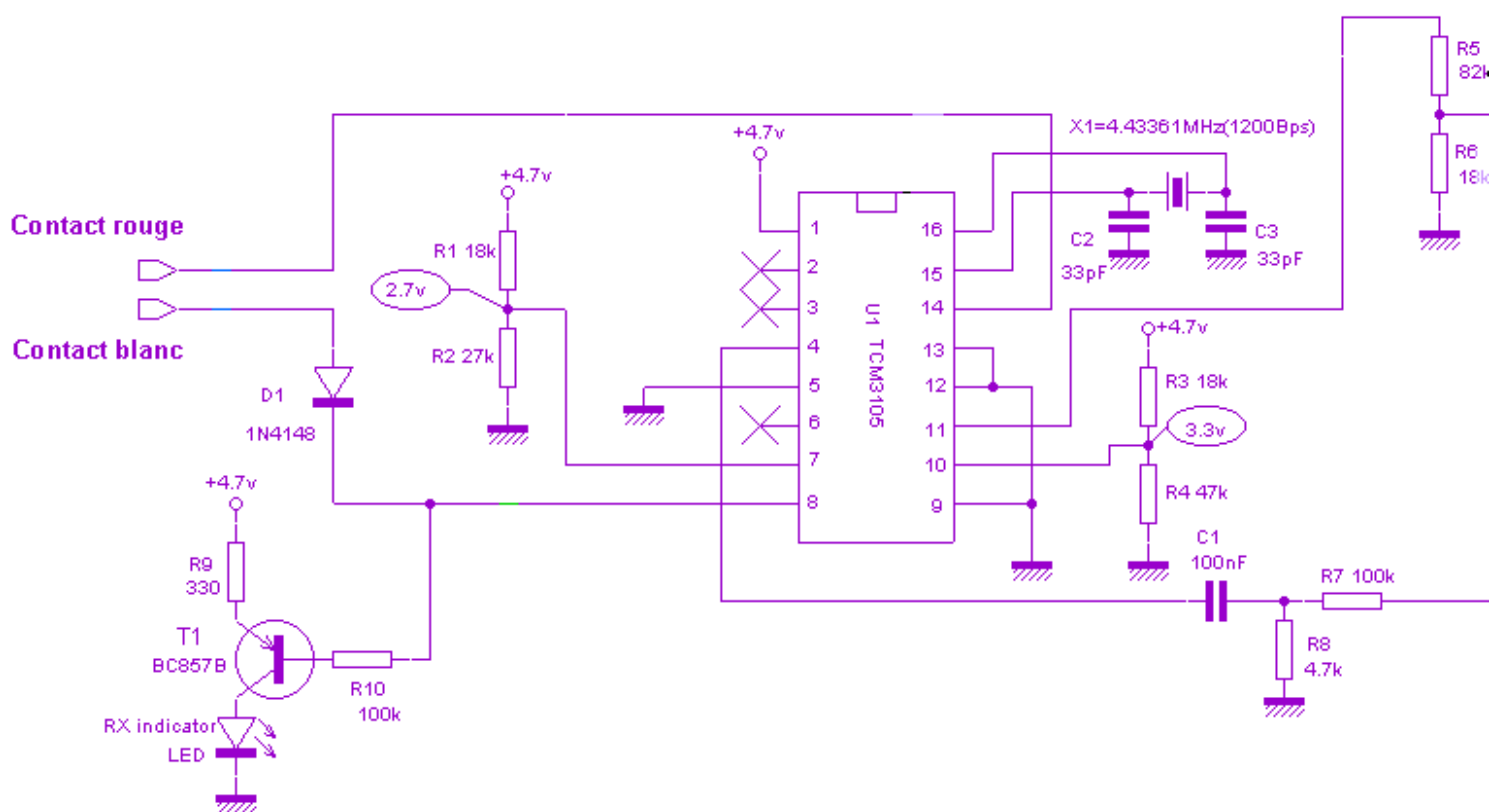
## 1. Présentation générale du circuit :



## 2.) Etude de la partie modem :

### 2.1. Schéma électrique

Modem FSK 1200bps



## *Qu'est-ce qu'un Modem ?*

Le mot « Modem » vient de la juxtaposition des premières syllabes de « Modulateur » et de « Démodulateur ». Le rôle du Modem est de moduler, c'est à dire de transformer un signal numérique sous forme analogique afin de pouvoir l'émettre ou de le traiter. Il permet également la réception d'un signal analogique qui est ensuite convertir un signal numérique. Par conséquent, il faut un modem par utilisateur ( 2 dans notre cas).

## *Principe de communication:*

Pour les systèmes de communications numériques, il est avantageux et sécurisant de moduler le signal porteur avec le flux de données numériques avant la transmission.

Différent types de modulation digitale sont adaptées à la transmission de données numériques :

AM→ASK (« *Amplitude Shift Keying* »),

FM→FSK (« *Frequency Shift Keying* »),

PM→PSK (« *Phase Amplitude Shift Keying* »),

*Nous avons retenu la modulation FSK pour notre interface, puisque notre système d'émetteur-récepteur est basé sur la modulation en fréquences(FM).*

## 2.2 Modulation FSK

Transmission du signal numérique en modulation FSK:

Le signal  $f_o(t)$  module un signal porteur sinusoidal HF en FM.  $s(t)$  est le signal de sortie du modulateur HF. Par définition de la modulation FM, la fréquence du signal modulé s'écrit:

$$f(FSK-) = f_p - k \cdot s_m(t) \quad f(FSK+) = f_p + k \cdot s_m(t)$$

Le signe – correspond à l'état bas, le signe + correspond à l'état haut.

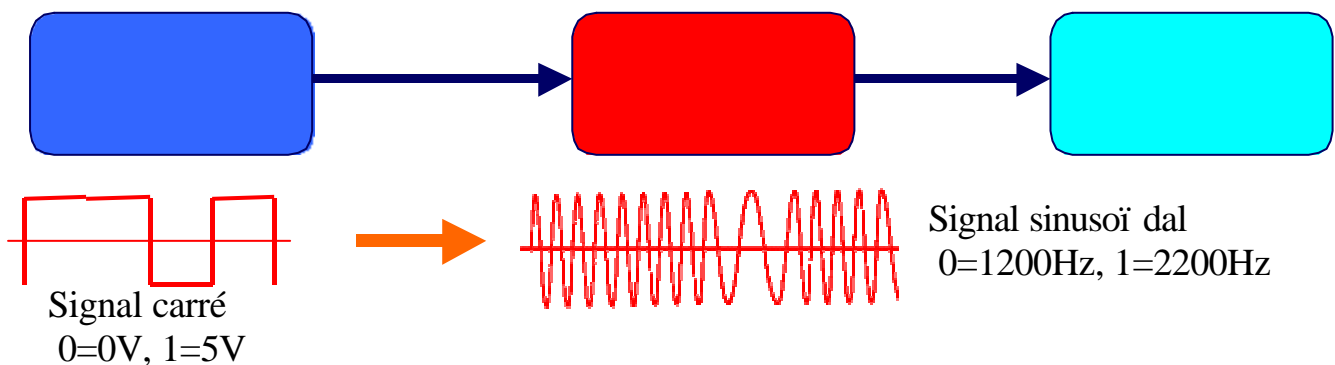
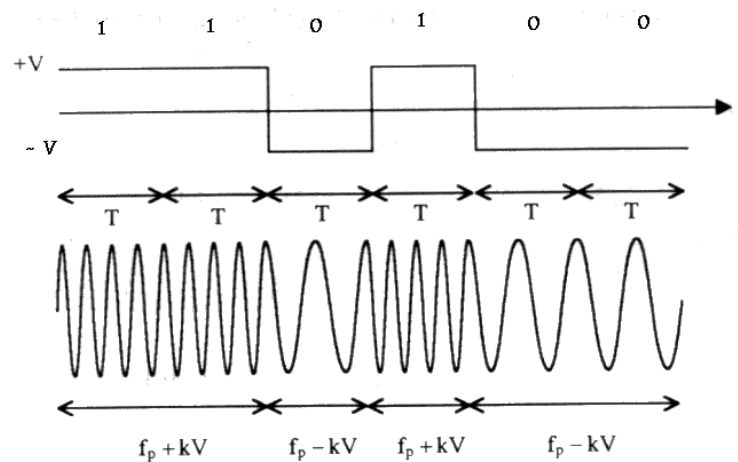
$k$  est une constante introduite par le modulateur, et  $s_m(t)$  est le signal basse fréquence, qui est ici  $f_o(t)$ , soit  $\pm V$ . D'où  $f(t) = f_p \pm k \cdot V$ : la fréquence du signal ne peut prendre que 2 valeurs :

## 2.21 Allure du signal de sortie :

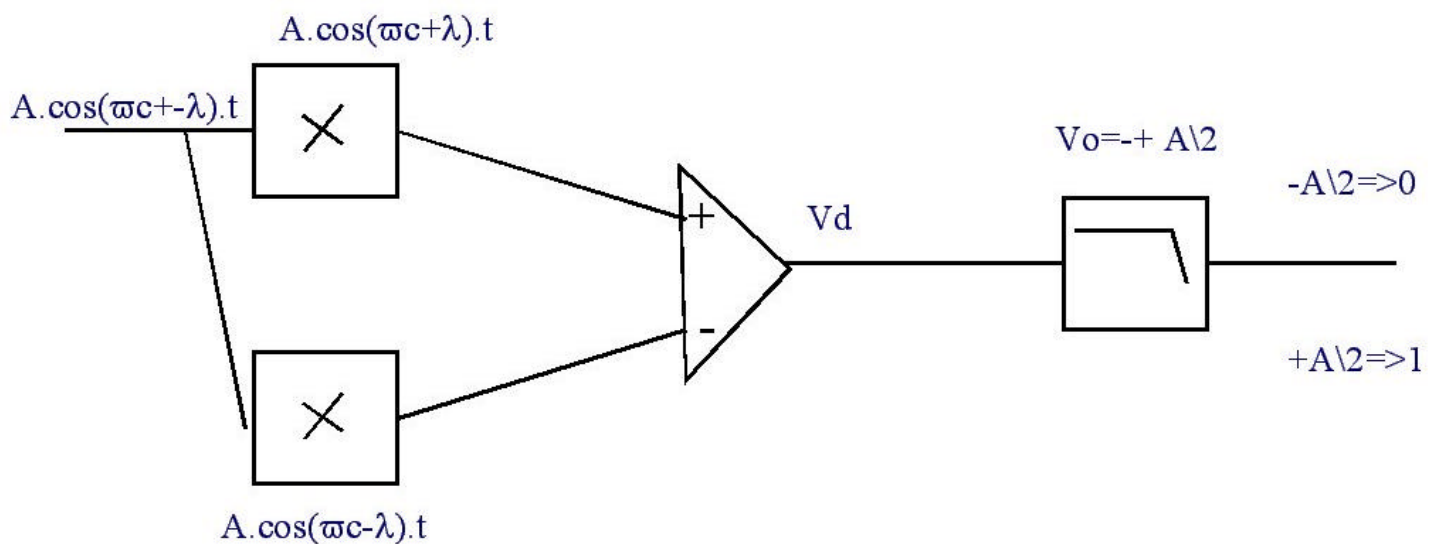
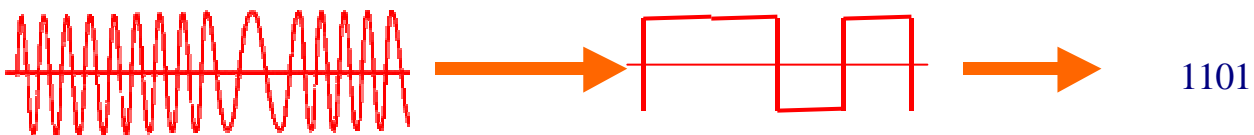
→ États binaires  
→ Signal d'entrée  $f_o(t)$

→ Signal modulé FSK de sortie  $s_m(t)$

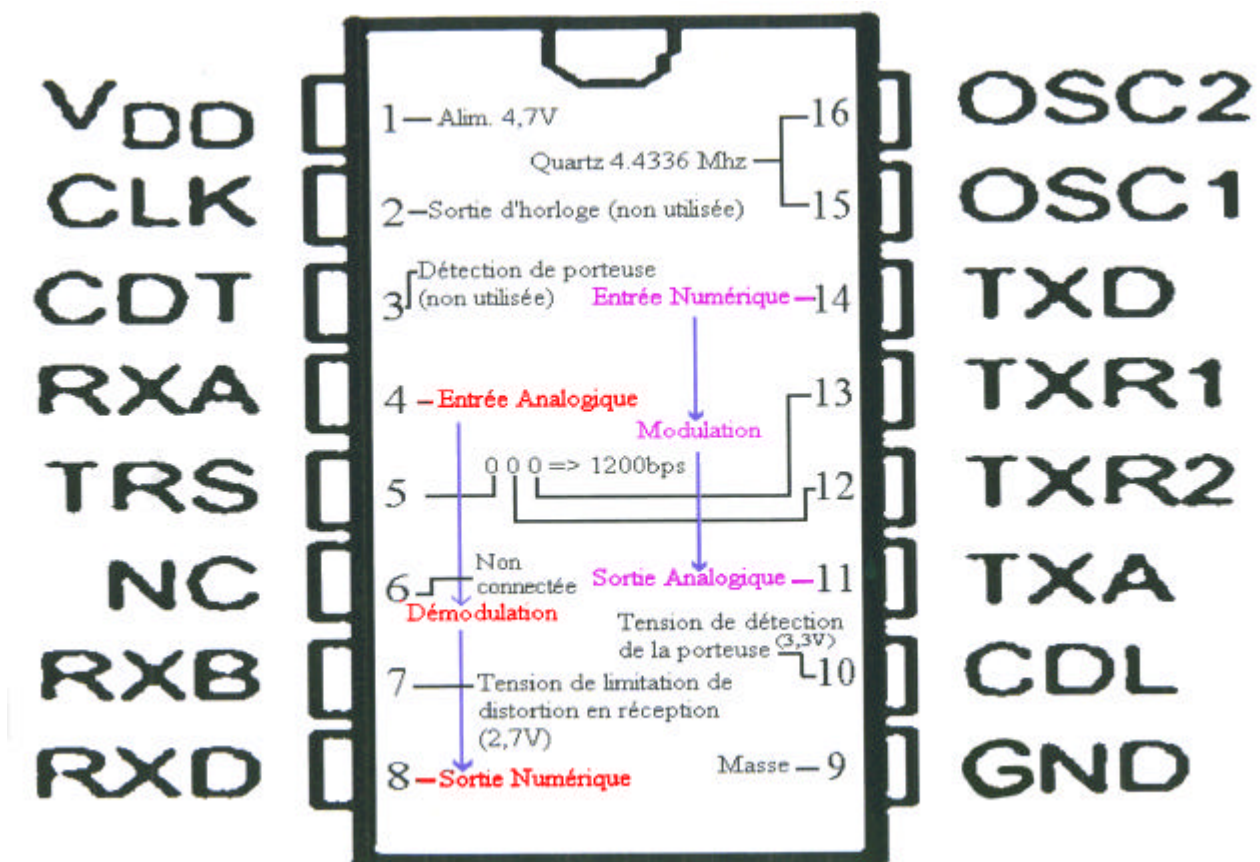
→ Fréquence de sortie



## 2.3 Démodulation FSK :

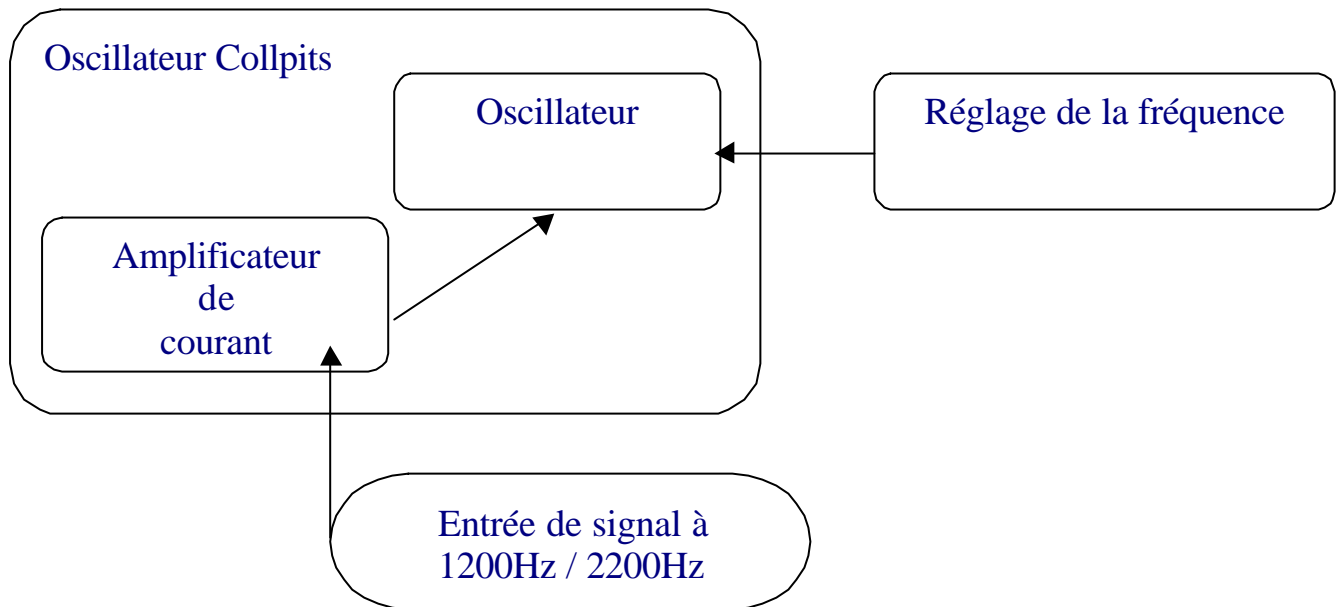


## 2.4 Le modem TCM 3105

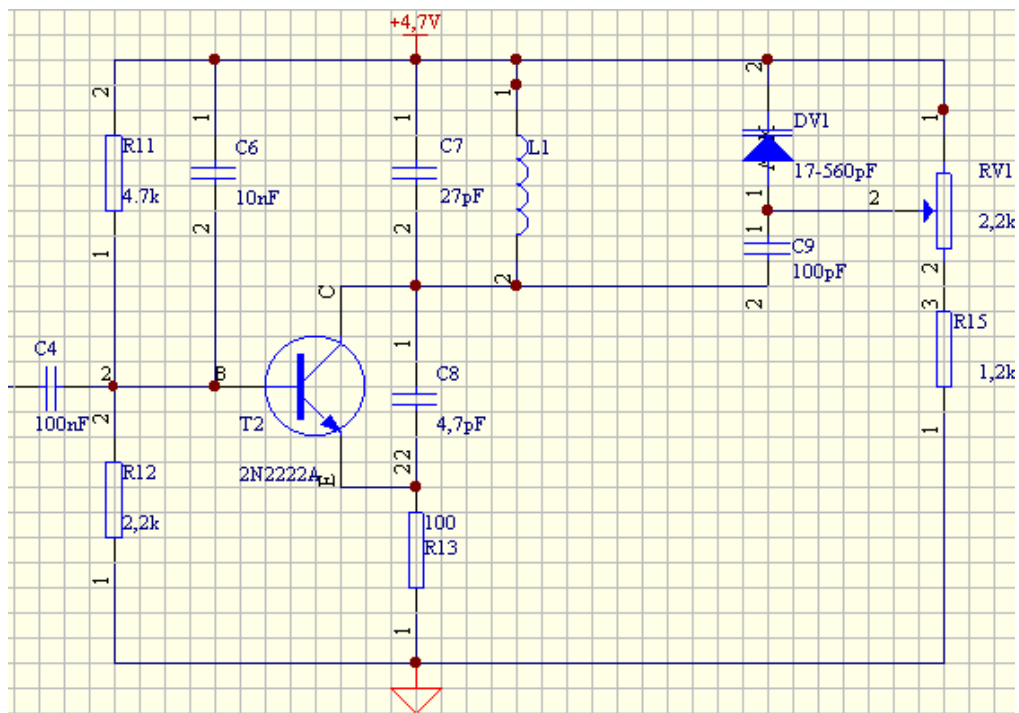


### 3. Étude de la partie émetteur

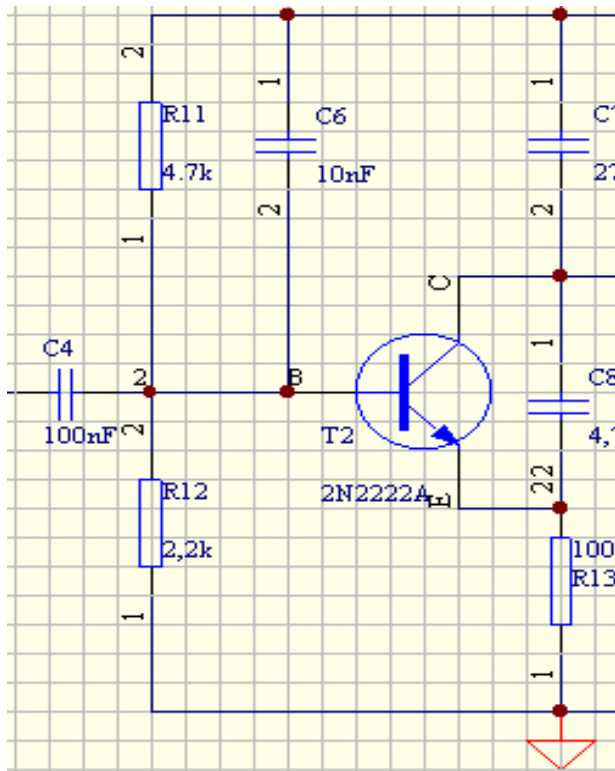
#### 3.1 Schéma fonctionnel



#### 3.2 Schéma électrique



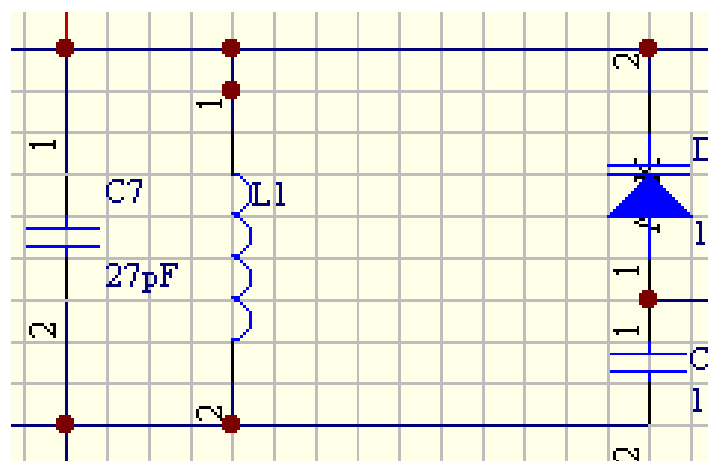
### 3.3 Etude des différentes parties



La partie émetteur est constituée d'une fonction d'amplification et d'un oscillateur tous deux dits de Colpitts.

L'amplificateur se charge de rendre le signal suffisamment puissant pour être émis. Il s'agit, dans notre cas, d'un amplificateur de courant.

L'oscillateur émet proprement dit le signal. En fait, le signal arrivant aux bornes de l'oscillateur est déjà sinusoïdal, mais on lui ajoute une porteuse modulable d'environ 88Mhz.



### 3.4 Oscillateur Colpitts

Un oscillateur de Colpitts oscille à la pulsation de:

$$\omega \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{L \cdot \frac{C1 \cdot C2}{C1+C2}}}$$

Notre montage dispose d'une diode VARICAP. Celle-ci se comporte comme un condensateur dont la capacité change en fonction de la tension inverse appliquée à ses bornes.

→ Cette tension peut justement être modifiée grâce à un potentiomètre.

Or la capacité influence la pulsation et donc la fréquence de l'oscillateur.

→ Nous sommes ainsi en mesure de modifier la fréquence d'émission de notre signal.

De plus, une seconde capacité nous permet d'obtenir une fréquence maximale :

$$\omega \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{L \cdot \frac{C1 \cdot C2}{C1+C2}}}$$

Avec C1 => C7 = 27pF

C2 => DV1 = 17/560pF

L => L1 = 1mH

À cette fréquence de base, nous allons ajouter → f = 87,5 MHz – 80 MHz

A cette fréquence, nous allons ajouter :

1200Hz s'il faut émettre un 0

2200Hz s'il faut émettre un 1

## 4. Etude de la partie récepteur

Tout récepteur doit accomplir les tâches suivantes :

- sélection parmi les signaux captés par l'antenne de la bande de fréquences correspondant au signal désiré.
- l'amplification de ce signal
- la démodulation des signaux pour reconstituer le signal modulant original

Caractéristiques :

**Sensibilité** du récepteur est l'amplitude du signal d'entrée nécessaire pour obtenir à la sortie du détecteur un rapport signal/bruit déterminé.

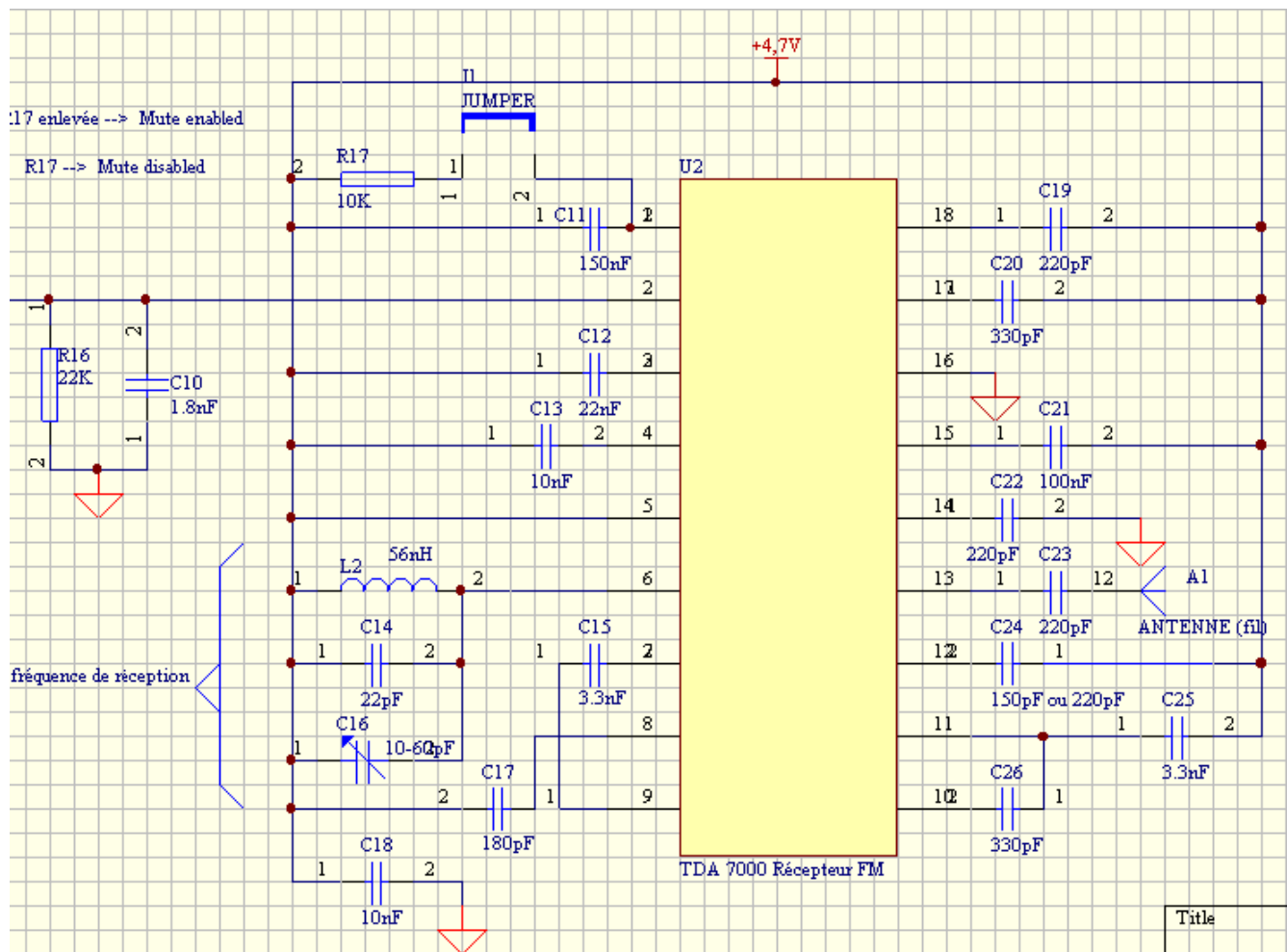
**Sélectivité** d'un récepteur décrit l'aptitude du récepteur à séparer le signal désiré des signaux perturbateurs à des fréquences voisines.

La **stabilité** caractérise la variation de la fréquence d'accord du récepteur lorsque la température ambiante ou la tension d'alimentation varient.

La **dynamique** qui constitue le rapport entre le signal le plus important toléré à l'entrée du récepteur (si le signal est trop important, des distorsions apparaissent) et le signal le plus faible (déterminé par le bruit du récepteur en dB).

→ *Nous nous sommes orientés vers le célèbre TDA 7000 de Philips qui rassemble toutes ces fonctions.*

## 4.1 Schéma électrique





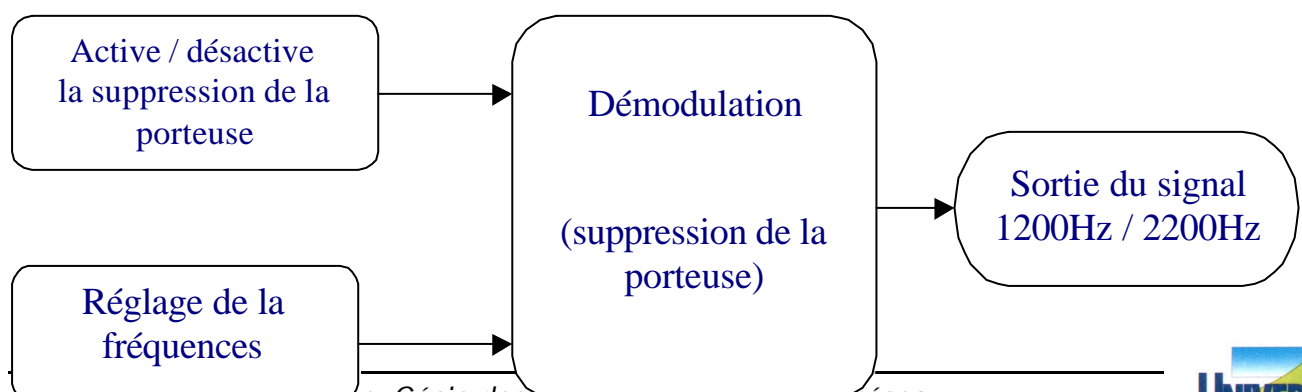
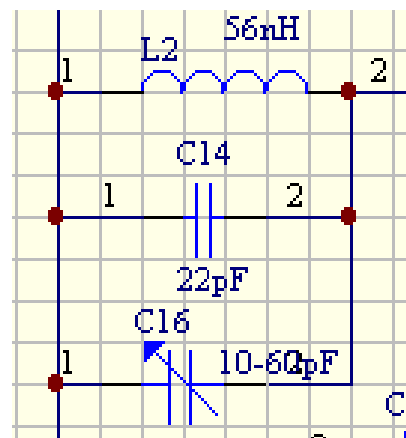
## 4.2 Schéma fonctionnel

Afin de pouvoir récupérer le signal émis par l'autre calculatrice, nous allons devoir éliminer la fréquence porteuse d'environ 88Mhz.

→ Cette opération est effectuée par un circuit spécialisé le TDA7000 de Philips.

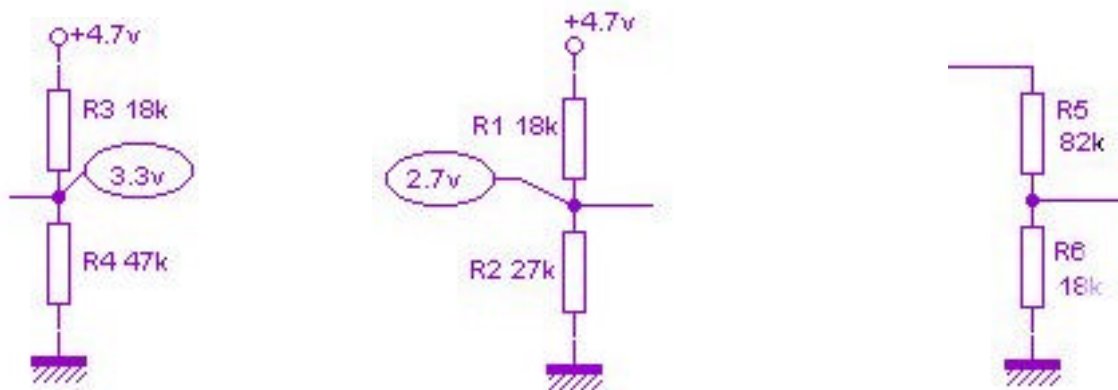
Mais comme il n'est pas possible que les calculatrices émettent ou réceptionnent des données exactement sur la même fréquence, nous allons devoir permettre un réglage de la fréquence grâce à un ensemble de bobine et de condensateur variable équivalent à celui de l'émetteur.

Nous allons ainsi pouvoir régler la fréquence d'un émetteur sur celle du récepteur de la seconde calculatrice et réciproquement pour l'autre émetteur et l'autre récepteur.

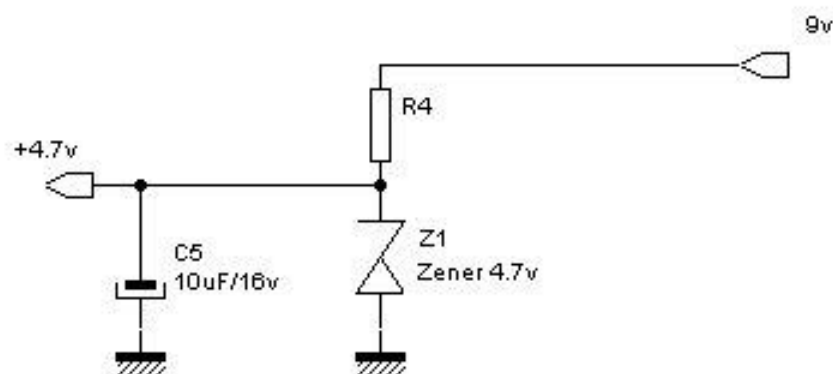


## Étude de la partie alimentation :

Le condensateur polarisé a pour but de prévenir d'éventuels appels en courant lors du changement d'état des impulsions. D'autre part, plusieurs diviseurs de tension fournissent une tension établie au CI et à l'émetteur.



### Alimentation 4,7V



## 5. Réalisation de l'interface

### 5.1 Etapes de la réalisation + tests :

La première étape consiste à vérifier le fonctionnement de la partie logicielle TI89-TI89 à l'aide d'un câble de liaison croisé (inversion des 2 fils de liaison). Le fonctionnement est immédiat et la TI89 ne doit pas s'interrompre dans la transmission de messages. Un mauvais fonctionnement à ce stade peut-être dû aux piles.

L'interface décrite ci-dessus est autonome, elle fonctionne donc avec une interface similaire connectée à une autre machine utilisant le logiciel Dualnet.89p (v1.01).

→ *Fabrication des 2 modems TCM3105. Les tensions sur les broches 7 & 10 n'ont pas besoin d'être ajustées.*

→ *Connexion des 2 cartes en croisant les entrées/sorties analogiques.*

*Test de la liaison avec le logiciel Dualnet*

→ *Réalisation de l'émetteur radio qui émet sur une fréquence qui ne gêne pas trop la voisine.*

Vérification du bon fonctionnement de l'émetteur à l'aide d'un récepteur du commerce: vous devez entendre une tonalité dont la fréquence est de 1200Hz ou de 2200Hz selon l'état logique de l'entrée du TCM.

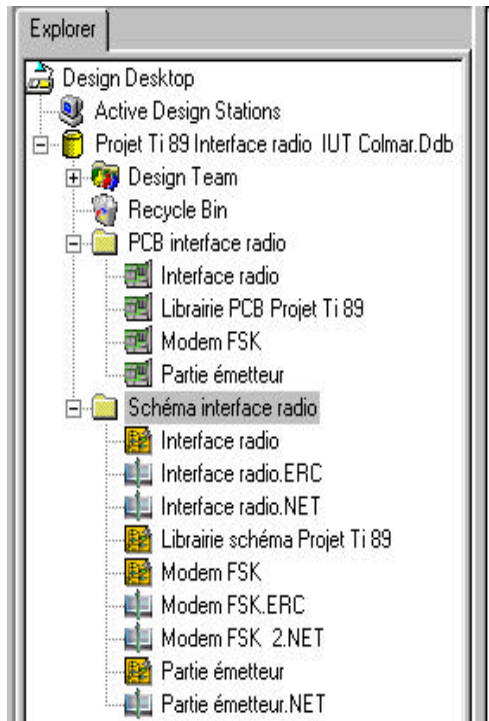
Si le signal est bien perçu (sinon, agissez sur le condensateur C2 ou l'inductance L1 en parallèle pour ajuster la fréquence d'émission voire sur le diviseur potentiométrique R1/R2).

→ *Fabrication des 2 récepteurs radio qui doivent fournir en sortie audio les tonalités précédemment décrites.*

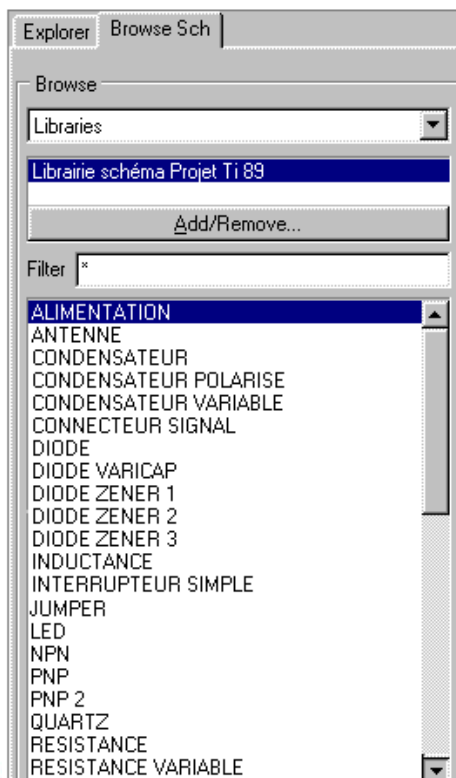
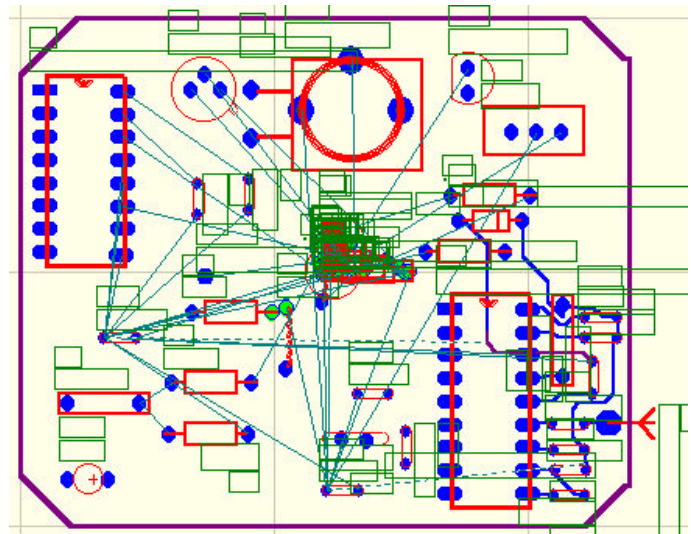
Lors du réglage des 2 fréquences d'émission, caler les récepteurs sur des fréquences non utilisées afin d'éviter des surmodulations.



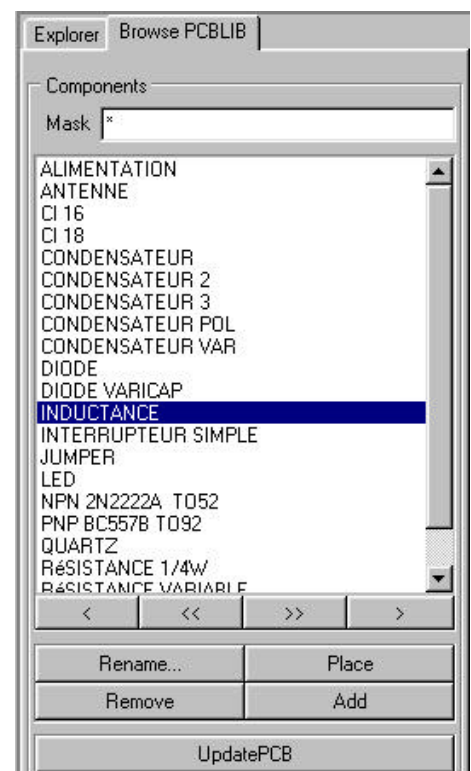
## 5.2. Conception CAO (2)

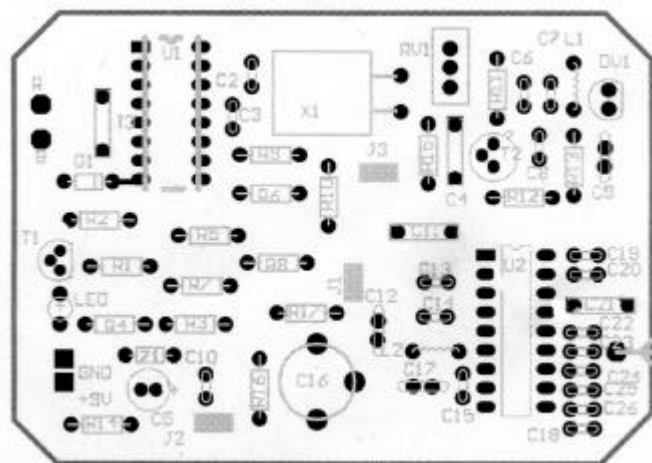
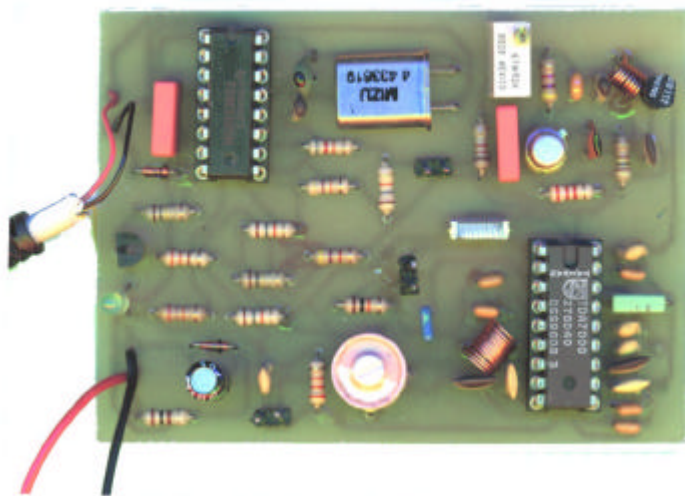
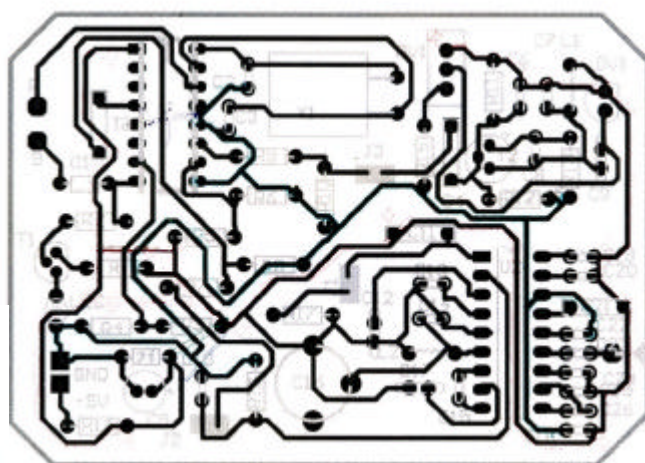
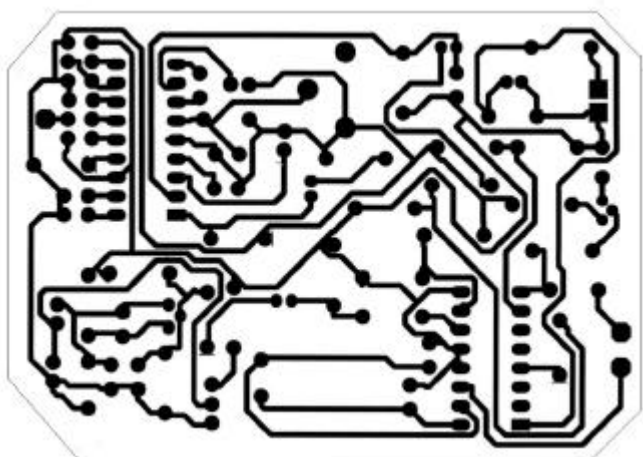


L'ensemble du schéma électrique a été conçu avec Protel 99.



Création d'une  
bibliothèque  
spécifique pour  
la saisie du  
schéma, ainsi  
qu'une bibliothèque  
d'empreintes  
adaptée.





## II.) La calculatrice Ti 89:

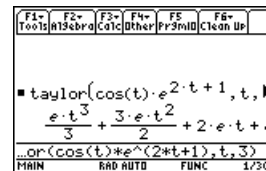
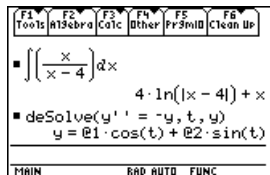
### 1. Présentation générale:

#### Calcul formel puissant:

Calculs et Algèbre puissant grâce au CAS (Computer Algebra System) basé sur le logiciel DERIVE.

Développement, factorisation, résolution, dérivation, intégration formelle, Taylor, limites, linéarisations

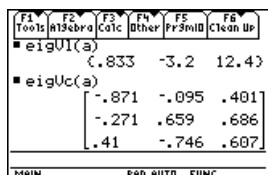
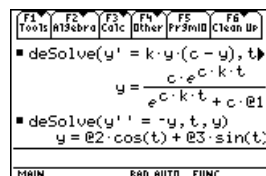
...



#### Texte défilant

#### Equations différentielles formelles

Une fonction deSolve à "multiple syntaxe"

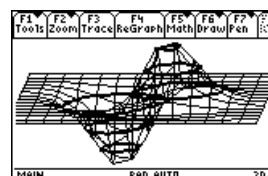
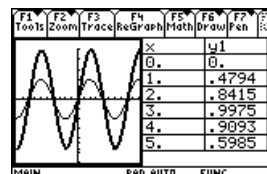


#### Algèbre linéaire avancée:

Valeurs propres, vecteurs propres, décomposition LU & QR, fonctions de matrices (comme e, ln) ...

#### Partage d'écran:

Permet d'observer 2 applications en même temps



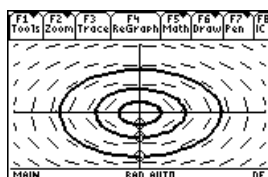
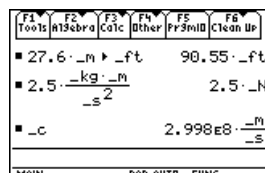
#### 3D avancée:

Animations temps réel  
Rotations tridimensionnelles

...

#### Unités de mesures:

Utilisables dans des équations  
Homogénéisation automatique.



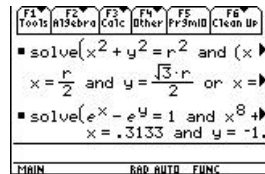
#### Graphes des équations différentielles:

Champ des vecteurs  
Méthode d'Euler ou Runge Kutta.

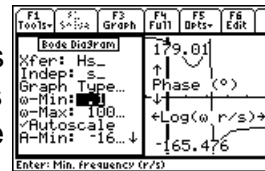
**Systèmes d'équations:**

Résultat formel des systèmes linéaires et non linéaires

Une fonction solve à "multiple syntaxe"

**APPLicationS Flashes :**

Grâce à la technologie Flash, c'est une des premières calculatrices dont les fonctions peuvent être mises à jour de manière électronique.



Ecran FSTN très contrasté de haute résolution

(160 x 100 pixels)

Port de communication:

La TI -89 peut être connectée à une autre calculatrice TI -89 ou à une TI -92.

Mémoire :

(640 Ko de mémoire : 256 Ko de mémoire RAM totale (188 Ko de mémoire disponible) 384 Ko de mémoire d'archives disponibles permettant à l'utilisateur de stocker plus de fonctions, de programmes et de données.

Processeur Motorola 68000 cadencé à 12MHz

## 2. Étude des E\S de la TI 89:

Etant donné que les processeurs Motorola 68000 ne possèdent pas d'instruction de lecture et d'écriture sur des ports d'entrée/sortie, toutes les entrées/sorties se font par accès en mémoire. C'est à dire que les accès à ces ports se font par accès à des zones de mémoire spécifiques.

→ Pour la TI89, la plage mémoire 600000-60001F correspond à ces ports d'entrée/sortie.

Organisation de la mémoire de la TI89 :

*000000-1FFFFFF : mémoire RAM -> Programmes, variables, ...*

*200000-3FFFFFF : module ROM -> Logiciels Texas Instruments*

*400000-5FFFFFF : libre*

*600000-6FFFFFF : plage de ports d'entrée/sortie*

*700000-FFFFFF : libre*

Organisation de la plage d'entrée/sortie :

*600000-60000B : Configuration générale de la calculatrice*

*60000C-60000F : Paramètres du port série*

*600010-600017 : Paramètres de l'écran LCD*

*600018-60001F : Paramètres du clavier*

Paramétrage du port série :

*60000C : Statut du port série (accès en écriture)*

*60000D : Statut du port série (accès en lecture)*

*60000D bit 5 : mis à 1 si la mémoire tampon en réception contient un octet*

*60000D bit 6 : mis à 1 si la mémoire tampon en émission est vide*

*60000E bit 0 : envoie la valeur de ce bit sur le fil rouge de la calculatrice  
(seulement si l'accès direct est activé)*

*60000E bit 1 : envoie la valeur de ce bit sur le fil blanc de la calculatrice  
(seulement si l'accès direct est activé)*

*60000E bit 2 : lit la valeur sur le fil rouge*

*60000E bit 3 : lit la valeur sur le fil blanc*

*60000E bit 6 : est à 1 pour activer l'accès direct au port*

*60000F : lecture ou écriture d'un octet vers la mémoire tampon*

### 3. Protocole de communication:

Protocole utilisé :

Vitesse de transmission : 87 bauds

Taille d'un octet de donnée : 8 bits

Bit(1) de start : 1

Bit(1) de stop : 1

Parité : Aucune

## 4. Instructions du processeur Motorola 68000:

Instructions utiles à l'écriture et à la lecture de ports d'entrée/sortie :

### **CLR**

syntaxe : *CLR Adresse*

→ Efface le contenu de l'octet se situant à 'Adresse' en mémoire.

### **BCLR**

syntaxe : *BCLR Numéro, Adresse*

→ Teste, puis efface le bit 'Numéro' de l'octet se situant à 'Adresse' en mémoire.

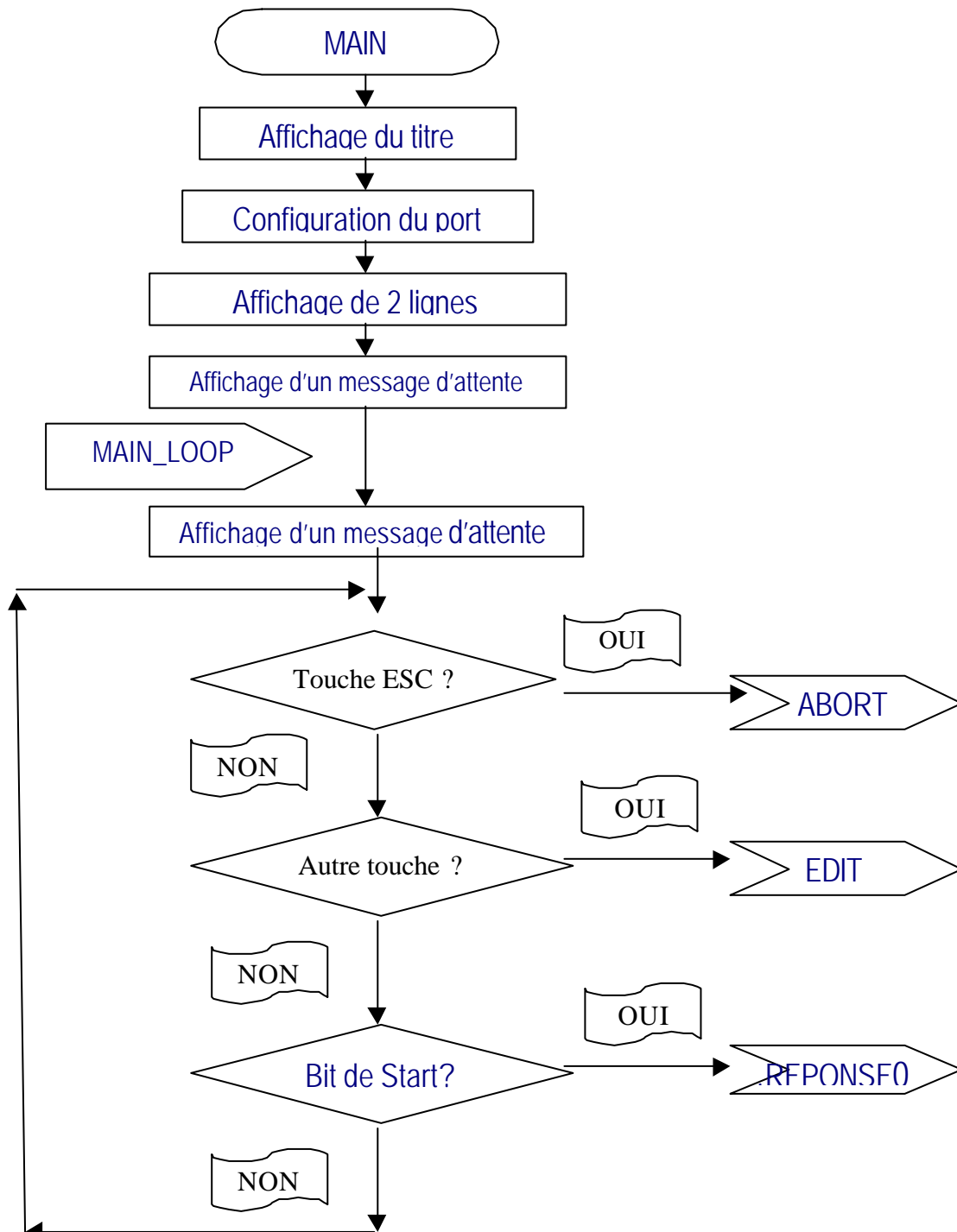
### **BSET**

syntaxe : *BSET Numéro, Adresse*

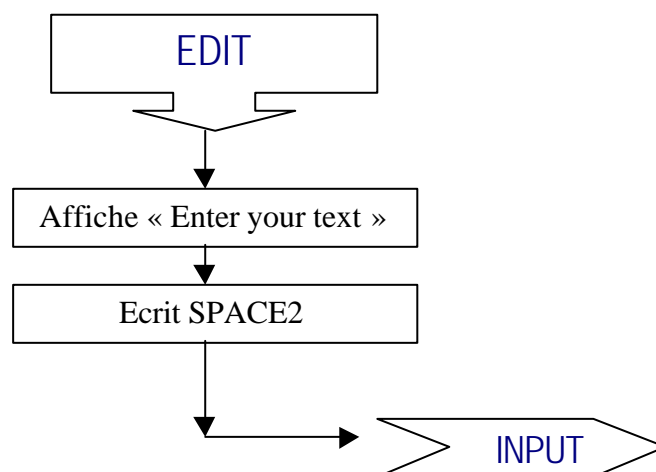
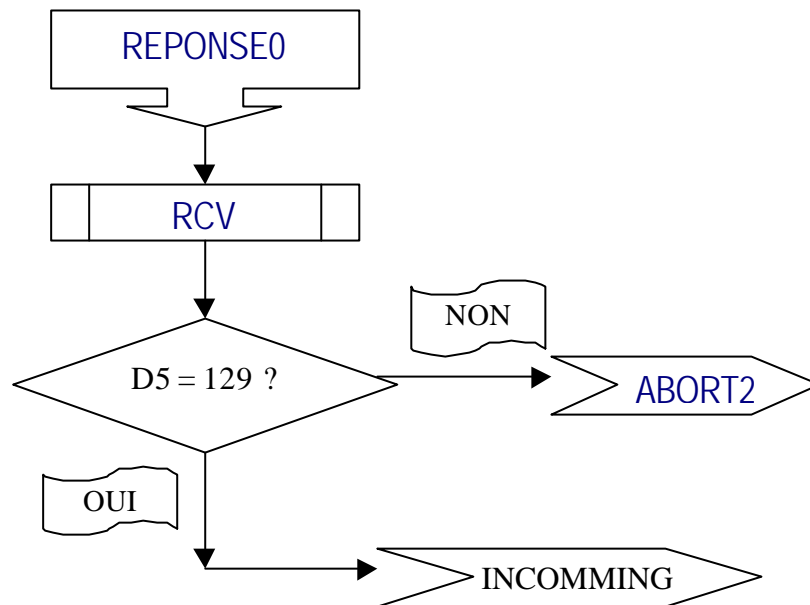
→ Teste, puis force à 1 le bit 'Numéro' de l'octet se situant à 'Adresse' en mémoire.

## 5. Logiciel en assembleur de communication: Dualnet

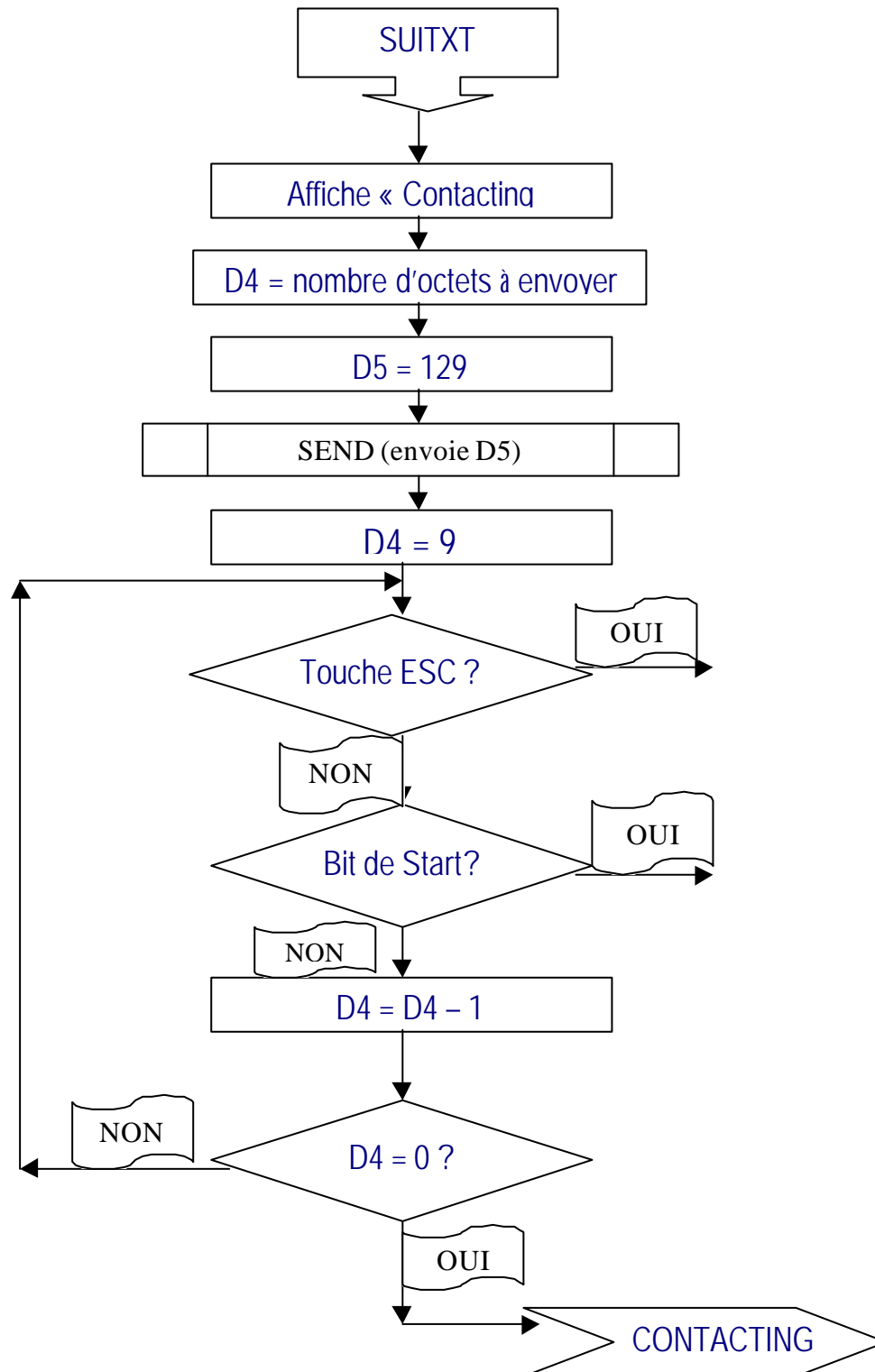
### 5.1 Algorithme du programme principal

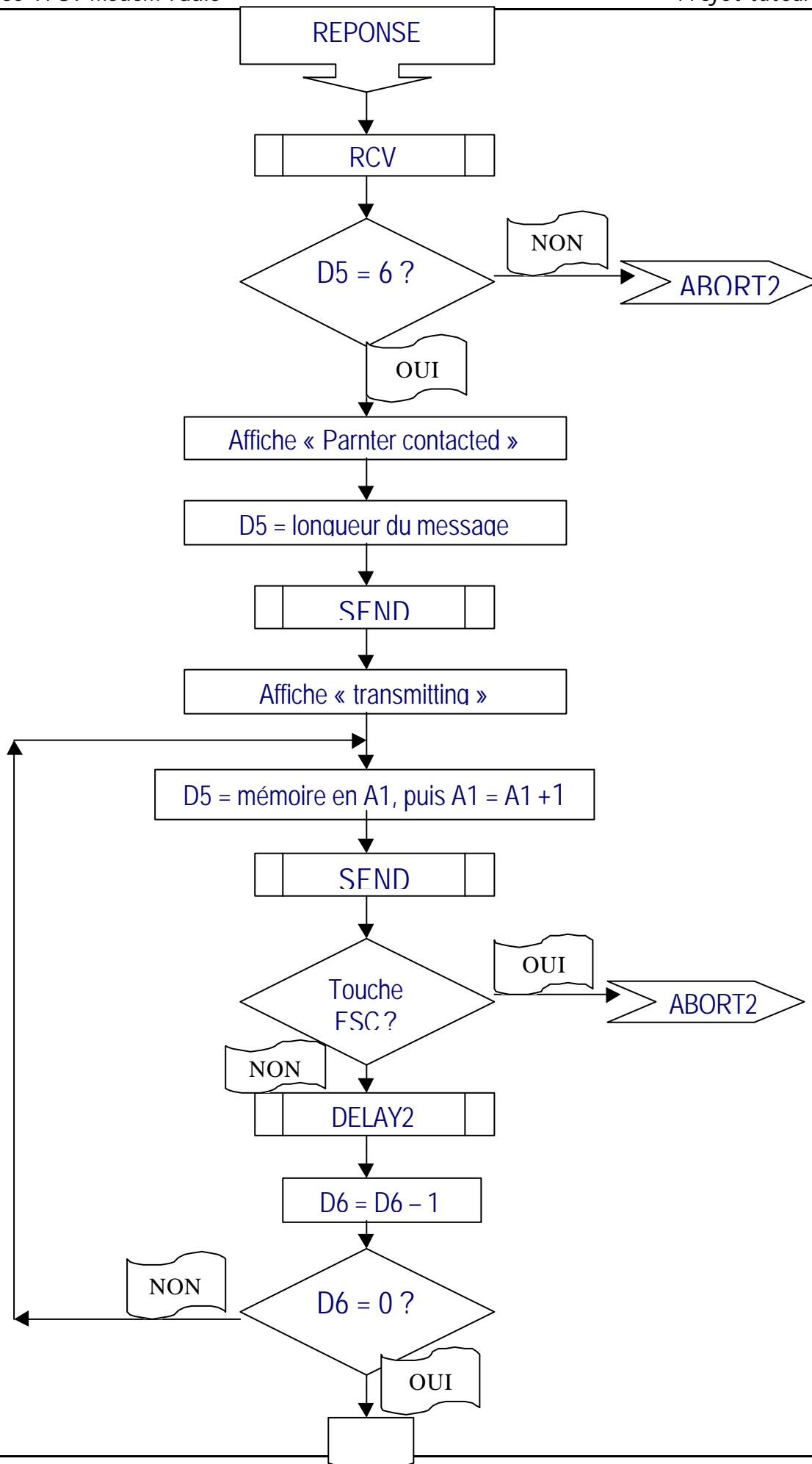


## 5.1 Algorithme du programme principal (suite)

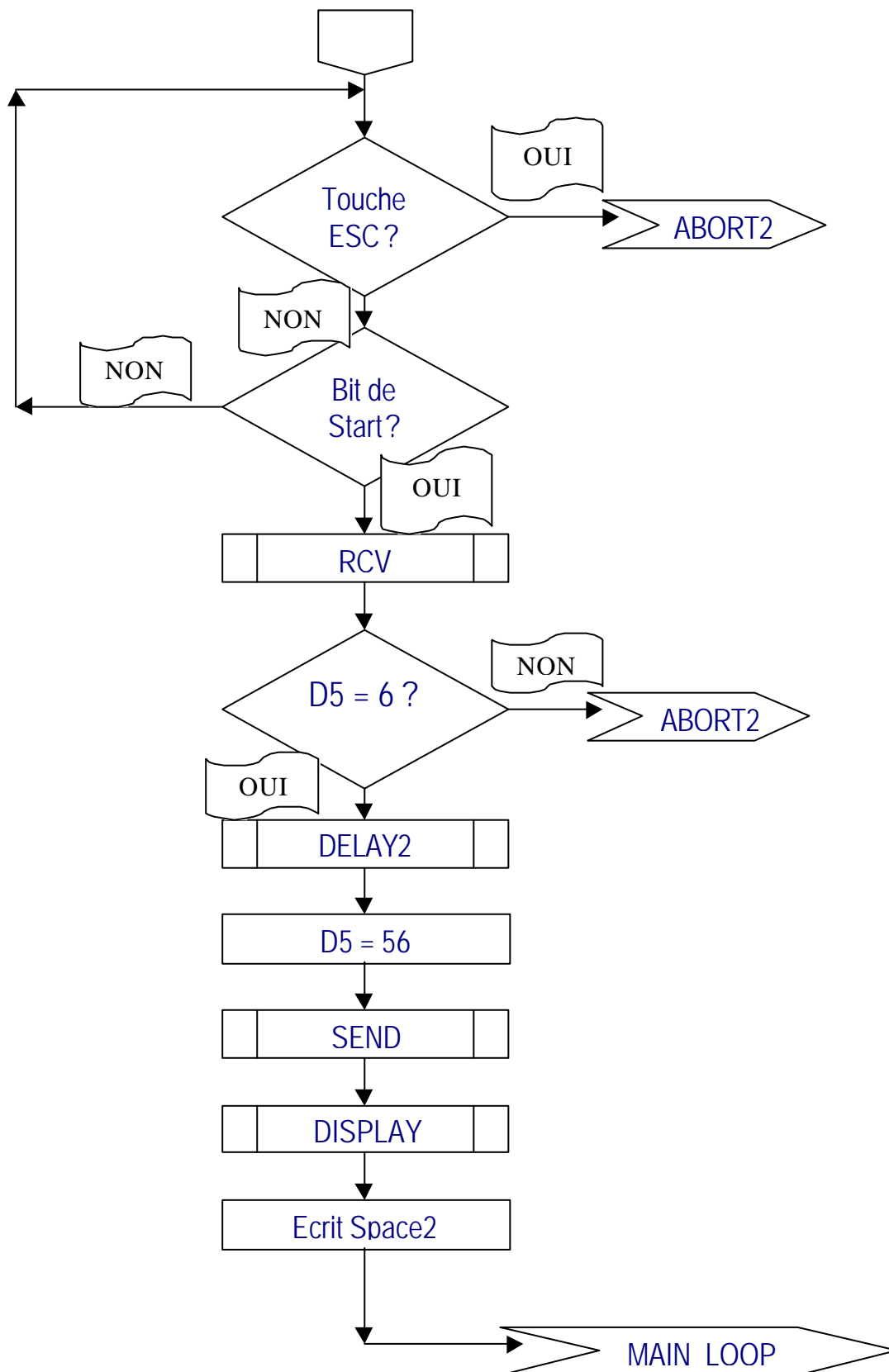


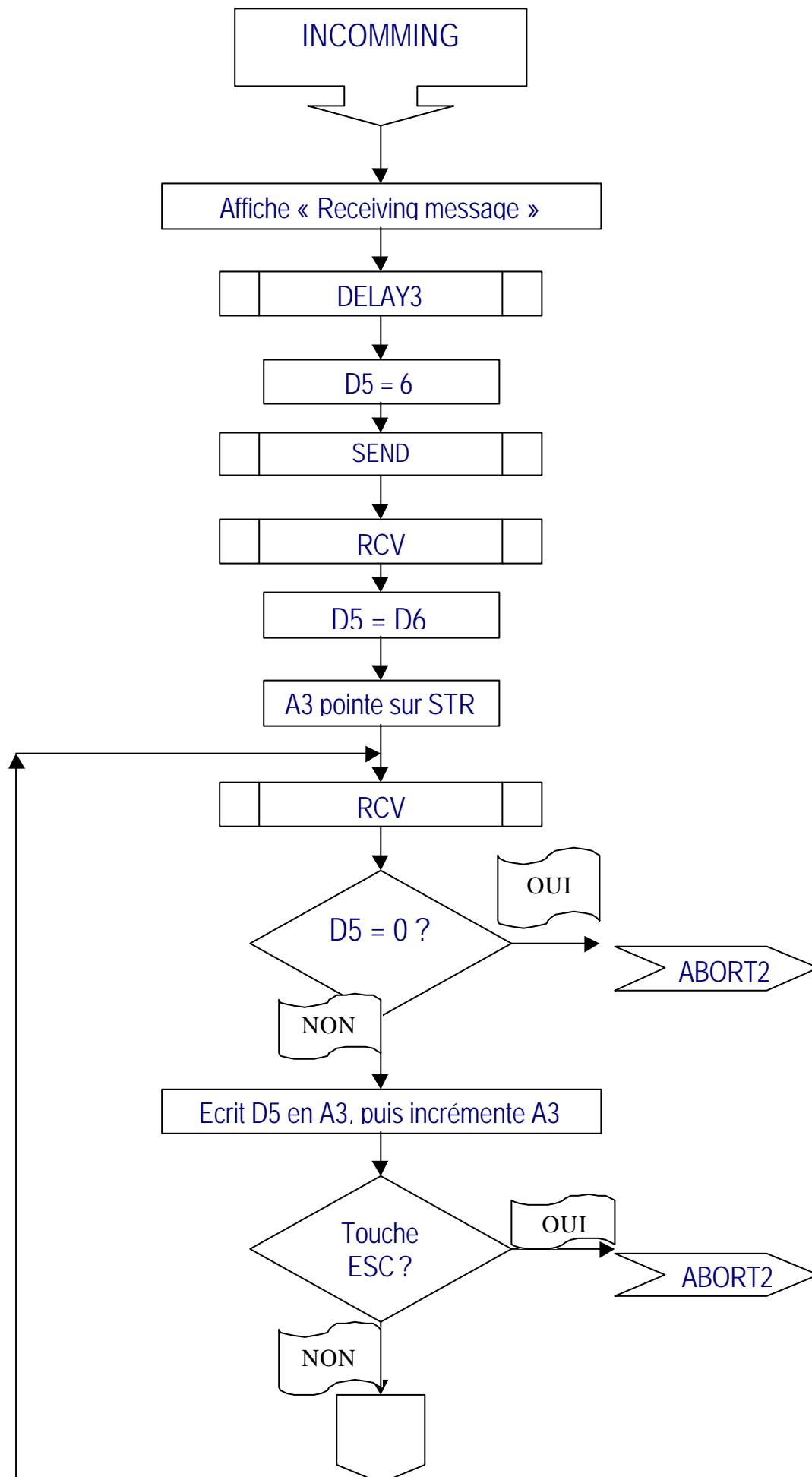
## 5.1 Algorithme du programme principal (suite)



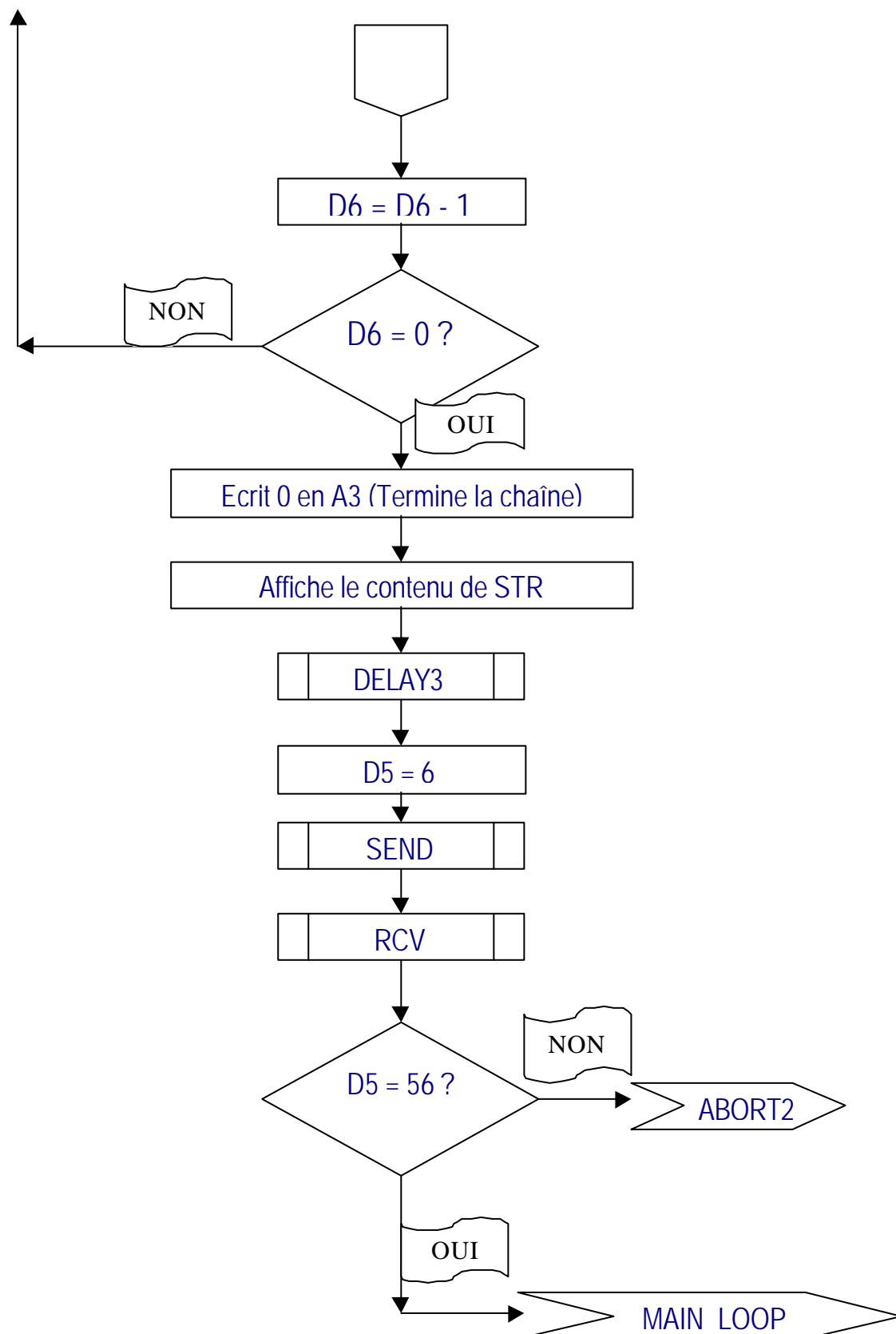


## 5.1 Algorithme du programme principal (suite)

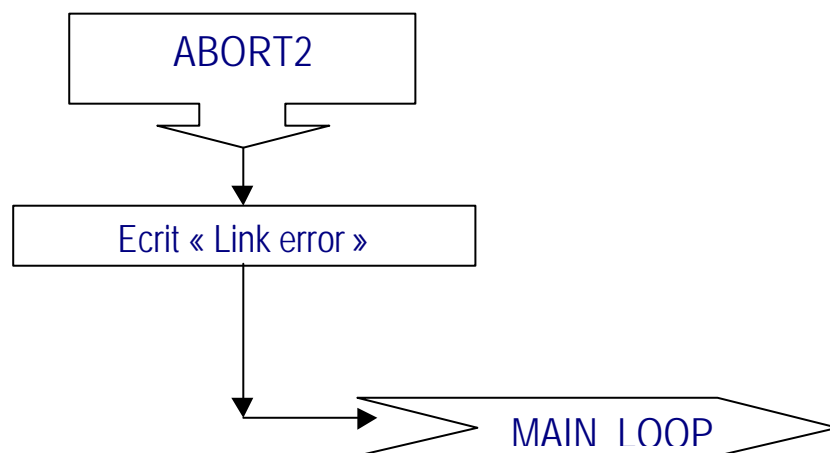
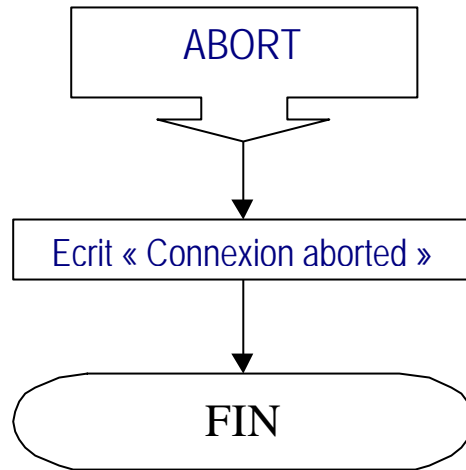




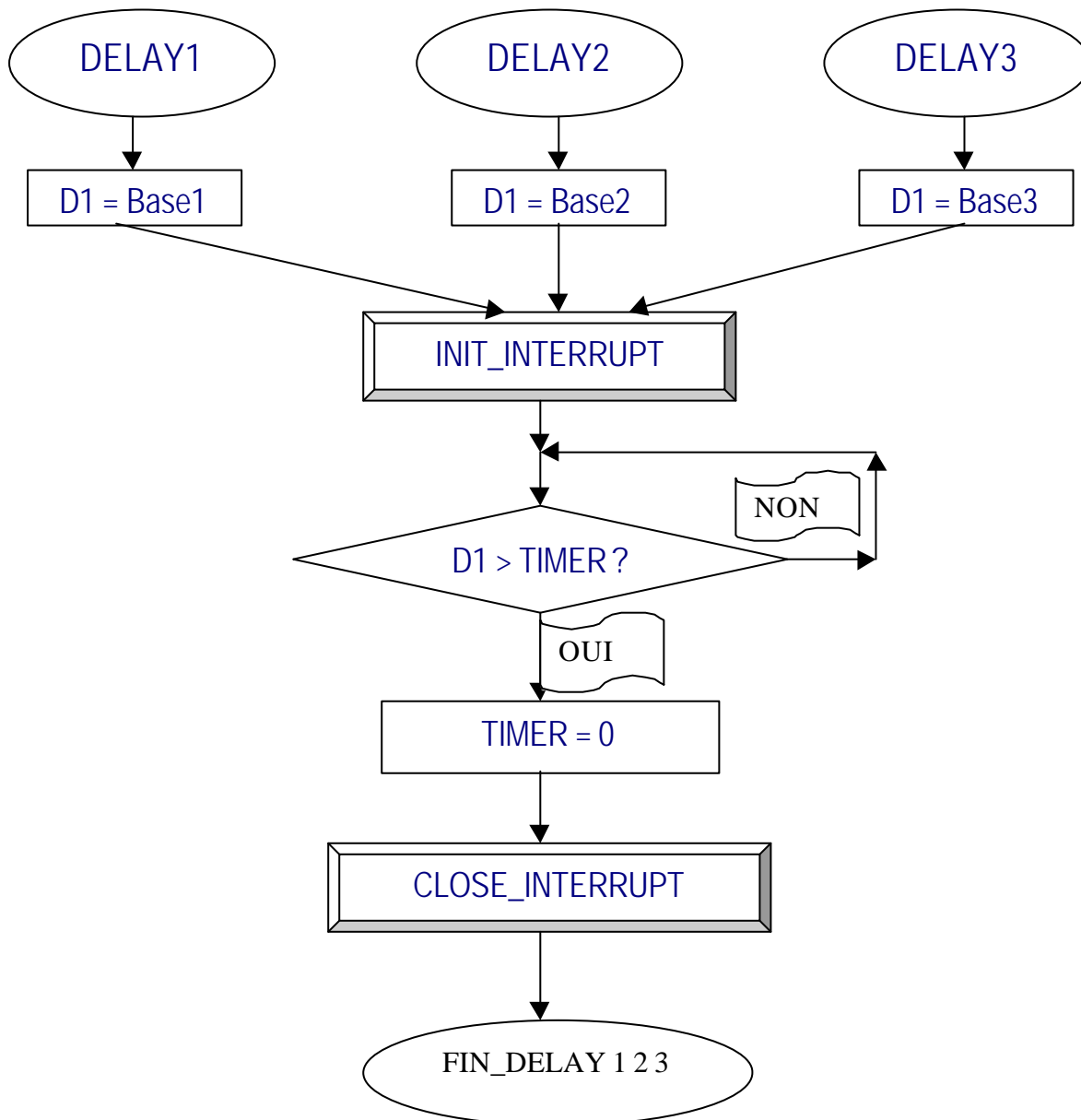
## 5.1 Algorithme du programme principal (suite)



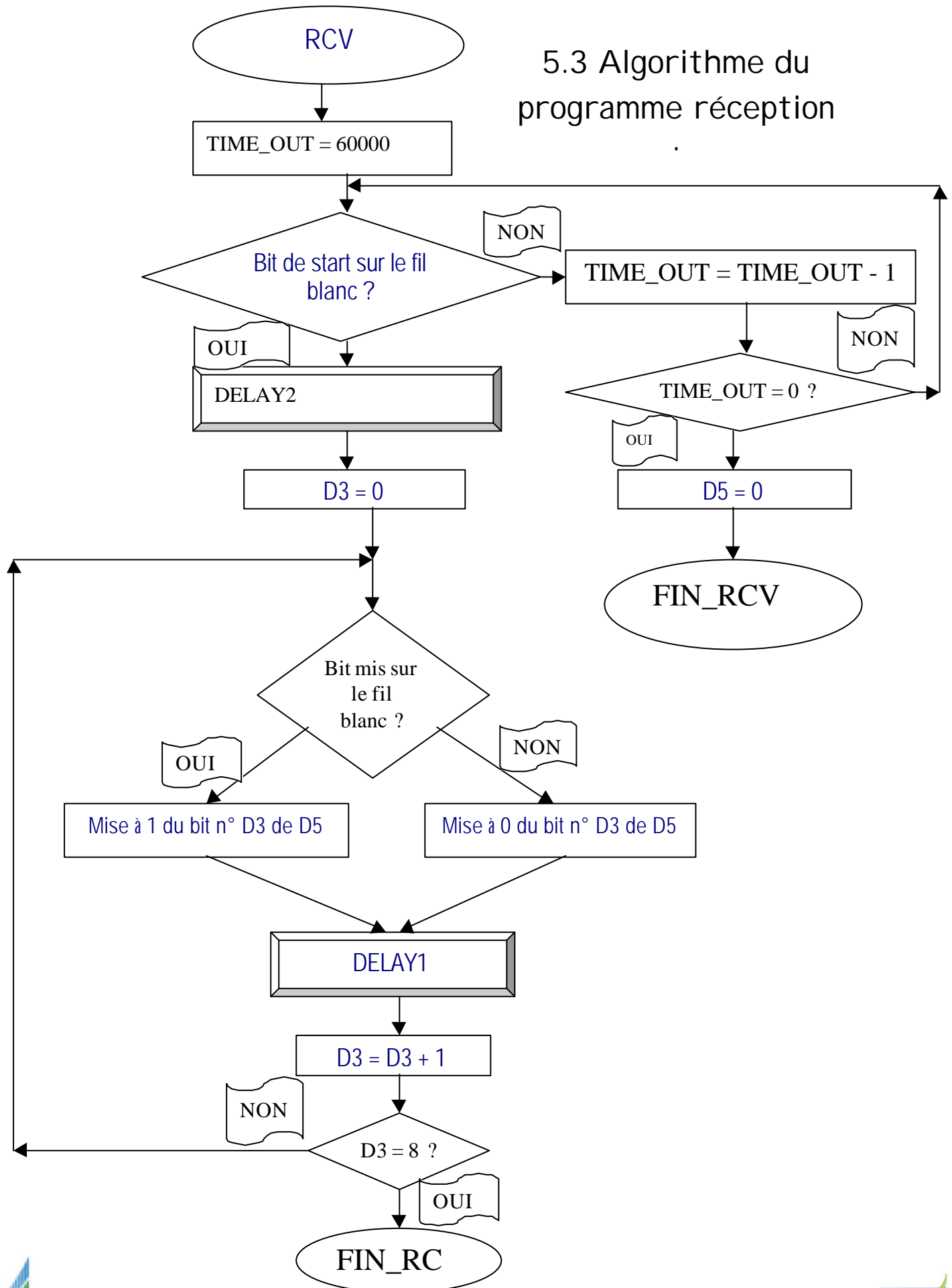
## 5.1 Algorithme du programme principal (fin !!)



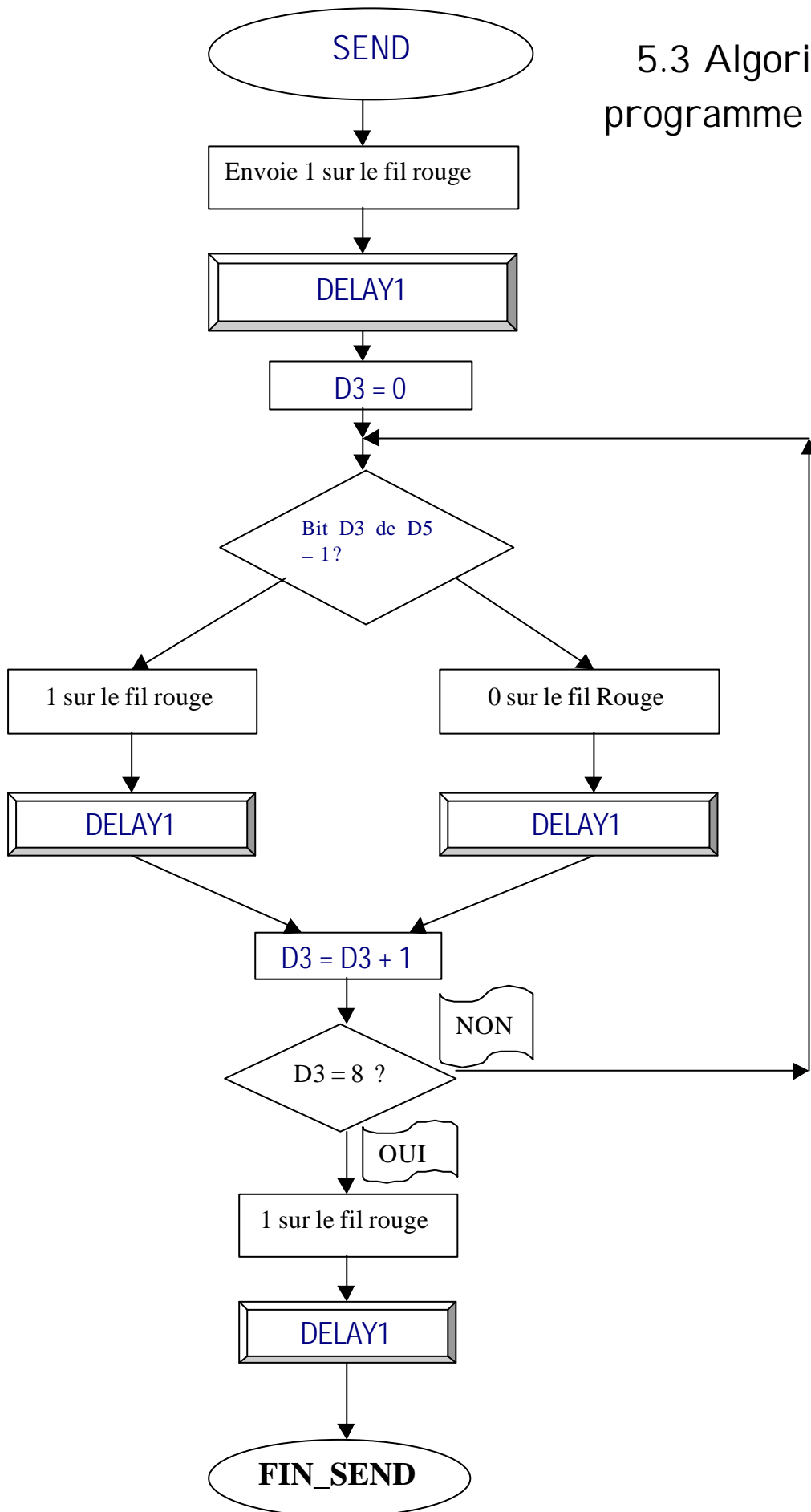
## 5.2 Algorithme du programme délais :



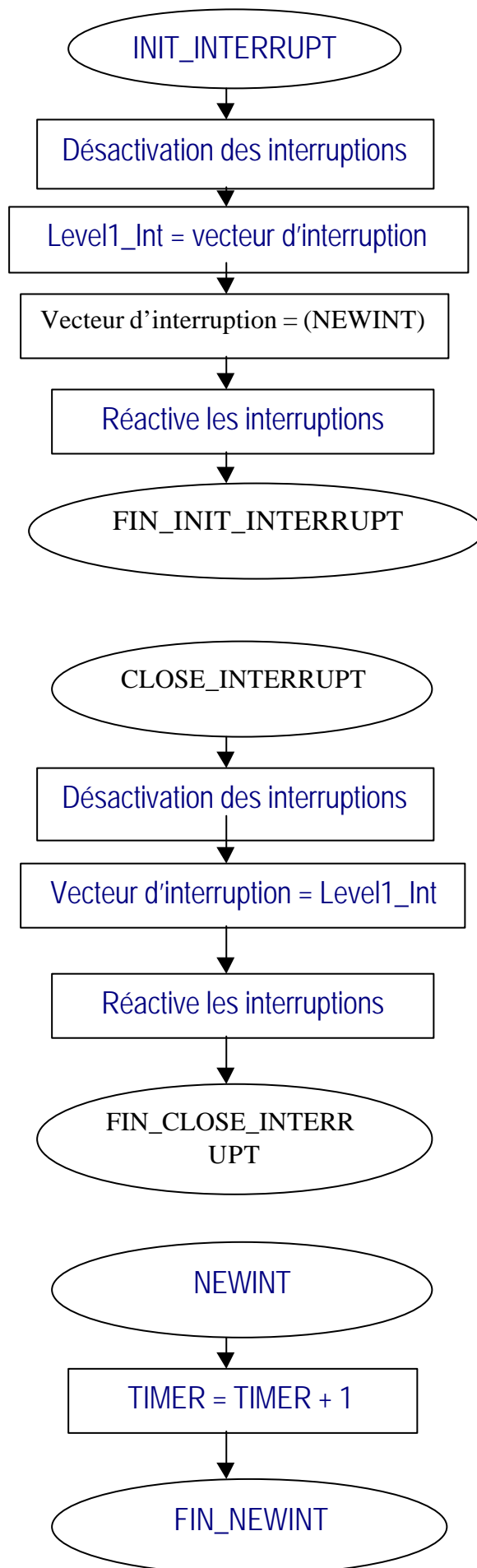
### 5.3 Algorithme du programme réception



## 5.3 Algorithme du programme émission :



### 5.3 Algorithme de la logique d'interruption :



### III.) Législation française, utilisations des fréquences

Le spectre des ondes-électromagnétiques a été arbitrairement découpé en un certain nombre de bandes.

C'est l'Union International des Télécommunications qui a la mission d'attribuer aux différentes classes d'utilisation (radiodiffusion amateur, armées, police, ...) les plages de fréquences ou canaux dans lesquels ils peuvent émettre. La largeur des canaux est choisie en fonction du type d'information à transmettre et du type de modulation.

→ La **bande de fréquence utilisée par notre interface** se situe dans la bande VHF « Very High Frequencies » 30-300MHz avec une largeur de 200-300 kHz entre chaque fréquence utilisée.

#### Répartition du spectre radio en France (en MHz)

26,065	26,505	CB (Bande A)
26,300	26,500	Tel. sans fil agréés
26,515	26,955	CB (Bande B)
26,965	27,405	CB (Bande C, légale en France)
27,415	27,855	CB (Bande D)
27,865	27,985	CB (bande E)
28,000	29,700	Radio-Amateurs

29,700	30,525	Armée
30,525	32,125	Réseaux prives
32,125	32,500	Armée
33,000	34,850	Armée
34,850	35,000	Réseaux prives
35,000	36,200	Réseaux prives
36,200	39,000	Armée
37,500	38,250	Radioastronomie
39,400	40,600	Réseaux prives
40,600	41,000	Armee
41,000	41,200	Radiocommande
41,500	47,000	Armee
50,200	51,200	Radio-Amateurs
51,200	60,000	Armée
60,000	68,000	Réseaux prives
68,000	68,460	Armée
68,4625	70,250	Réseaux prives/ Douanes
73,300	74,800	Armée (Gendarmerie)
74,800	75,200	Aviation (radiolocalisation)
75,300	77,475	Réseaux prives
77,475	80,000	Armée (Gendarmerie)
80,000	80,300	Réseau prives
80,300	82,475	Réseaux prives (Taxis)
82,475	83,000	Armée
83,000	87,300	Min.Int. (CRS/Police /Pompiers / SAMU)
87,500	108,000	Radiodiffusion (bande FM)
108,000	118,000	Armée / Aviation
118,000	136,000	Bande Aviation
136,000	138,000	Satellites météo
138,000	144,000	Armée
144,000	146,000	Radio-Amateurs

151,000	151,425	Réseaux prives
151,425	152,380	Réseaux prives
152,880	152,975	Réseaux prives
152,975	155,600	Réseaux prives
155,600	156,025	Réseaux prives
156,025	157,425	Bande Marine VHF
157,425	157,575	Réseaux prives
157,575	160,200	Réseaux prives
160,200	160,625	Réseaux prives
160,625	160,950	Bande Marine VHF
160,975	161,475	Réseaux prives
161,500	162,550	Bande Marine VHF
165,200	168,900	Réseaux 3RP IDF
169,800	173,500	Réseaux 3RP IDF
176,500	178,700	Radiocom 2000
178,700	181,100	Radiocom 2000
181,100	183,500	Radiocom 2000
184,500	186,700	Radiocom 2000
186,700	189,100	Radiocom 2000
192,500	194,700	Radiocom 2000
194,700	197,100	Radiocom 2000
197,700	199,500	Radiocom 2000
200,500	202,700	Radiocom 2000
202,700	205,100	Radiocom 2000
213,100	215,500	Radiocom 2000
216,500	218,700	Radiocom 2000
218,700	221,100	Radiocom 2000
221,100	223,500	Radiocom 2000
223,500	225,000	Radio-Amateurs (Outre-Mer)
328,000	355,000	Aviation (Sol)
406,000		Balises ARGOS

406,100	408,000	Réseaux privées
408,000	410,000	Réseaux privées
414,500	418,000	Radiocom 2000
418,000	420,000	Réseaux privées
424,500	428,000	Radiocom 2000
430,000	434,000	Radio-Amateurs
434,000	440,000	Radio-Amateurs
440,500	444,500	SFR
444,500	447,000	Réseaux privées
450,500	454,500	SFR
454,500	456,000	Min.Int.(CRS/ Police /Pompiers/SAMU)
456,000	457,675	Réseaux privées
457,675	458,225	SCNF
463,000	464,500	Réseaux privées
464,500	466,000	Min.Int.(CRS/Polices/Pompiers/SAMU)
466,000	467,625	Réseaux privées
470,000	614,000	Radiodiffusion (Bande V)
614,000	862,000	Radiodiffusion (Bande V)
864,000	868,000	Bi-Bop
884,000	890,000	Radiocom 2000
890,000	902,500	GSM Itineris
902,500	915,000	GSM SFR
929,000	935,000	Radiocom 2000
935,000	947,500	GSM Itineris
947,500	960,000	GSM SFR
1240,000	1260,000	Radio-Amateurs
1260,000	1300,000	Radio-Amateurs (satellite)
1525,000	1559,000	Inmarsat
1626,500	1660,500	Inmarsat
1710,000	1880,000	DCS 1800

## Remerciements

Il nous semble important de remercier toutes les personnes qui ont contribué à la bonne marche de notre projet. Nous remercions notre tuteur, Mr. Philippe ABBE, pour son soutien et sa disponibilité.

Nous remercions également Mr. LEBAIL pour ses cours et sa documentation sur la partie des oscillateurs. Sans oublier toutes les personnes qui, directement ou non, nous ont apporté une aide quelconque aussi bien en théorie qu'en pratique dont un de nos camarades, SCHUBLIN Emmanuel.

## Bibliographie, source

**Robert Du Bois** (partie théorique)

« *Structure et applications des émetteurs et des récepteurs* »

Documentation technique pour composants

[www.questlink.com](http://www.questlink.com)

Documentation sur la Ti89 :

[www.ti-cas.org/fr.htm](http://www.ti-cas.org/fr.htm)

[www.ti.com/calc/france/france.htm](http://www.ti.com/calc/france/france.htm)

<http://ti89.acz.org> (site de référence)

Union REF Union française des radioamateurs

<http://www.ref.tm.fr>

## Conclusion

Ce projet nous a été très profitable d'un point de vue de l'approfondissement des connaissances sur la CAO électronique ainsi que sur les principes d'émission et de réception d'un système de transmission numérique.

Ce projet a été particulièrement enrichissant, puisqu'il nous a permis d'avoir une vue d'ensemble sur une communication sans fil entre 2 systèmes numériques que sont les calculatrices Ti89, de la programmation en assembleur, la compréhension du système de modulation jusqu'à la réalisation de l'interface.

# Annexe

Schéma complet

Liste des composants

Code source du logiciel  
de communication

Documentation technique :  
*TDA7000 et TCM3105*