

# **TRAIN ÉLECTRIQUE ET AUTOMATISME OU INITIATION À LA ROBOTIQUE**

**Maurice AUMAÎTRE, Daniel BÔNE, Robert FESSLER, Philippe  
GRAILLOT, Georges MARCEAU**

## **INTRODUCTION**

Au sein du Club Micro Informatique, un groupe d'adultes a entrepris une recherche afin de montrer qu'il était possible d'utiliser un micro-ordinateur à d'autres fins que le traitement de textes, la gestion de fichiers ou la feuille de calcul.

Notre recherche s'est rapidement orientée vers la robotique et l'automatisme.

Le choix du train électrique comme support a uniquement été dicté par son aspect ludique et grand public.

Plusieurs membres de notre groupe enseignant la technologie en collège et ayant effectué leur stage de formation, nous avons réalisé un ensemble directement exploitable au niveau du collège, voir au niveau du cours moyen.

L'ensemble de la réalisation est décrit dans un livret qui explique chaque étape dans ses moindres détails (voir en annexe la table des matières).

## **DESCRIPTION SOMMAIRE DU PROCESSUS**

Dispositif permettant de trier des wagons selon la couleur de leur chargement et de rassembler les wagons ayant un chargement de même couleur sur une même voie, cette voie étant choisie au dernier moment.

## DESCRIPTION PHYSIQUE DU SYSTÈME

### Trois parties distinctes

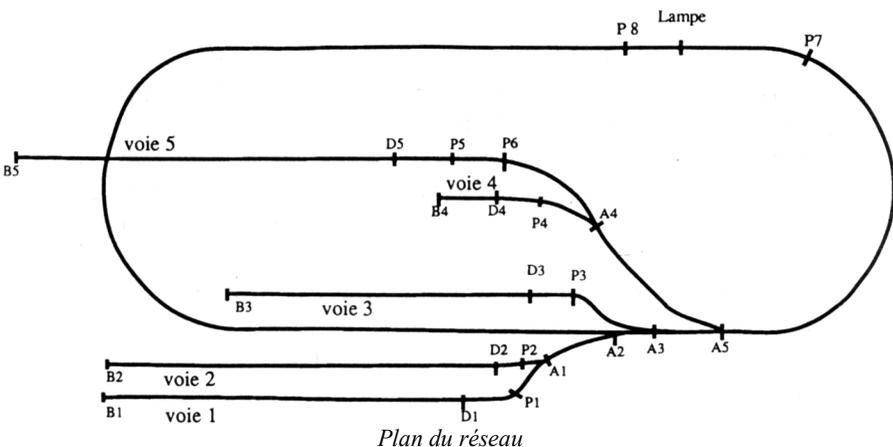
- une partie informatique composée d'un MO 5, d'un QDD ou Lecteur de disquettes, d'un moniteur.
- Un châssis regroupant toutes les cartes électroniques et le transformateur d'alimentation.
- Le réseau ferré miniature (HO)

Nous avons choisi le micro ordinateur MO 5 Thomson (c'était le plus employé au moment où nous avons entrepris notre réalisation).

Nous avons conçu et réalisé une carte interface permettant de gérer 36 E/S et son logiciel d'exploitation. Chaque fonction fait appel à des circuits électroniques complémentaires simples implantés sur des cartes imprimées.

Chaque fonction (commande d'aiguillage ou décrocheur, alimentation de la loco, détecteurs de wagons, détecteur passage convoi, détecteur contact butoir, lecture des couleurs du chargement) est réalisée par une carte électronique spécifique implantée dans le châssis.

Les différentes parties du réseau sont issues du commerce à l'exception du tunnel permettant la lecture des couleurs que nous avons fabriqué.



## FONCTIONNEMENT

### Les actionneurs

**La locomotive** : elle possède 2 mouvements Avant Arrière, 2 vitesses pour chaque mouvement.

**Les décrocheurs et les aiguillages** sont commandés électriquement (+ 22 v pendant une impulsion < 1 seconde (en pratique 0,4 s))

### Les capteurs

**La détection de la loco** aux différents points (P1 à P8 cf. plan du réseau) se fait par l'intermédiaire de relais REED placés sous la voie aux endroits correspondants. Ces relais sont activés par un aimant dissimulé sous la locomotive.

**La détection du train à l'extrémité des voies** est faite par l'intermédiaire de micro contacts fixés sur des butoirs (contacts de fin de course).

**La présence des wagons sur une voie** est détectée grâce à un résistor de très faible puissance (1/8 W) et de forte résistance (15 K $\Omega$ ) fixé entre les 2 roues d'un même essieu.

**La lecture des couleurs** : sous le tunnel, le chargement des wagons est éclairé en lumière blanche, il réfléchit cette lumière vers 2 cellules photorésistantes à travers un filtre monochromatique rouge pour l'une, bleu pour l'autre. La valeur de la résistance de ces deux cellules varie en fonction de l'intensité de lumière reçue. En comparant la valeur de ces résistances avec des valeurs étalonnées à l'avance, il est relativement facile de déterminer la couleur du chargement.

Chaque fonction est gérée par une routine en langage assembleur qui peut être appelée facilement par

$$X = \text{USRn}(Y)$$

**n** étant le numéro de la routine

n = 0 pour la commande Loco

1 pour les capteurs convoi

2 pour les contacts butoirs

3 pour les commandes d'aiguillage

4 pour la commande des décrocheurs

5 pour la lecture des couleurs

6 pour le test de présence des wagons.

**Y** est un nombre entier tel que :

$$Y = \text{NUMERO} + 256 \times \text{POS}$$

**NUMÉRO** : chaque capteur, chaque contact, chaque aiguillage, chaque point de passage, chaque décrocheur, chaque voie est doté d'un numéro (voir schéma)

**POS** : 1 si en position active, 0 si au repos

**Exemple 1** : Pour mettre le décrocheur n° 3 en position haute, on écrit :

$$X = \text{USR4} (3 + (256 \times 1)) \text{ où } X = \text{USR4} (259)$$

n° de routine
position haute  
n° du décrocheur

**Exemple 2** : Pour mettre l'aiguillage 5 en position changement de voie

$$X = \text{USR3} (5 + (256 \times 1)) \text{ où } X = \text{USR3} (261)$$

*USR3 car routine n°3, 5 car aiguillage n°5, position 1 car changement de voie.*

n.b. : par convention :

0 correspond à un aiguillage permettant d'aller tout droit

1 correspond à un aiguillage permettant de changer de voie.

**Exemple 2 bis** : Pour mettre l'aiguillage 5 en "position aller tout droit"

$$X = \text{USR3} (5 + (256 \times 0)) \text{ où } X = \text{USR3} (5)$$

USR3 car routine n°3, 5 car aiguillage n°5, position 0 car tout droit.

## POSSIBILITÉS D'UTILISATION PÉDAGOGIQUE

### EN MODE AUTOMATIQUE

#### *Objectif*

Faire découvrir aux enfants les différentes fonctions utilisées, repérer les différents capteurs et actionneurs, retrouver leur rôle. Retrouver le sens de circulation des différentes informations

#### *Déroulement*

Nous avons écrit un programme en langage BASIC qui permet l'observation de la maquette en fonctionnement :

*Dans une première étape*, l'ordinateur détecte la présence ou non de wagons sur les voies de garage secondaires (lors d'une première observation, il est judicieux de laisser une voie sans wagon de

façon à montrer que la locomotive ne se rend pas sur celle-ci). En cas de présence, la locomotive va les chercher et les regroupe sur la voie de garage principale.

*Dans une deuxième étape*, la locomotive fait passer le wagon nettoyeur sur les voies dégagées.

*Dans une troisième étape* l'ordinateur demande à l'observateur d'affecter à chaque voie secondaire une couleur de chargement.

*Dans une quatrième étape*, la locomotive va chercher le premier wagon du convoi sur la voie de garage principale, le conduit sous le tunnel où la couleur de son chargement est détecté, puis le dirige sur la voie de garage correspondant à la couleur trouvée. Elle recommence tant que le système détecte la présence d'au moins un wagon sur la voie de garage principale.

*Dans une cinquième étape*, la loco passe le wagon nettoyeur sur la voie de garage principale désormais libre.

*Fin du cycle*

Tout au long du déroulement de l'automatisme, le plan du circuit et les couleurs choisies pour les voies apparaissent à l'écran ainsi que des messages indiquant en clair ce qui se passe sur la maquette (exemple : arrêt au point 7, aiguillage 1 ouvert, loco arrière petite vitesse, arrêt butoir 1, etc.)

Suite à cette observation et à l'inventaire des différents éléments constituant l'ensemble, il est facile, d'après l'exemple de retrouver le rôle de chaque partie et d'expliquer le mode de dialogue qui s'est établi entre la maquette et l'ordinateur. Ce dialogue sera encore plus explicite après avoir utilisé le mode direct.

## **EN MODE DIRECT**

### **Objectif**

Faire fonctionner l'ensemble par commandes primaires (aiguillage 2 à 0, présence au point 6, avancer petite vitesse, etc...) afin de bien connaître toutes les possibilités et de bien voir le sens de circulation de l'information selon que celle-ci soit donnée par un capteur ou par l'ordinateur.

## Déroulement

Le logiciel TESTRAIN.BAS utilisé permet une commande de la maquette directement à partir du clavier.

Sur l'écran s'affiche un tableau (voir copie d'écran) rappelant le mode d'accès à chaque fonction et indiquant la valeur des paramètres de retour, s'il y a lieu . (exemple, en cas de test des couleurs, 0 pour vert, 2 pour bleu, 3 pour rouge, 1 en cas de présence de wagons, 0 en cas d'absence ).

Il est donc possible de tester chaque fonction en entrant à chaque fois trois caractères sur le clavier et de faire fonctionner la maquette par actions successives , par exemple, tester la présence de wagons voie 1, si oui, aller les chercher pour les ramener en p7.

Quelle fonction voulez-vous tester ?

L : Locomotive	allure	0
A : Aiguillage	numéro	0 ou 1
D : Décroqueur	numéro	0 ou 1
W : Présence wagon	n° voie	0
P : Passage convoi	n° point	allure
B : Butoir	0	0
C : Couleur	0	0

0 : Arrêt	3 : AR/PV	0 : Repos
1 : AV/PV	4 : AR/GV	1 : Travail
2 : AV/GV	Entrez 3 caractères	

**E** paramètres d'entrée

**S** paramètres de sortie

*Copie d'écran*

ENTRER

OBSERVER

W11	Y-a-t-il des wagons voie 1 (réponse 1 pour oui, 0 pour non)
A11	aiguillage 1 changement de voie
A21	aiguillage 2 changement de voie
L31	Loco arrière petite vitesse

B10	Arrêt butoir 1
L11	Loco avant petite vitesse
P70	Arrêt loco point 7
A10	aiguillage 1 tout droit
A20	aiguillage 2 tout droit

Ce travail peut être un travail collectif, un élève jouant le rôle d'opérateur, les autres lui dictant les ordres et contrôlant la bonne exécution par observation directe.

Ce type de travail outre le fait d'instaurer un dialogue permet aux élèves de bien comprendre le fonctionnement de l'ensemble et les amènera facilement à la notion d'algorithme qui débouche sur le grafcet dont l'esquisse pourra au fur et à mesure être inscrite au tableau. Ce travail amenant tout naturellement à l'étape suivante qui est constitution du grafcet à partir d'un projet choisi. Il ne reste plus qu'à passer au mode programme : c'est à dire traduire le grafcet en instructions BASIC.

## EN MODE PROGRAMME

### Objectif

Utiliser l'ordinateur comme machine programmable en appelant les différentes routines assembleur mises préalablement en mémoire.

### Déroulement

Après avoir expliqué aux enfants le "code employé" (voir tableau), définir un objectif de travail pour le train.

Par exemple :

- tester la présence de wagons sur une voie,
- en cas de réponse positive, aller le chercher,
- le conduire sur une autre voie,
- en cas de réponse négative, aller chercher le wagon nettoyeur et le faire passer sur la voie libre,
- remettre tous les paramètres à zéro.

A partir de cet objectif, écrire l'algorithme, réaliser le grafcet, puis traduire celui ci en instructions BASIC. Le programme pouvant être réalisé par groupe, chaque groupe allant le tester directement sur la maquette.

Fonction	Commande BASIC	Paramètres d'entrée		Paramètres de sortie	
		NUMERO	POS	NUMERO	POS
Commande  Loco	USR0(n)	0	0 : Arrêt 1 : Avant lent 2 : Avant rapide 3 : Arrière lent 4 : Arrière rapide	Sans objet	Sans objet
Capteur convoi	USR1(n+256xPOS)	1 à 8 N° du capteur testé	0 à 4 Allure de la loco souhaitée	Sans objet	Sans objet
Contact butoir = Arrêt du train	USR2(n)	1 à 5 N° du butoir testé	0 (arrêt loco)	Sans objet	Passé à 0 (arrêt loco)
Commande aiguillage	USR3(n+256xPOS)	1 à 5 N° de l'aiguillage commandé	0 : droit 1 : dévié	Sans objet	Sans objet
Commande décrocheur	USR4(n+256xPOS)	1 à 5 N° du décrocheur	0 : baissé 1 : levé	Sans objet	Sans objet
Test couleur	USR5(0)	0	Sans objet	0 : vert 2 : bleu 3 : rouge	Sans objet
Présence wagon	USR6(n)	1 à 5 N° de la voie	Sans objet	1 : wagon 0 : pas de wagon	Sans objet

*Tableau des paramètres*

Ce travail a été réalisé par le groupe "robotique" du Club Micro Informatique Boischaut, et a été sélectionné par le ministère de la Jeunesse et des Sports lors de son appel d'offre de 1988. Les collègues intéressés par les logiciels (cassettes : 80 FF; disquettes 5"1/4 : 100 FF; QDD : 100 FF) peuvent écrire à CMIB - BP 102 - 18200 Saint Amand.

AUMAÎTRE Maurice, BÔNE Daniel,  
FESSLER Robert, GRAILLOT Philippe,  
MARCEAU Georges,

**ANNEXE****SOMMAIRE DU LIVRET**

1 / BESOIN	Page 1
2 / ANALYSE TECHNIQUE	Page 1
2.1 Fonction d'ensemble	
2.2 Milieux associés	
2.2.1 Milieu humain	
2.2.2 Milieu physique	
2.2.3 Milieu technologique	
3 / CHOIX DU MATERIEL	Page 2
3.1 Actionneurs	
3.1.1 Locomotive	
3.1.2 Décrocheurs	
3.1.3 Aiguillages	
3.2 Capteurs	
3.2.1 Présence loco	
3.2.2 Présence train à l'extrémité des voies	
3.2.3 Présence des wagons sur les voies	
3.2.4 Lecture des couleurs	
3.3 Rôle du micro ordinateur	
4 / POURQUOI AVOIR CHOISI CE MATERIEL	Page 3
4.1 Présence loco	
4.2 Présence train à l'extrémité des voies	
4.3 Présence wagons sur la voie	
4.4 Lecture des couleurs	
4.5 Micro ordinateur	
5 / GRAFCET DE NIVEAU 1	Page 5
6 / GRAFCET DE NIVEAU 2	Page 6
7 / DIAGRAMME FONCTIONNEL	Page 7
8 / UNITE DE COMMANDE ET DE CONTROLE	Page 8
8.1 Structure mécanique	
8.2 Caractéristiques électriques	
8.3 Fonctionnement	
8.3.1 Carte de commande d'électro	
8.3.2 Carte présence wagons	
8.3.3 Carte lecture des couleurs	
8.3.4 Carte localisation	
8.3.5 Carte commande traction	
8.3.6 Carte alimentation	
8.3.7 Carte Entrées/Sorties	
9 / PROGRAMMES INFORMATIQUES	Page 10
10/ DESCRIPTION DES CARTES	Page 22
10.1 Carte commande d'électro	
10.2 Carte présence wagons	
10.3 Carte lecture couleur	
10.4 Carte localisation	
10.5 Carte commande traction	
10.6 Carte alimentation	
10.7 Carte Entrées/Sorties	
10.8 Câblage	
11/ TYPONS - PLANS D'IMPLANTATION DES COMPOSANTS - ANNEXE 22 feuillets	