

Développement sur FPGA d'un système d'aiguillage pour centrale DCC

Sommaire

- 1) Objectifs**
- 2) Aspects techniques et architecture**
- 3) Outils**
- 4) Activités et planning du projet**
- 5) Validation et avancement du projet**

Objectifs

- Porter la centrale DCC de la carte *spartan 6* à la carte *nexys 4 DDR*.
- Ajouter la gestion en sécurité des aiguillages et de l'espacement
- Ajouter l'automatisation des trains

Sommaire

1) Objectifs

2) Architecture et aspects techniques

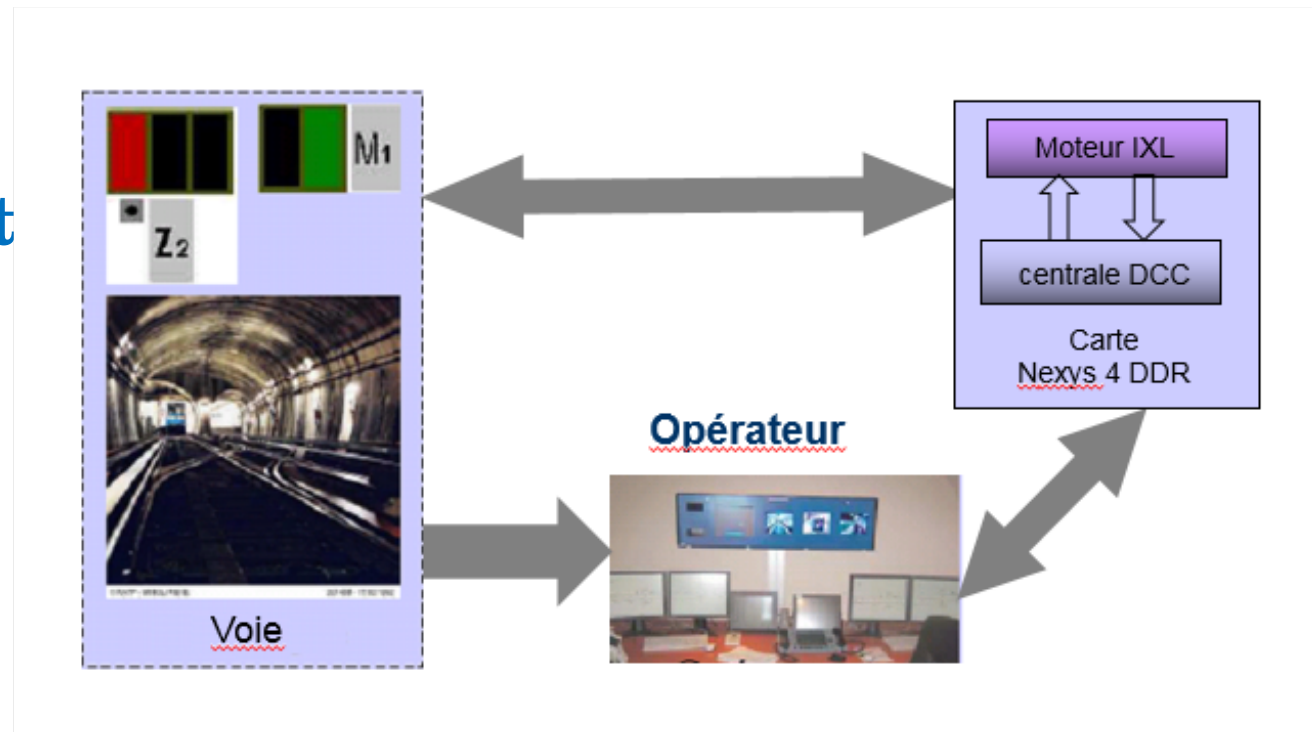
3) Outils

4) Activités et planning du projet

5) Validation et avancement du projet

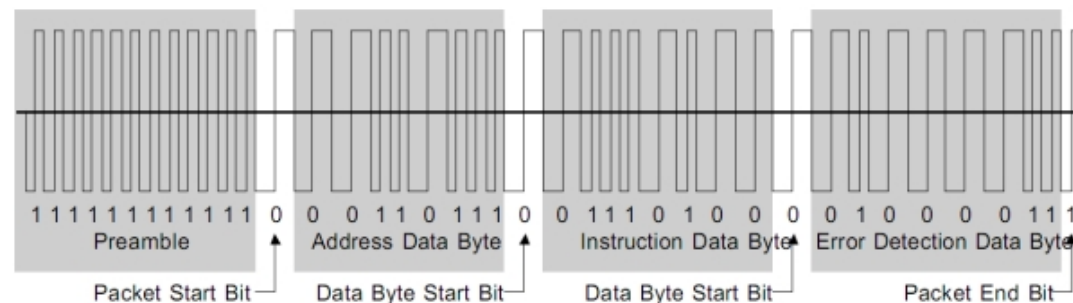
Le système ferroviaire

- La voie et les trains
- Le Poste de Commande Centralisé et les opérateurs
- Système d'enclenchement (informatisé ou non)



Aspects techniques - Protocole DCC

- **Permet de communiquer entre la carte FPGA et les différents trains et équipement de voies**
- **Liaison série bi-directionnelle qui passe par les rails**
- **Chaque équipement (aiguille, capteur, train...) possède un numéro**

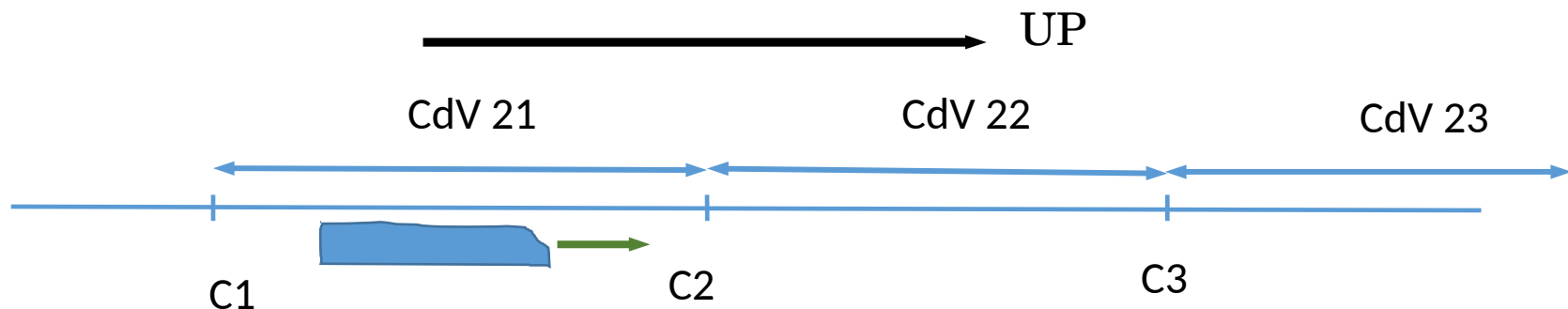


Aspects techniques : Système d'enclenchement (IXL)

- **Permet de commander les aiguilles et les signaux en sécurité.**
- **Pas de signaux sur le circuit -> Remplacement par une commande train**
 - Ø **Marche -> voie libre, aiguille enclenchée.**
 - Ø **Arrêt -> voie occupée, aiguilles ouvertes.**
- **Les aiguilles ne sont pas commandées unitairement : notion d'itinéraire**

Aspects techniques : Système d'enclenchement (IXL)

- **Système d'enclenchement sont des systèmes génériques**
- **Spécification du comportement par des équations booléennes**



$CdV22 := \text{Not } (C2\text{sens_up}) \text{ or } \text{Not } (C3\text{sens_down})$

$CdvXX = 0$: Occupé, 1 : libre

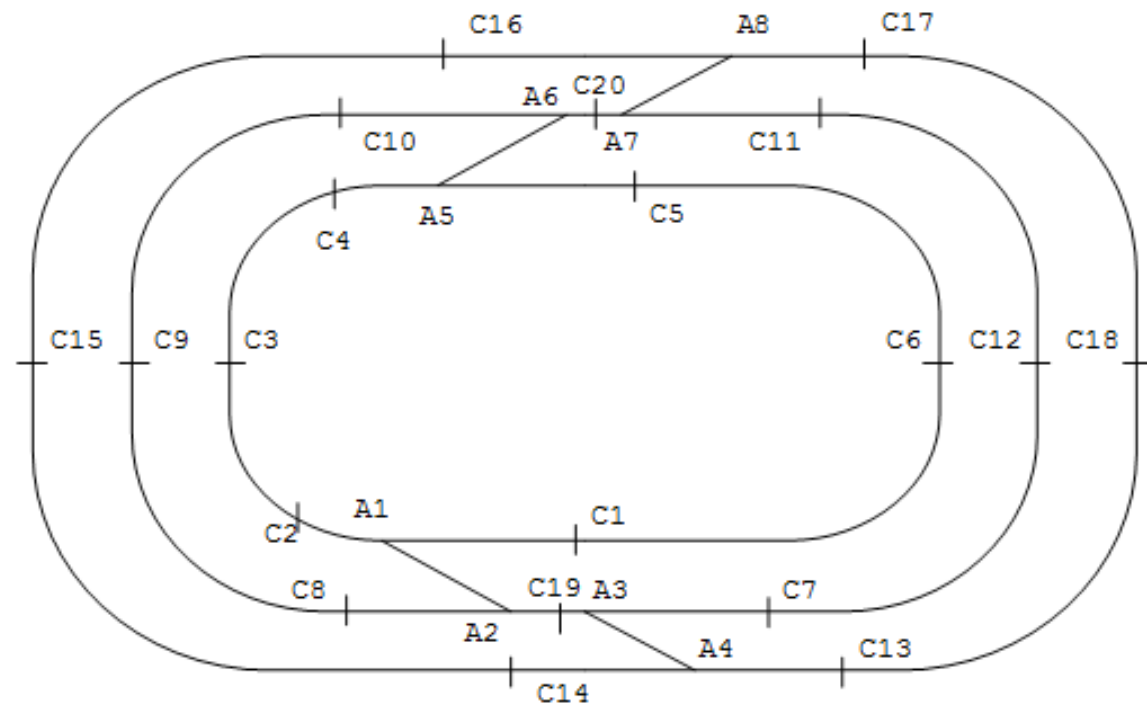
$Cxsens_up$ = message reçu du capteur x dans le sens up

$Cxsens_down$ = message reçu du capteur x dans le sens down

Architecture générale du circuit

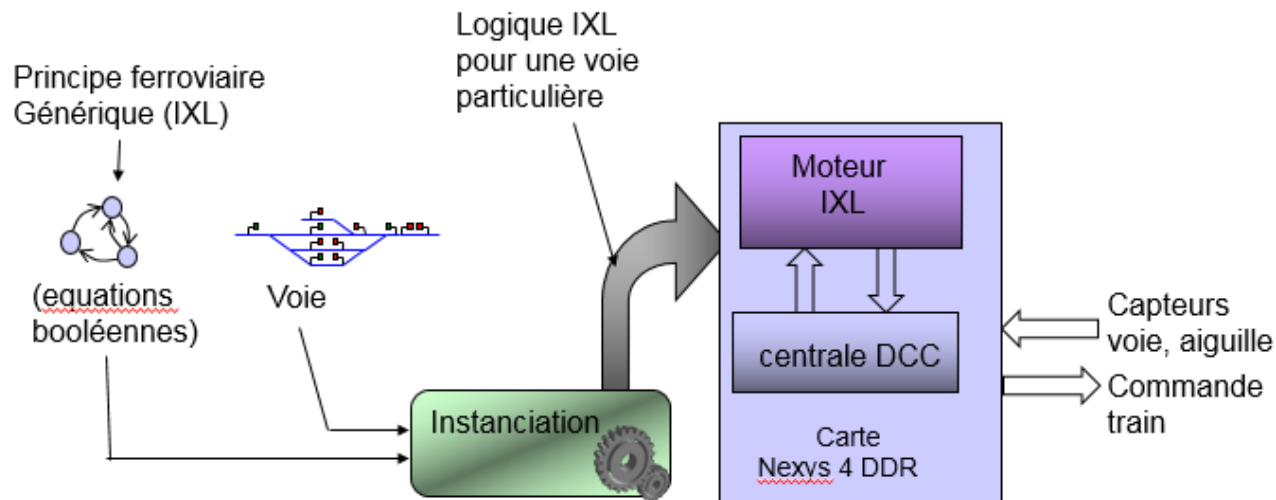
L'installation est composée de :

- Ø 3 circuits imbriqués
- Ø 4 paires d'aiguillages
- Ø 20 capteurs



Architecture générale du projet

- **La centrale DCC pour les commandes à la voie et aux trains**
- **Le moteur d'enclenchement**
- **Les équations logiques**
- **La traduction des équations logiques**



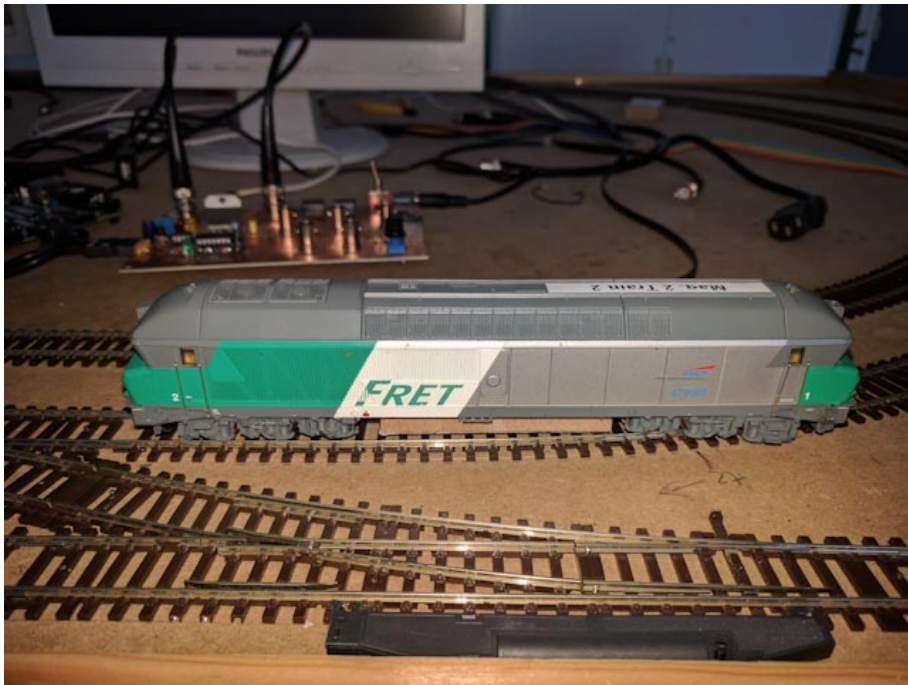
Architecture générale : Capteurs

Chaque locomotive possède une adresse sous forme de code barre

- ∅ **Préambule : 2 bandes noires**
- ∅ **Adresse : le nombre de bandes noires correspond à l'adresse du train**
- ∅ **Epilogue : 3 bandes noires**

Architecture générale : Capteurs

Récupération de l'information



Sommaire

- 1) Objectifs
- 2) Architecture et aspects techniques
- 3) Outils
- 4) Activités et planning du projet
- 5) Validation et avancement du projet

Outils

Carte Nexys 4 DDR : plateforme de développement

Locomotive jouef Fret SNCF

Logiciel Vivado

VHDL : Language de description des différentes IP

GIT : Gestion de configuration

Latex : Rédaction des documents

Ocaml : Génération de la logique d'enclenchement

Sommaire

- 1) Objectifs
- 2) Architecture et aspects techniques
- 3) Outils
- 4) Activités et planning du projet
- 5) Validation et avancement du projet

Etapes du projet

Etape 1

- > Portage de la centrale *DCC*
- > Définition des interfaces *DCC-IXL*, *DCC-IHM*,
DCC-capteurs
- > Portage de la gestion des *capteurs*
- > Création d'une *IHM*

Etapes du projet

Etape 2

--> Ajout de la gestion des aiguillages

**-> gestion individuelle des aiguillages par
switchs**

-> gestion des aiguillages par itinéraires

Etapes du projet

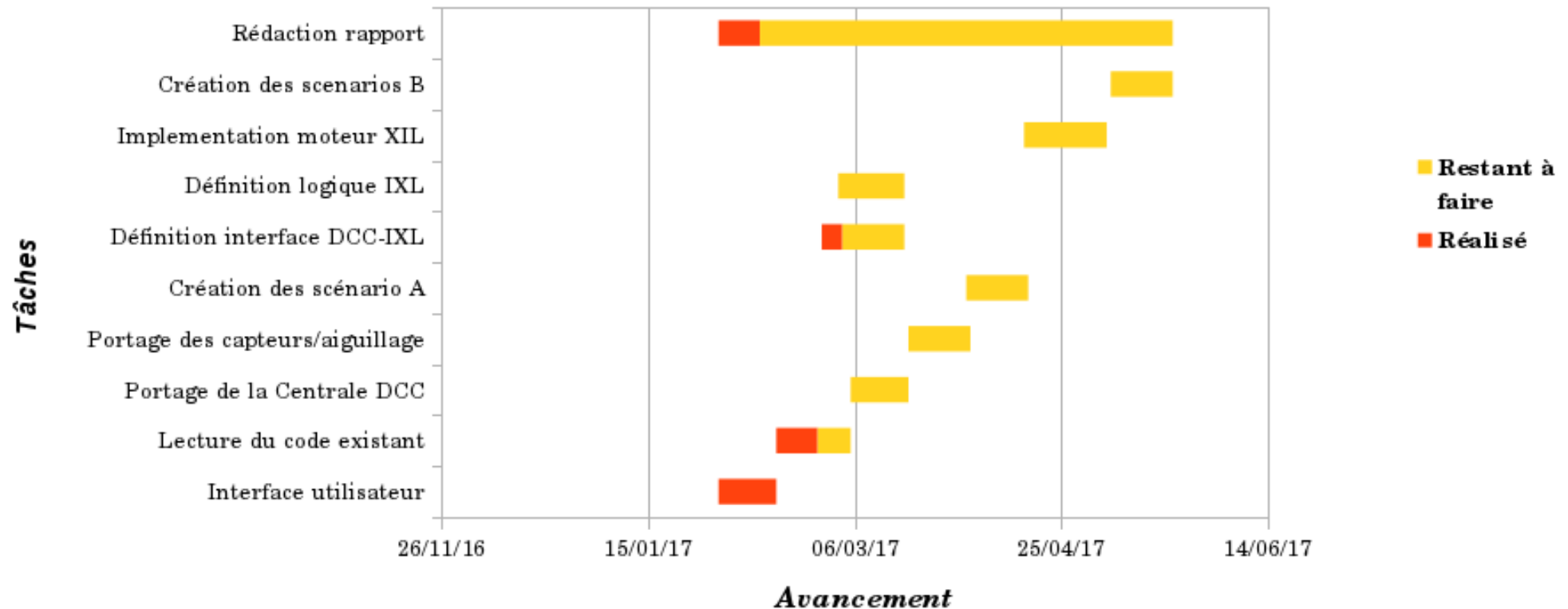
Etape 3

- > Avec aiguillages et capteurs
- > Définition des équations booléennes
- > Développement du générateur IXL en OCaml
- > Intégration du moteur IXL et de la centrale DCC
- > Gestion de la commande des trains

- > Études de différents scénarios

Planning prévisionnel

Diagramme de Gantt psesi



Sommaire

- 1) Objectifs
- 2) Architecture et aspects techniques
- 3) Outils
- 4) Activités et planning du projet
- 5) Validation et avancement du projet

Validation

Scénarios sans capteurs (Etape 1 et 2)

- > 1 train doit passer de la voie A à la voie B.
- > 2 trains sur la *voie A*, le premier passe sur la *voie B*, le second reste sur la *voie A*

Synchronisation humaine sans enclenchement.

→ Validation de la centrale DCC

Validation

Scénarios avec capteurs et logique d'enclenchement (Etape 3)

- > 1 train doit passer de la voie A à la voie B.
- > 2 trains sur la voie A, le premier passe sur la voie B, le second reste sur la voie A

Validation

Scénarios avec capteurs et logique d'enclenchement (Etape 3)

-> **Train 1** sur la voie A qui s'arrête dans la zone d'aiguillage,

Train 2 sur voie B qui tente de passer en voie A,

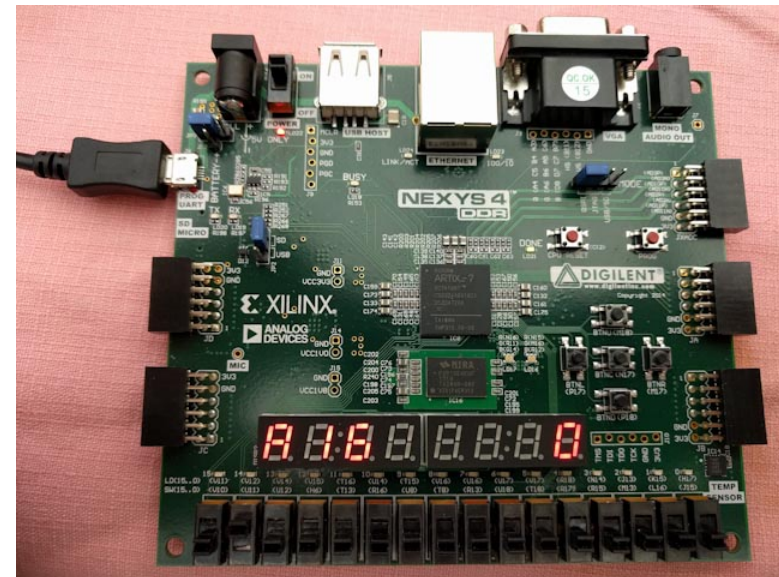
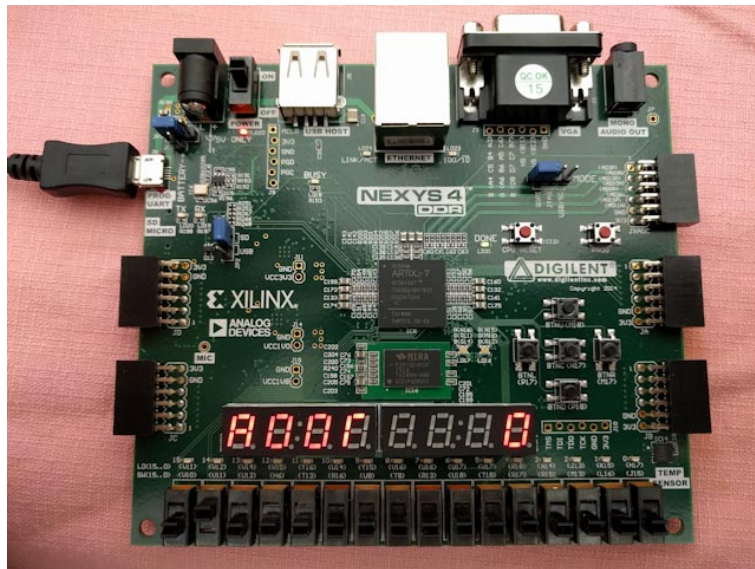
Après un temps le **Train 1** redémarre ;

Train 2 qui peut passer en voie A.

→ Validation de la sécurité de la logique
enclenchement

Avancement

--> IHM réalisée



--> centrale DCC portée

Conclusion

- **Projet ambitieux mais objectifs réalisables**
 - > **Améliorations en VHDL et en développement FPGA.**
 - > **Intégrations de parties très différentes (capteurs, DCC, IXL, équations d'enclenchement...)**

So far, so good.