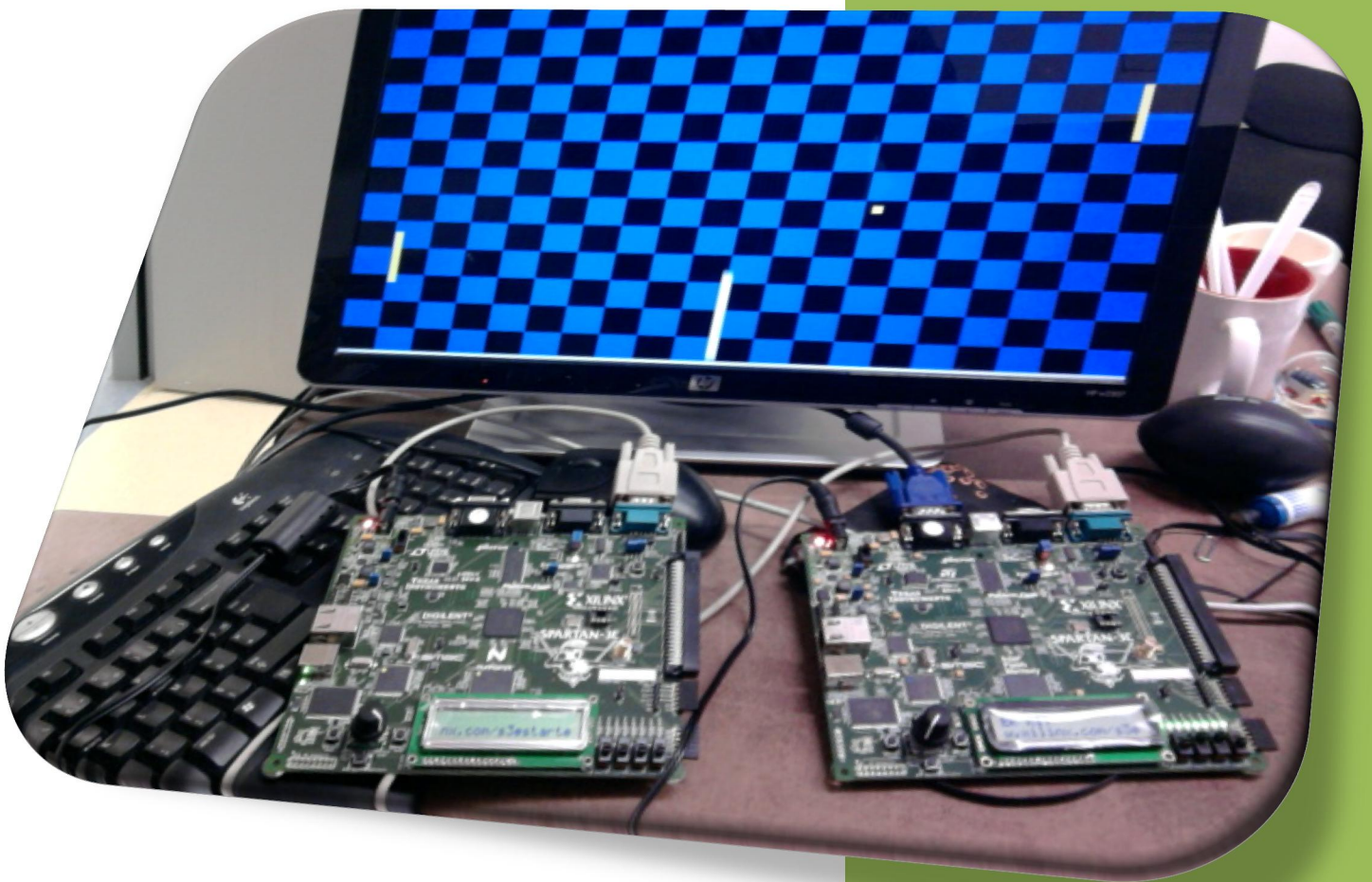


Console PMC-E201 sur FPGA



Manuel Utilisateur + Carte FPGA

Julien Denoulet

3E201 - Mini Projet – Console PMC-E201

Printemps 2013

PRESENTATION GENERALE DE LA CONSOLE PMC-E201

1) Introduction

La console PMC-E201 contient deux jeux comptant parmi les plus célèbres de l'histoire des jeux vidéo

- Casse-Briques (pour 1 joueur)
- Pong (pour 2 joueurs)

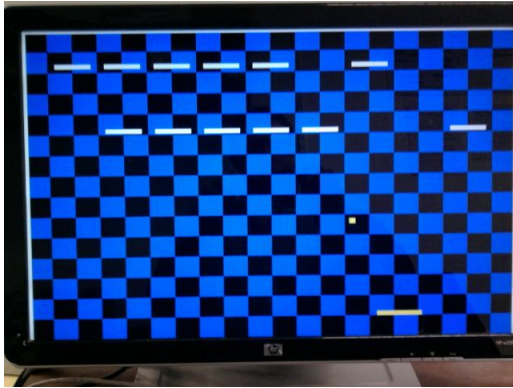


Figure 1 – Casse Briques

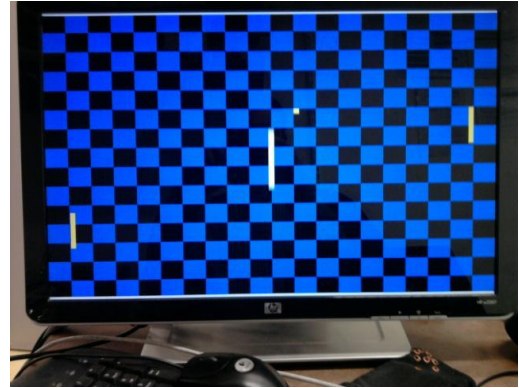


Figure 2 – Pong

L'utilisateur peut à tout moment choisir le jeu auquel il a envie de jouer, fixer un certain nombre d'options (vitesse de la balle, taille des raquettes...) et également configurer la PMC-E201 en mode console ou en mode manette.

Pour le Casse-Briques, le joueur utilise une manette de jeu présente sur la console. Pour le jeu Pong, il faut utiliser deux PMC-E201 : l'une en mode console, et l'autre en mode manette. La manette se connecte à la console via le connecteur RS-232.

L'affichage se fait sur un écran grâce à la sortie VGA de la console.



Figure 3 : Borne d'arcade originale du jeu Pong (1972)



2) Présentation des jeux



Figure 4 : Borne d'arcade jeu Casse Briques (1975)

- **Casse Briques**

- Le principe général de ce jeu est de détruire, à l'aide d'une balle, un ensemble de briques se trouvant dans la partie supérieure de l'écran.
- Pour cela, le joueur contrôle une raquette qu'il peut seulement déplacer sur un axe horizontal au bas de l'écran.
- Le but est d'empêcher la balle de franchir cette ligne en la frappant avec la raquette.
- Si le joueur ne parvient pas à rattraper la balle :
 - il perd la partie. Cela se traduit par un écran rouge pendant quelques secondes.
 - La balle est alors remise en jeu pour donner une nouvelle chance au joueur.
- Si le joueur parvient à casser toutes les briques,
 - La partie est gagnée. L'écran devient entièrement vert.
 - Pour recommencer une partie, il faut réinitialiser le jeu en faisant un Reset de la console
- Il y a par ailleurs plusieurs options de jeu :
 - Réglage de la taille de la raquette
 - Réglage de la vitesse de la balle
 - Mise en pause du jeu

- **Pong**

- Pong est une simulation simpliste de tennis de table (ping-pong) qui se joue à deux.
 - Le 1^{er} joueur utilise l'encodeur rotatif de la PMC-E201 configurée en mode Console.
 - Il contrôle ainsi la raquette située à gauche de l'écran
 - Le 2^{ème} joueur utilise l'encodeur rotatif d'une autre PMC-E201, configurée en mode Manette, et reliée à l'autre PMC-E201 via le port série.
 - Le 2^{ème} joueur contrôle la raquette située à droite de l'écran.
- Une balle se déplace à travers l'écran, rebondissant sur les rebords du haut et du bas
- Les deux joueurs commandent chacun une raquette, la faisant glisser verticalement entre les extrémités de l'écran.
- Si la balle frappe la raquette, elle rebondit vers l'autre joueur.
- Si le joueur manque la balle avec sa raquette, il perd la partie. Cela se traduit par un écran rouge pendant quelques secondes.
- Il y a par ailleurs plusieurs options de jeu :
 - Réglage de la taille de la raquette
 - Réglage de la vitesse de la balle
 - Insertion d'un obstacle mobile au milieu de l'écran. Si la balle rebondit contre cet obstacle, elle repart dans le sens inverse.
 - Mise en pause du jeu



3) Interface joueur

L'interface joueur de la PMC-E201 est composée de (Figure 5):

- 4 interrupteurs :
 - o **S3, S2, S1** et **S0**.
 - o **S3** est l'interrupteur le plus à gauche.
- 4 boutons poussoirs
 - o **Nord, Sud, Est, Ouest**
- 1 encodeur rotatif
 - o Il tourne vers la gauche ou vers la droite
 - o Il est également équipé d'un bouton poussoir

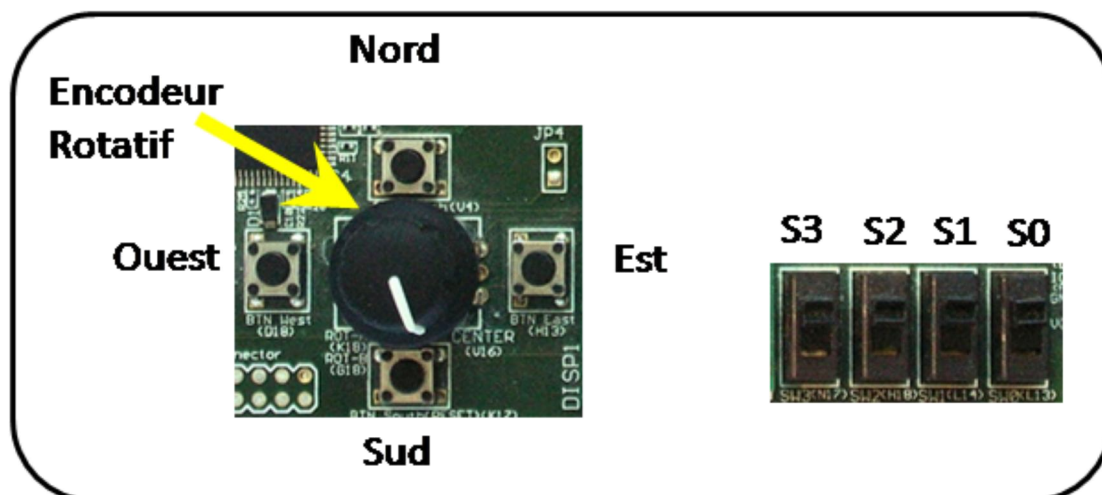


Figure 5 : Interface joueur de la PMC-E201

- **Commandes générales de la PMC-E201**
 - o **S0** : Commande Marche/Arrêt de la console
 - Interrupteur vers le bas → Arrêt
 - Interrupteur vers le haut → Marche
 - o **Ouest** : Reset système
 - Actif si on appuie sur le bouton
 - Permet de redémarrer une nouvelle partie de Casse Briques après une partie gagnée.
 - o **Sud** : Sélection du mode de la PMC-E201
 - L'appui sur le bouton permet de passer du mode Console au mode Manette et inversement.
 - En mode console, les LEDs de la carte sont allumées
 - En mode manette, les LEDs de la carte sont éteintes
 - o **Nord** ou **Est** : Sélection du jeu actif
 - L'appui sur l'un des boutons permet de passer du jeu Casse Briques au jeu Pong et inversement.
 - o **Bouton poussoir de l'encodeur rotatif** : Mise en pause du jeu.
 - L'appui sur le bouton permet de mettre le jeu en pause.
 - Un nouvel appui permet de reprendre le jeu.

- **Commandes communes aux deux jeux**
 - **S3** : Commande de la taille des raquettes
 - Interrupteur vers le bas → Raquettes courtes
 - Interrupteur vers le haut → Raquettes longues
 - **S2** : Commande de la vitesse de la balle
 - Interrupteur vers le bas → Vitesse lente
 - Interrupteur vers le haut → Vitesse rapide
- **Commande spécifique au jeu Casse Briques**
 - **Encodeur rotatif**: Déplacement horizontal de la raquette
 - La raquette prendra une direction selon le sens de rotation de l'encodeur.
- **Commandes spécifiques au jeu Pong**
 - **Encodeur rotatif (pour les deux joueurs)**: Déplacement vertical de la raquette
 - La raquette prendra une direction selon le sens de rotation de l'encodeur.
 - **S1** : Ajout d'un obstacle mobile
 - Interrupteur vers le bas → Pas d'obstacle
 - Interrupteur vers le haut → Présence d'un obstacle



Figure 6 – La Magnavox Odyssey, 1^{ère} console vidéo (1972)



PLATE-FORME FPGA

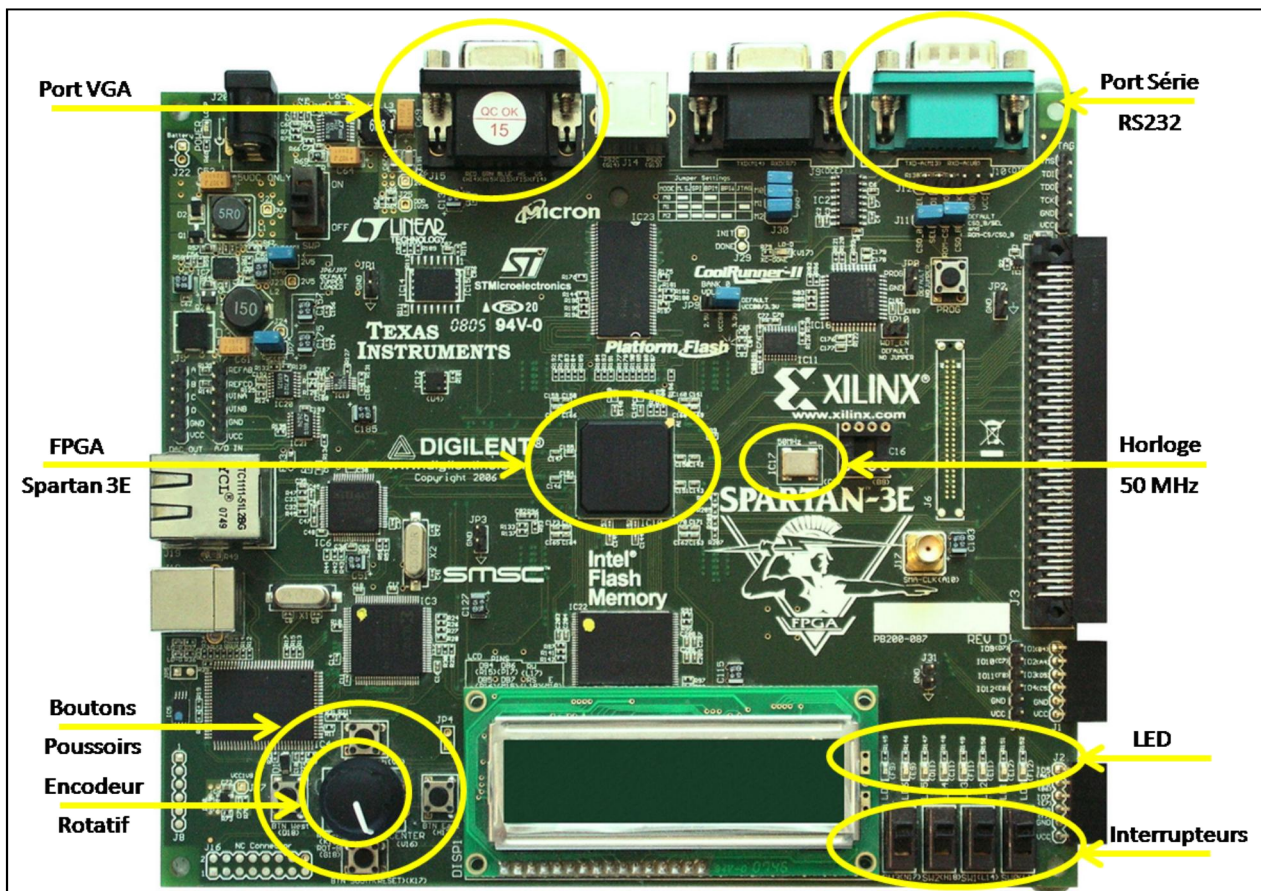


Figure 7 – Carte Spartan 3E

La console PMC-E201 est implémentée sur une carte Xilinx Spartan 3E (Figure 7), qui dispose des éléments suivants :

- **FPGA Spartan 3E**
 - Ce composant programmable contient toute l'architecture numérique de la console
- **Horloge 50 MHz**
 - Ce composant est utilisé pour cadencer le système implémenté dans le FPGA
- **Encodeur Rotatif**
 - Ce module sert de manette de jeu et permet - en fonction du sens de rotation - de déplacer les objets du jeu dans une direction donnée. Il possède en outre un bouton poussoir
- **Boutons Poussoirs**
 - La carte dispose de 4 boutons poussoirs, disposés autour de l'encodeur rotatif (Nord, Sud, Est, Ouest). Ils permettent de paramétrer l'activité de la console
- **Interrupteurs**
 - Ces 4 interrupteurs permettent également de paramétrer l'activité de la console
- **LED**
 - Ces 8 LED indiquent si la PMC-E201 est en mode console ou manette.
- **Port Série RS232**
 - Il permet d'échanger des données en série, au protocole RS232, avec une autre PMC-E201.
- **Port VGA**
 - Ce connecteur permet à la carte d'envoyer des signaux vidéo vers un écran VGA.

4) Architecture générale du FPGA

L'architecture de la console implémentée dans le FPGA est donnée plus bas en Figure 8. On distingue dans ce schéma-blocs simplifié 8 modules. Certains de ces modules permettent d'accéder aux périphériques d'entrée/sortie de la carte Spartan 3E.

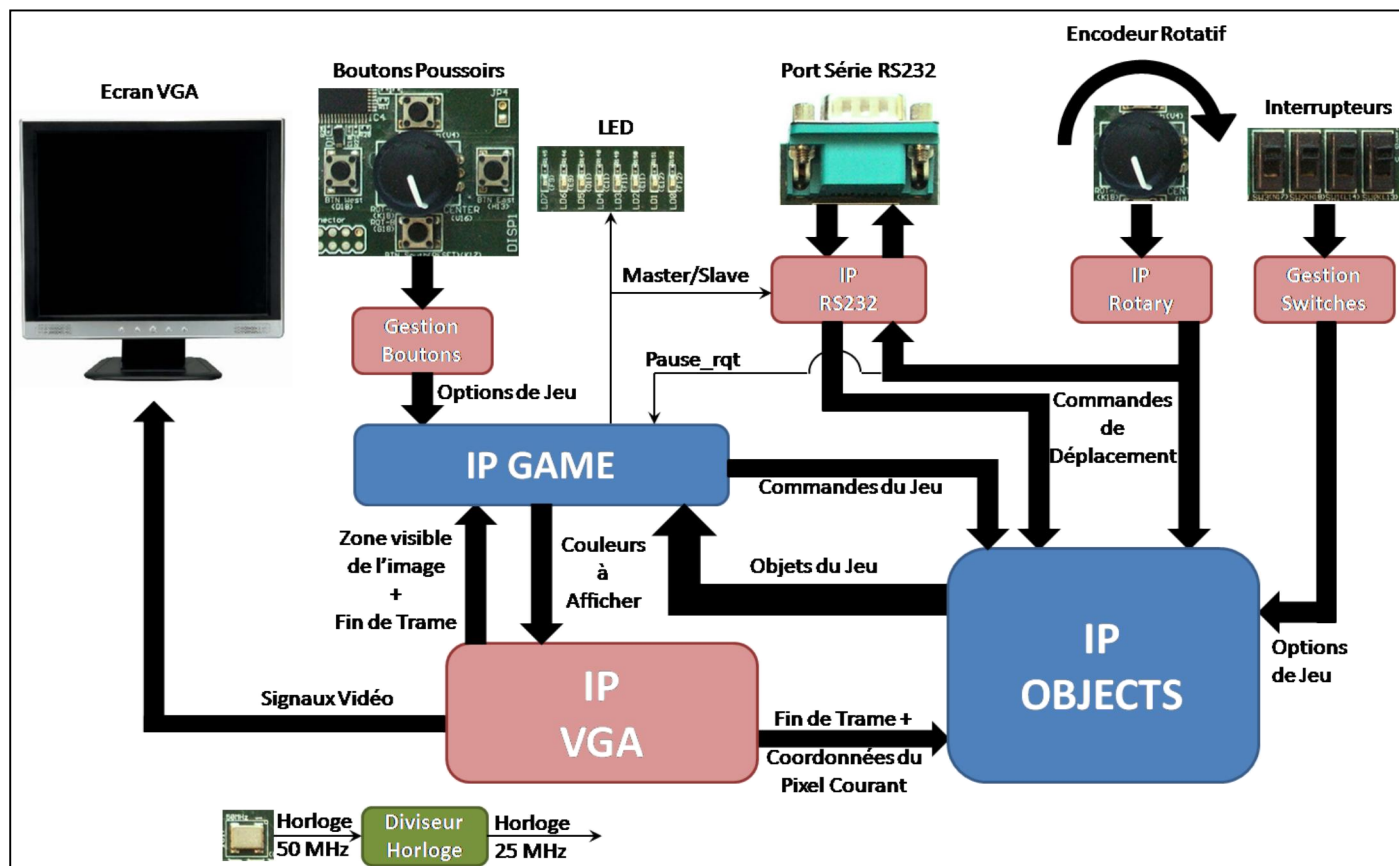


Figure 8 – Architecture interne du FPGA

1) Diviseur Horloge

- Ce module a pour but de diviser par 2 la fréquence de l'horloge 50 MHz fournie par la carte. L'horloge en sortie a donc une fréquence de 25 MHz. Elle cadencera tous les autres modules de l'architecture

2) Gestion Boutons

- Ce module détecte les événements survenant sur les 4 boutons poussoirs et génère en conséquence plusieurs signaux pour modifier le comportement de la console (reset système, sélection mode console/manette, choix du jeu...)

3) Gestion Switches

- Ce module détecte les événements survenant sur les 4 interrupteurs et génère en conséquence plusieurs signaux pour modifier le comportement de la console (marche/arrêt du système, vitesse de la balle, taille des raquettes...)



4) IP Rotary

- Ce module détecte les événements survenant sur l'encodeur rotatif de la carte (rotary encoder en Anglais) et génère en conséquence des commandes de déplacement pour les objets du jeu (les raquettes) qui sont pilotés par cet encodeur.

5) IP RS232

- Ce module gère les échanges de données au format RS232 entre deux cartes PMC-E201
 - Quand la PMC-E201 est en mode manette, l'IP envoie les commandes de déplacement générées par l'encodeur rotatif de la carte.
 - Quand la PMC-E201 est en mode console, l'IP reçoit les commandes de déplacement transmises par la manette qui a été connectée à son port RS232. Ces commandes de déplacement permettent de piloter la deuxième raquette du jeu Pong.

6) IP VGA

- Ce module envoie à l'écran VGA les signaux vidéo permettant d'afficher les images du jeu. La couleur des pixels est donnée en entrée par le module **IP Game**.
- Le module transmet également aux autres blocs de l'architecture des informations sur l'image qui est en train d'être affichée (coordonnées du pixel courant, fin de l'image...)

7) IP Objects

- Ce module a pour but de générer tous les objets nécessaires au jeu Pong ou Casse-Briques (Raquettes, balle, murs, briques...). Pour cela, il prend en entrée :
 - Des commandes de jeu transmises par **IP Game** et **Gestion Switches**
 - Des commandes de déplacement transmises par **IP Rotary** et **IP RS232**
 - Des informations sur l'image à afficher transmises par **IP VGA**.

8) IP Game

- Ce module génère :
 - Des commandes vers **IP Objects**, **IP RS232** et les **LED** donnant le comportement général de la PMC-E201 (mode console/manette, choix du jeu, mode pause...)
 - La couleur du pixel à afficher. Cette information est transmise à **IP VGA**.
- Pour cela, il reçoit en entrée des informations provenant des autres modules du système.



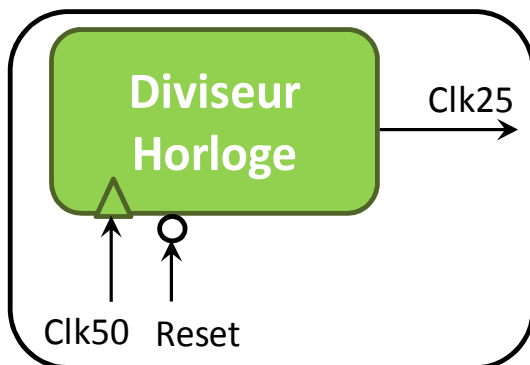
PREPARATION

1) Lire ce Manuel Utilisateur. Noter toutes vos questions si vous en avez pour les poser à l'intervenant de TP.

2) Codage du Diviseur d'horloge

- L'horloge de la carte **Spartan 3E** est cadencée à 50 MHz. En revanche, la fréquence de fonctionnement de la console **PMC-E201** doit être de 25 MHz. Il faut donc diviser par 2 l'horloge de la carte. Cette fonction ne sera pas présente dans le code VHDL de la console qui vous sera fournie en début de projet. C'est donc à vous de l'ajouter à l'aide d'un module VHDL que vous allez décrire.

- Proposer un schéma bloc du diviseur par 2 de l'horloge.
- Décrire cette architecture en VHDL. L'entité devra **OBLIGATOIREMENT** s'appeler **ClkDiv**, et **les ports d'entrée/sortie devront être les suivants (bien respecter les noms également)**



Entrées :

- **Clk50** : Horloge 50 MHz fournie par la carte
- **Reset** : Reset asynchrone, actif à l'état bas

Sortie :

- **Clk25** : Horloge de sortie à 25 MHz

Faire valider le schéma et le code par l'intervenant de TP.

Les codes source du TP ne vous seront pas donnés sans cette validation.

