



HILISIT

Électronique Numérique

R. Séveno, G. Cartry, B. Ealet, E. Tanguy

Descriptif du module

Nom du Module : Electronique numérique

Volume du module: 6 ECTS

Responsable Raynald Séveno, Nantes Université

Éric Tanguy, Nantes Université

Bénédicte Ealet, Université Aix-Marseille

Gilles Cartry, Université Aix-Marseille

 <p>Electronique Numérique Logique combinatoire</p>	 <p>Electronique Numérique Logique programmable</p>	 <p>Electronique Numérique Logique séquentielle</p>
--	---	--

Public visé :

L1 : Logique combinatoire

L2 : Logique séquentielle qui s'appuie sur la logique combinatoire

L3 : Logique programmable



Scénario d'usage pour l'étudiant

Cours de Logique combinatoire

- 1 onglet généralité (description de l'utilisation du cours)
- Des onglets sur chaque résultat d'apprentissage
- 1 onglet de problèmes à traiter

Généralités

Introduction

Algèbre de Boole

Table de vérité

Méthode de Karnaugh

Portes et circuits logiques

Codage des nombres entiers non signés

Problèmes de logique combinatoire

De manière générale, le monde de l'information peut être séparé en deux familles :

Information analogique



Information numérique



L'**information analogique** est caractérisée par des grandeurs physiques mesurables par des capteurs qui permettent de transcrire cette information.

Par exemple, le son correspond à des variations de pression d'un milieu à des fréquences détectables par un système acoustique (microphone, tympan, ...).

L'**information numérique** est un codage de l'information analogique permettant de faciliter le stockage, le transport, ainsi que le traitement de cette information.

Par exemple, de la musique peut être stockée, transportée, transformée sous le format MP3, plus pratique que sur un support vinyle.

La chaîne de communication permettant de passer du mode analogique au mode numérique et inversement peut être décrite par le schéma ci-dessous.



Onglets Résultat d'apprentissage

- Une partie textuelle de cours

Afin de d'optimiser la réduction de l'expression booléenne de la fonction logique, il est important de respecter l'ordre suivant des formations des groupes de "1", qui priorise les groupes à former suivant le nombre de "1" voisins situés dans les cases adjacentes.

A noter que dans une table de Karnaugh comportant n entrées, chaque case considérée (en violet dans les exemples ci-dessous) a n cases adjacentes (indiquées en jaune). Pour rappel, les lignes (colonnes) extrêmes sont adjacentes.

a \ b	0	1
0	1	1
1	0	0

$n = 2$

a \ b \ c	0	1
0	0	0
0	1	0
1	1	0
1	0	1

$n = 3$

a \ b \ c \ d	0	0	1	1
0	0	0	1	1
0	1	1	1	1
1	1	0	1	0
1	0	0	1	0

$n = 4$

Règles de priorités de formation des groupes

- 1/ Commencer par entourer les "1" qui n'ont aucun voisin.
- 2/ Entourer (avec leur voisin) les "1" qui n'ont qu'un seul voisin.
- 3/ Former les plus gros groupes possibles comportant au moins un "1" non entouré.
- 4/ Vérifier que dans chaque groupe il y a au moins un "1" qui n'appartient qu'à ce groupe. Supprimer les groupes qui ne respectent pas cette règle.

Attention, il faut s'arrêter de former des groupes dès que tous les "1" de la table sont entourés.

Une fois tous les "1" entourés en respectant les règles énoncées ci-dessus, l'expression booléenne simplifiée de la fonction logique est obtenue de la manière suivante :

- 5/ Pour chaque groupe de "1" formés, écrire le « produit » des bits d'entrée qui ne changent pas à l'intérieur du groupe.
- 6/ L'expression booléenne est égale à la « somme » des « produits » correspondant à chaque groupe.



Onglets Résultat d'apprentissage

- Des vidéos interactives explicatives des points de cours importants

Réduction d'une fonction logique

Soit f la fonction booléenne dont l'expression est donnée ci-dessous:

$$f = b.\bar{e}.g.d.\bar{c} + a.g.d + \bar{c}.\bar{a}$$

Parmi les 3 termes de la fonction f , lequel peut disparaître grâce à l'astuce 2 ?

1. $b.\bar{e}.g.d.\bar{c}$ 2. $a.g.d$ 3. $\bar{c}.\bar{a}$

Réduction d'une fonction logique

$$f = b.\bar{e}.g.d.\bar{c} + a.g.d + \bar{c}.\bar{a}$$

Parmi les 3 termes de la fonction f , lequel peut disparaître grâce à l'astuce 2 ?

2. $a.g.d$ Vraiment ??

Par quoi doit-on transformer $a.g.d$ pour pouvoir le factoriser par $b.\bar{e}.g.d.\bar{c}$?

Onglets Résultat d'apprentissage

- Des tests formatifs avec feedback

 Test sur la méthode de Karnaugh - niveau 1

 Test sur la méthode de Karnaugh - niveau 2

Accès restreint Non disponible à moins que : Vous atteigniez une note requise dans **Test sur la méthode de Karnaugh - niveau 1**

 Test sur la méthode de Karnaugh - niveau 3

Accès restreint Non disponible à moins que : Vous atteigniez une note requise dans **Test sur la méthode de Karnaugh - niveau 2**



Onglet Problèmes de logique combinatoire

> Méthodologie de traitement d'un problème de logique combinatoire

La difficulté première pour un problème de logique combinatoire est la détermination des variables d'entrée et de sortie à partir d'une description textuelle.

Dans le test suivant, il est demandé de réfléchir sur ce que peuvent être ces variables en fonction d'une problème énoncé.

Test sur la détermination de variables logiques à partir d'un énoncé

Maintenant, on s'attaque à un problème de logique combinatoire complet.

Dans un premier temps, le **problème 1** est proposé. Vous pouvez essayer de le faire seul, et ensuite comparer votre solution avec celle proposée dans la vidéo à suivre.

Une fois la solution bien comprise, vous pouvez faire le test du **problème 1 bis**. Il s'agit du même problème, mais avec un énoncé légèrement modifié, qui induit des réponses différentes du problème 1, mais dont la méthode de résolution est identique.

> Problème 1 corrigé - Identification de nombres premiers

> Problème 1 bis à faire en autonomie - Identification de nombres premiers (énoncé modifié)

Problème 1 bis

> Problème 2 à faire en autonomie - Automate de tri

Problème 2 - Automate de tri



Cours de Logique programmable

- 1 onglet contenu de l'enseignement

Contenu de l'enseignement

Etape 1

Etape 2

Etape 3

Etape 4

Etapes

> Programme

- Introduction aux composants logiques programmables (FPGA)
 - Introduction au langage VHDL
 - Définition de l'entité et de l'architecture
 - Description de type flots de données, comportemental et structural
 - Instructions concurrentes et séquentielles
 - Différents types et conversion de types

> Pré-requis



Cours de Logique programmable

- Des onglets de cours (vidéos + documents) avec des tests formatifs

Contenu de l'enseignement Etape 1 Etape 2 Etape 3 Etape 4 Etapes 5 à 8 (pour les enseignants) Etape 9

Accès restreint Non disponible à moins que : L'activité **Testez vos connaissances (Etape 2)** soit marquée comme achevée

Visionner les vidéos suivantes et étudier les résumés de cours correspondant.

 4 - Types de descriptions

 5 - Instructions séquentielles

 6 - Formats et conversions

Tester vos connaissances à l'aide du test.

 Testez vos connaissances (Etape 3)

Accès restreint Non disponible à moins que :

- L'activité **4 - Types de descriptions** soit marquée comme achevée
- L'activité **5 - Instructions séquentielles** soit marquée comme achevée
- L'activité **6 - Formats et conversions** soit marquée comme achevée



Ressources pour les enseignants

Logique combinatoire

- **1 polycopié de cours**
- **1 atelier de création d'énigme d'escape game pédagogique**
- **Objectif:** Concevoir en groupe de 3-4 étudiants une énigme pouvant servir à un escape game pédagogique
- **Effets recherchés:**
 - Séances de travail ludiques
 - Travail en groupes
 - Travail rédactionnel
 - Autoévaluation
 - Augmenter la motivation des étudiants tout au long de l'UE
- **Production à rendre:** Fiche de synthèse décrivant l'énigme



Atelier de création d'énigmes

- Atelier de création énigmes
 - Descriptif atelier de création d'énigmes escape game.pdf
 - Fiche Atelier Escape Game.pdf

Atelier de création d'énigmes d'escape game pédagogique

Objectif: Concevoir en groupe de 3-4 étudiants une énigme pouvant servir à un escape game pédagogique.

Effets recherchés:

- Séances de travail ludiques
- Travail en groupes
- Travail rédactionnel
- Autoévaluation
- Augmenter la motivation des étudiants tout au long du cours

Production à rendre: Fiche de synthèse décrivant l'énigme

Résultats d'apprentissage à utiliser (au choix)

- Écrire la table de vérité d'une sortie d'un circuit par analyse de la fonction logique combinatoire désirée.
- Déterminer l'expression booléenne d'une sortie d'un circuit à partir de sa table de vérité.
- Simplifier au maximum une expression booléenne en utilisant l'algèbre de Boole.
- Simplifier au maximum une expression booléenne en utilisant la méthode de Karnaugh.
- Dessiner un circuit à base de portes logiques élémentaires à partir des fonctions booléennes des sorties du circuit et inversement.
- Codage d'un nombre décimal en binaire ou inversement

2 séances de TD (2h40)

1^{ère} séance de l'atelier (1h20)

- Explication de l'atelier
- Mise en place des groupes
- Discussions en groupe et choix d'une idée
- Ebauche de la fiche de synthèse
- Travail à rendre sur Moodle: Fiche de synthèse amendée

2^{ème} séance de l'atelier (1h20)

- Répartition de chaque groupe en 2 demi-groupes
- Distribution des fiches de synthèses d'autres groupes
- Temps de lecture et de compréhension de la fiche reçue
- Temps d'échange entre les auteurs et les évaluateurs
- Amélioration de la fiche de synthèse suite aux retours
- Travail à rendre sur Moodle: Fiche de synthèse amendée

→ Rôle de l'enseignant:

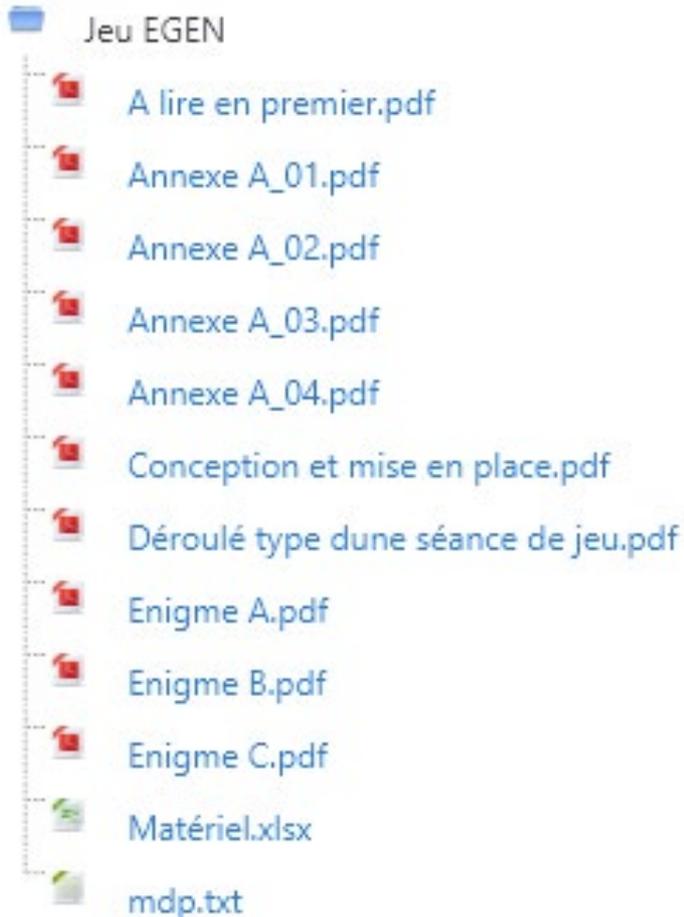
- Canaliser les discussions sur une énigme utilisant un résultat d'apprentissage du cours
- Rappeler la nécessité de créer une énigme faisable
- Aider les étudiants à se mettre à la place d'un joueur
- Discussion sur la pertinence de l'énigme

Atelier Jeu Escape Game

- **1 Escape game pédagogique clé en main**
- **Objectif:** Résoudre les énigmes proposées dans le délai imparti (1h)
- **Effets recherchés:**
 - Jouer en travaillant (ou l'inverse?)
 - Mise en situation (peu banale...)
 - Augmenter la motivation des étudiants tout au long de l'UE
- **Production à rendre:** un sourire!



Atelier Jeu Escape Game



Conception et mise en place de l'énigme A

- 1/ Imprimer (format A3, couleur, recto) l'article contenu dans le fichier **Annexe A_01.pdf**.
- 2/ Encadrer l'article avec un cadre A3 (M02).
- 3/ Accrocher le cadre au mur avec un clou adhésif (M03) ou le faire installer par le service technique.
- 4/ Imprimer sous format broché l'almanach de la ligue 1 (M04) contenu dans le fichier **Annexe A_02.pdf**.
- 5/ Cacher l'almanach parmi d'autres livres (M05).
- 6/ Mettre le sac rempli des clés (M21) + la clé du cadenas (M22) (qui ouvre le coffre (M34)) dans le livre-coffre (M01).
- 7/ Cacher le livre-coffre (M01) dans la pièce (de préférence à côté d'un autre dictionnaire (M32)).

Conception et mise en place de l'énigme B

- 1/ En utilisant le joint d'étanchéité (M13), coller sur l'échiquier (M09) les pièces d'échec (M11) Rois, Dames, Cavaliers et Fous, ainsi que les aimants (M10) en respectant les polarités indiquées (+ ou -), comme sur la photo ci-dessous (possibilité de coller un joint torique (M20) sur les aimants pour limiter leur force).

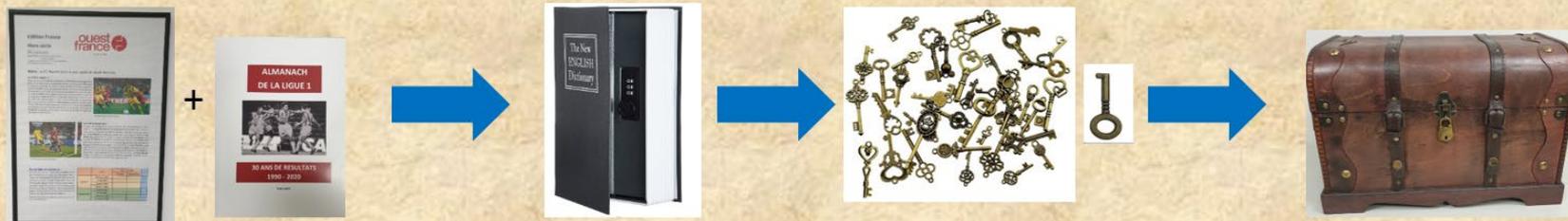


- 2/ En utilisant le joint d'étanchéité (M13), coller les aimants (M10) sur les pions (M11) de manière à ce que les 4 pions noirs et 6 pions blancs adhèrent sur les aimants collés sur l'échiquier tels qu'indiqués sur la photo ci-dessous (possibilité de coller un joint torique (M20) sur les aimants pour limiter leur force).



Atelier Jeu Escape Game

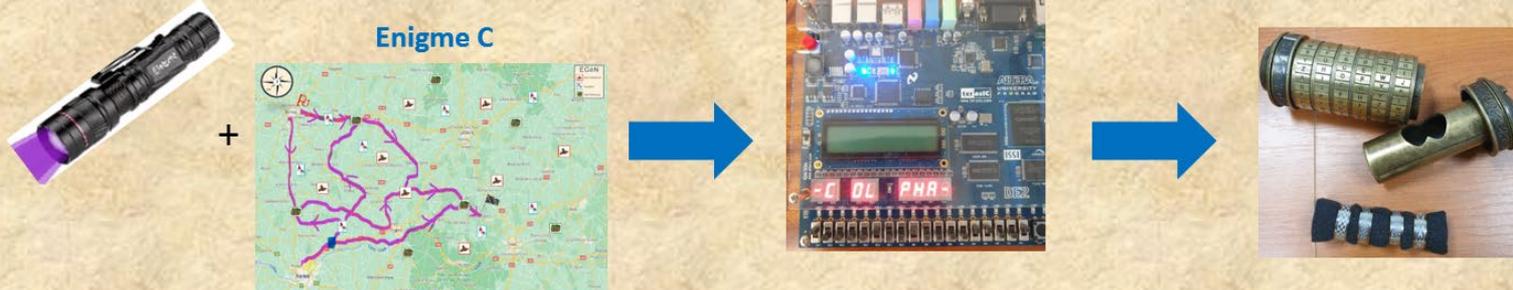
Enigme A



Enigme B



Enigme C



Atelier Jeu Escape Game

Code	Matériel	Fournisseur	Prix approximatif
M01	Livre-coffre	https://www.amazon.fr/gp/product/B078HDCWXM/	12 €
M02	Cadre photo format A3	Lyreco	10 €
M03	Clous adhésifs	https://www.amazon.fr/gp/product/B084SCFTCG/	7 €
M04	Almanach de football imprimé	Imprimerie de l'Université	13 €
M05	livres divers	Université	Don
M06	Marqueurs pour paperboard	Université	Don
M07	Paperboard	Lyreco	160 €
M08	Boîte à clés	https://www.amazon.fr/gp/product/B07G7TC9WP/	23 €
M09	Echiquier	https://www.amazon.fr/gp/product/B000EGFM7Q/	20 €
M10	20 Aimants cylindriques	https://www.amazon.fr/gp/product/B008U9T9NW/	17 €
M11	2 set de pièces d'échec	https://www.amazon.fr/gp/product/B07X1XNGVD/	28 €
M12	2 jeux de tarot	https://www.amazon.fr/gp/product/B01E3TK91I/	16 €
M13	Tube de joint d'étanchéité	Supermarché	10 €
M14	Calculatrice	https://www.amazon.fr/gp/product/B003SCIR52/	8 €
M15	3 piles AAA	Supermarché	5 €
M16	Carte électronique DE2	Université	Prêt
M17	Cryptex	https://www.amazon.fr/gp/product/B07CCKV6P1/	59 €
M18	Stylo à encre invisible	https://www.amazon.fr/gp/product/B01LQNBINC/	7 €
M19	Lampe UV (fonctionnement 3 piles)	https://www.amazon.fr/gp/product/B00GU556SA/	13 €
M20	Joint torique	fournis avec les aimants M10	
M21	Lot de clés	https://www.amazon.fr/gp/product/B0776V178P/	12 €
M22	Cadenas + clé	https://www.amazon.fr/gp/product/B07H3LVP28/	20 €
M23	Bureau à tiroir	Université	Don
M24	Commode à clé	Université	Prêt
M25	Armoire à clé	Université	Prêt
M26	Table	Université	Prêt
M27	4 chaises	Université	Prêt
M28	Parchemin	Université	Don
M29	Paillason	Université	Prêt
M30	Poubelle de bureau	Université	Prêt
M31	feuilles de brouillon de 2 couleurs différentes	Université	Don
M32	dictionnaire	Université	Prêt
M33	Minuteur	https://www.amazon.fr/gp/product/B08XYKKHW8/	17 €
M34	Coffre	https://www.amazon.fr/gp/product/B01FSK9MKA/	26 €
M35	4 Bagues	https://fr.aliexpress.com/item/32836223387.html	2 €
M36	Briquet	Supermarché	1 €
M37	Poupée russe	https://www.amazon.fr/gp/product/B01LYBV4FN/	25 €
M38	Jeu de puissance 4	https://www.amazon.fr/gp/product/B06XGRNXLV/	12 €
M39	Ordinateur	Personnel	
M40	Carte électronique DE10	CNFM	15 €
M41	Cartes géographiques imprimées	Imprimerie de l'Université	Don

Budget matériel:
~500 €

Logique combinatoire

- **1 atelier de correction par les pairs sur moodle**
- **Objectif:** Corriger les copies d'autres étudiants via moodle
- **Effets recherchés:**
 - S'appropriier la correction d'un problème
 - Réflexion sur la qualité d'un devoir rendu
- **Production à rendre:** 1 devoir + 3 corrections



Atelier correction par les pairs

- ▼ Atelier moodle de correction par les pairs
 - ▼ Sujet 1
 - Sujet 1-Enoncé.docx
 - Sujet 1-Barème.docx
 - Sujet 1-Correction.docx
 - ▼ Sujet 2
 - Sujet 2-Barème.docx
 - Sujet 2-Correction.docx
 - Sujet 2-Enoncé.docx
 - ▼ Sujet 3
 - Sujet 3-Barème.doc
 - Sujet 3-Correction.docx
 - Sujet 3-Enoncé.docx

Télécharger le dossier

 Tutoriel pour la création de l'atelier "Correction par les pairs"

 Atelier "Correction par les pairs"



Logique Programmable

- Des fiches de cours
- Des exercices avec corrigés

Pour les enseignants :

Caché pour les étudiants



Exercice préparatoire : chronogramme

Caché pour les étudiants



Chronogramme

Caché pour les étudiants



Description structurale

Caché pour les étudiants



Unité logique

Caché pour les étudiants



Compteur modulo 8

Caché pour les étudiants



corrigés

Caché pour les étudiants



- 1 projet à faire faire aux étudiants

Réalisation du Projet "chronomètre"

Caché pour les étudiants

-  Informations sur l'achat des cartes FPGA
-  Documentation de la carte DE10-Lite
-  Informations sur l'installation des logiciels

Projet

On souhaite réaliser un chronomètre permettant de mesurer des durées jusqu'à 9 pousoirs et une horloge à 50 MHz en plus du FPGA.

Ce chronomètre pourra fonctionner aussi bien en compteur que décompteur. Le c La mise en marche et l'arrêt du chronomètre se fera par l'interrupteur "M/A". La remise à 0 du chronomètre se fera par l'appui sur le bouton pousoir "Reset".

Le chronomètre pourra mémoriser 8 temps intermédiaires par appui sur le bouton temps enregistrés. La remise à zéro du chronomètre entrainera la remise à zéro de

Recommandations :

- Dans votre projet chronomètre, tous les composants étant cadencé par une hor
- Chaque composant nécessaire au système est défini dans fichier vhd puis tester
- FDIV est un composant déjà utilisé dans d'autres systèmes. On ne le modifie afi
- La base de temps est donné au compteur le plus rapide puis les compteurs son

-  Modification du compteur modulo 10
-  Décodeur 7 segments
-  Premier test
-  Chronomètre
-  Chronomètre avec mémoire



Logique Programmable

- Une étude d'analyse en mode « Reverse engineering »

Analyse de la solution industrielle

Caché pour les étudiants

Vous venez de finir votre projet et vous apprenez qu'un concurrent réalise le même produit. Vous avez récupéré les fichiers du concurrent et les bureaux d'études en électronique et vous aurez, peut-être, à réaliser une tâche équivalente durant le stage à venir.

Vous devez prendre connaissance de la solution développée par le concurrent. Afin de vous aider dans votre analyse, nous vous proposons:

1. Lancer la simulation de la solution et analyser son fonctionnement global (ouvrir le fichier "TOP.qpf" du répertoire "implement") et faire
2. Pour une meilleure compréhension de la solution et de son architecture, nous vous recommandons de la reproduire sous forme de « "implement" »
3. Parmi les nombreuses fonctions implémentées dans ce projet, nous vous recommandons d'attacher une importance particulière à
 - La fonction "for ... generate" du composant "top"
 - Le composant "debouncer"
 - Le composant "latch_time" (il pourrait être utile d'utiliser un graphe de transition de machines à états)
4. Lancer la simulation (dans quartus Tools/Run simulation Tool/RTL Simulation, vérifier que le chemin vers l'exécutable Modelsim est correct)
 1. Comprendre le fonctionnement global
 2. Pourquoi synchroniser les signaux externes (EXT_RUN, UP_DN, ...) ? (Voir Synchronisation des signaux externes)

 Solution

 Synchronisation des signaux externes

