

Indice de réparabilité - Rapport final

CHAQUIQ ELBADRE Youssef, BAIM Mohamed

TD A

Contents

1	Introduction et mise en contexte	3
2	Étude théorique	3
2.1	Étude des éléments bibliographiques	3
2.2	Notre approche théorique:	5
3	Étude expérimentale	7
3.1	Résultats du test de maintenance	8
3.2	Inventaire des composants de remplacement	9
3.3	Estimation du prix de maintenance	10
3.4	Rapport prix de maintenance estimé et prix de la carte initial . .	11
4	Indice de réparabilité	11
5	Bibliographie	14
6	Annexe	15

1 Introduction et mise en contexte

La prise de conscience croissante de l'impact environnemental de nos actions nous amène à repenser notre façon de consommer et de produire. Dans ce contexte, la question de la réparabilité des appareils est devenue importante. La loi oblige désormais les fabricants à étiqueter divers articles, avec un score de réparabilité permettant aux consommateurs de savoir à quel point les réparations peuvent être faciles et peuvent prolonger leur durée de vie. Dans le cadre de nos études, les cartes PSoC sont un exemple pertinent d'objets électroniques qui nécessitent une maintenance régulière pour fonctionner de manière optimale. À cet égard, nous étudierons de manière exhaustive la réparabilité des cartes PSoC en calculant son indice avec une approche probabiliste, en développant des tests de maintenance et en créant un catalogue de pièces de rechange nécessaires à la maintenance. Cette approche vise à favoriser une culture de réparation et d'entretien des produits électroniques en réduisant notre empreinte environnementale et en préservant les ressources naturelles.

2 Étude théorique

2.1 Étude des éléments bibliographiques

Après avoir étudié plusieurs ressources concernant la fiabilité, maintenabilité et disponibilité, on trouve que la distribution de Weibull est souvent utilisée dans le domaine de l'analyse de la durée de vie, grâce à sa flexibilité car elle permet de représenter au moins approximativement une infinité de lois de probabilité, ce qui permet de représenter la fonction de fiabilité R d'un système comme suit :

$$R(t) = e^{-\frac{(t-\gamma)}{\eta} \beta}$$

et γ , η et β définissent la distribution de Weibull:

β : paramètre de forme ($\beta > 0$)

η : paramètre d'échelle ($\eta > 0$)

γ : paramètre de position ($-\infty < \gamma < +\infty$)

Sa courbe théorique de distribution est donnée à la figure 1: on remarque que pour ($\beta = 1$) on se place dans la durée de vie utile de l'appareil car le taux de défaillance λ est constant. C'est dans ce cas où on va se placer.

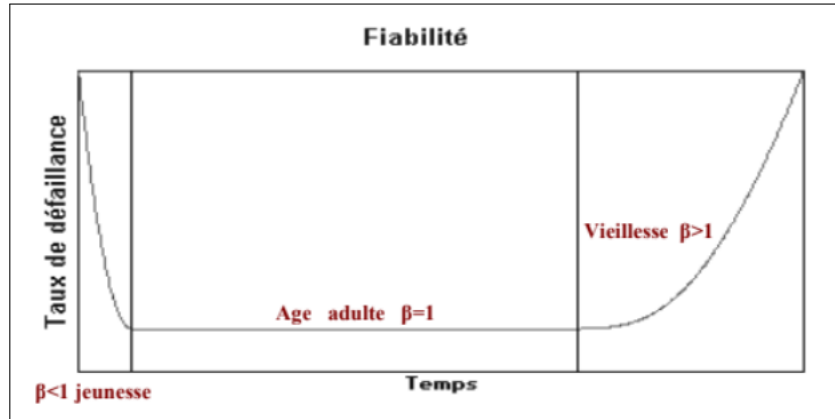


Figure 1: Courbe en baignoire.

La fiabilité et maintenabilité s'écrivent donc comme le montre la figure 2 (c'est un cas particulier de la loi de Weibull), par la suite on se contentera d'étudier la fiabilité.

FIABILITE	MAINTENABILITE
Probabilité « durée de bon fonctionnement »	Probabilité de « durée de réparation »
$R(t) = P(T_p > t)$	$M(t) = P(T_R < t)$
Variable aléatoire : temps de fonctionnement	Variable aléatoire : temps de réparation
Densité de probabilité du temps avant défaillance : $f(t)$	Densité de probabilité du temps de réparation : $g(t)$
Fiabilité : $R(t) = \int_t^{+\infty} f(t)dt = e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$	Maintenabilité : $M(t) = \int_0^t g(t)dt = 1 - e^{-\int_0^t \mu(t)dt}$
Taux de défaillance $\lambda(t)$: $\lambda(t)dt = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - F(t)}$	Taux de réparation $\mu(t)$: $\mu(t)dt = \frac{g(t)}{1 - M(t)}$

Figure 2: Fiabilité et Maintenabilité.

2.2 Notre approche théorique:

Outils: (Connaissances en variables aléatoires, Python)

Dans notre démarche, on se place dans la vie utile de l'équipement et donc on doit considérer que λ est constant; ainsi la fiabilité d'un élément s'écrit à présent: $R(t)=e^{-\lambda t}$

On a modélisé la carte PSoC par le schéma suivant:

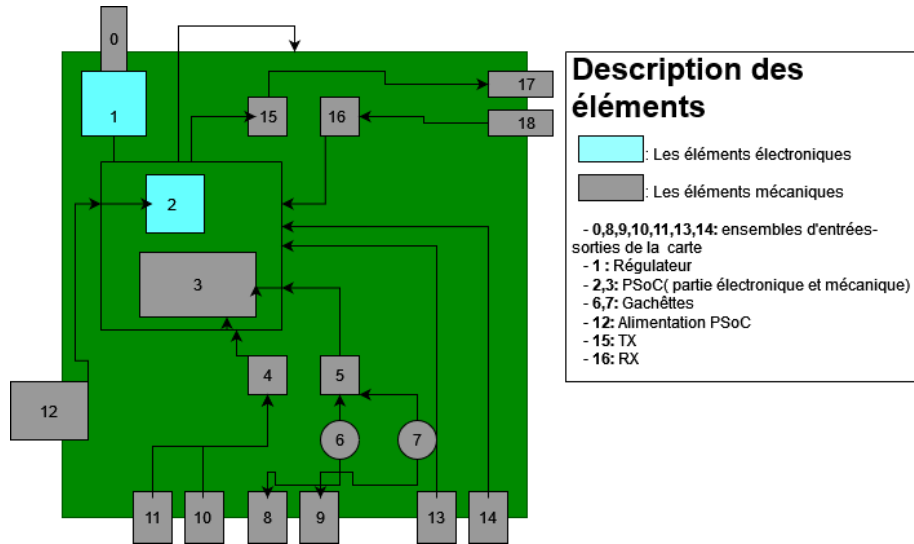


Figure 3: Modélisation de la carte PSoC.

Afin de définir la fiabilité de ce modèle, on considère la variable aléatoire X_i "le i ème composant fonctionne jusqu'à l'instant t " et soit Y la variable aléatoire "la carte fonctionne jusqu'à l'instant t ".

Les hypothèses:

Hypothèse 1 :On se place dans la période de vie utile, càd:

$$\forall i \in \{0, 1, \dots, 18\}; P(X_i = 0) = 1$$

Hypothèse 2 :Le fonctionnement de la carte dépend du fonctionnement de chaque élément (ce qui nous permet d'étudier le pire des cas)

Hypothèse 3 :Pour le manque de données et par abus de langage on confondra entre fiabilité et disponibilité (dans la mesure où la fiabilité représentera la disponibilité en termes de probabilités ce qui est utile dans le calcul d'indice de réparabilité)

La fiabilité de notre modèle s'écrit:

$$\mathbb{P}_Y = \mathbb{P}_{X_0}^{10} \mathbb{P}_{X_4}^2 \mathbb{P}_{X_1} \mathbb{P}_{X_2} \mathbb{P}_{X_3} (2 - \mathbb{P}_{X_0})^2$$

On a alors pour un élément électronique $\mathbb{P}_e = e^{-\lambda_{elec}t}$ et pour un élément mécanique $\mathbb{P}_m = e^{-\lambda_{méca}t}$; avec λ_{elec} la défaillance électronique et $\lambda_{méca}$ la défaillance mécanique.

Avec:

$$\mathbb{P}_{X_0} = e^{-\lambda_{méca}t}$$

$$\mathbb{P}_{X_1} = \mathbb{P}_{X_2} = e^{-\lambda_{elec}t}$$

$$\mathbb{P}_{X_3} = e^{-16\lambda_{méca}t} ; \text{ Car on a 16 ports.}$$

$$\mathbb{P}_{X_4} = e^{-2\lambda_{méca}t} ; \text{ Car on a 2 ports.}$$

En réalité : $\lambda_{méca} \sim \lambda_{elec}$ et ils varient dans l'intervalle $[10^{-9}.h^{-1}, 10^{-6}.h^{-1}]$ et dans notre étude on traitera le **pire** des cas à savoir $\lambda_{méca} = \lambda_{elec} = 10^{-6}.h^{-1}$. On estime que la fiabilité doit rester strictement supérieure à 50% , la figure 4 représente la fiabilité théorique qu'on a exhibé et le moment ou cette dernière atteint la valeur critique 50%

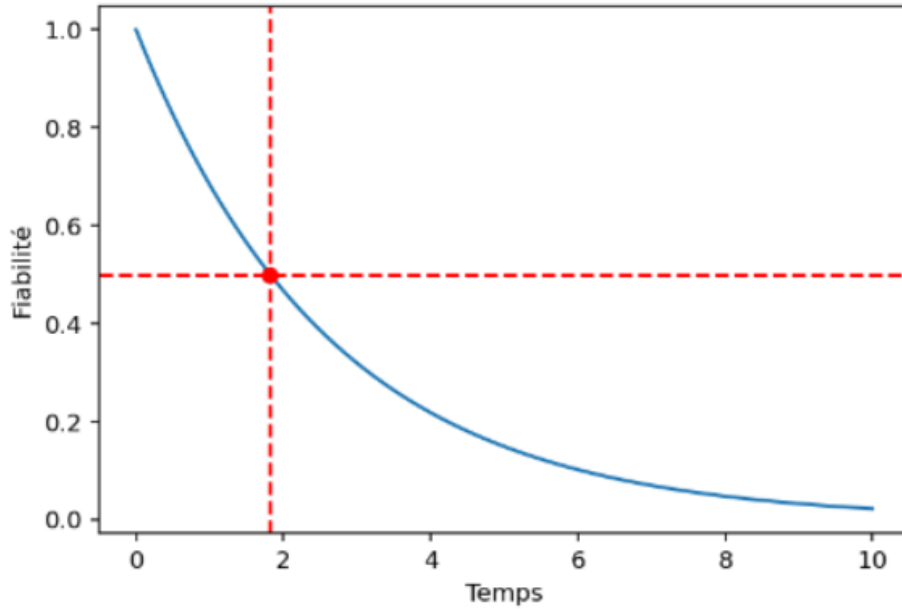


Figure 4: Evolution de la fiabilité en fonction du temps (en années) en bleu, la fonction constante 0.5 en rouge et leurs intersections.

Conclusion: lorsqu'on atteint $t \sim 21$ mois la fiabilité de notre modèle devient égale à 50% .Il faudra alors réaliser une maintenance bien avant l'écoulement de cette période afin de garantir une fiabilité élevée.

Ainsi le but de la maintenance sera de garder la fiabilité supérieure à 50% comme le montre la figure 5:

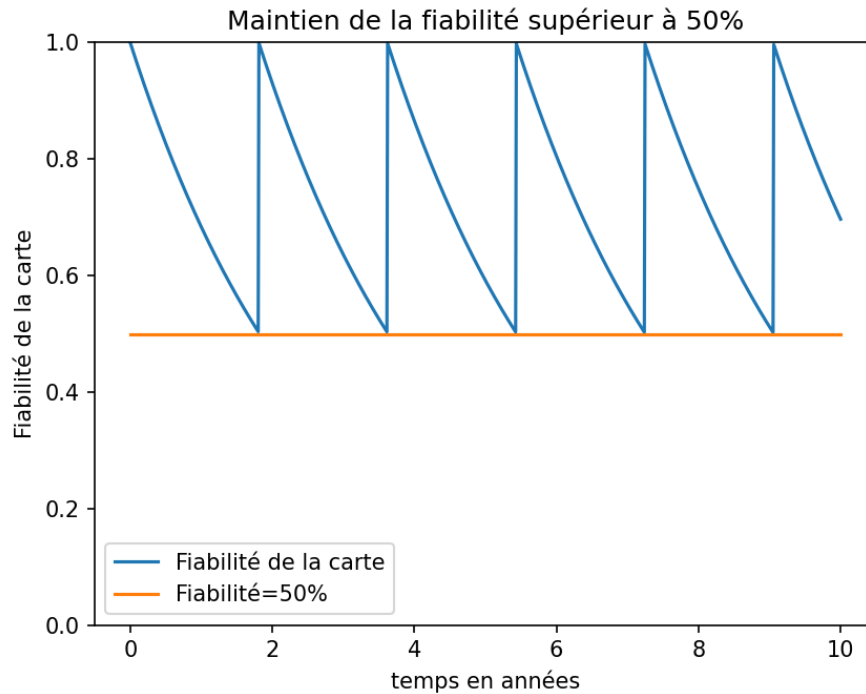


Figure 5: Le but de la maintenance: garder une fiabilité supérieur à 50% .

En se basant sur ces résultats théoriques et expérimentaux (partie suivante) on pourra avoir une base de données nécessaire pour déterminer l'indice de réparabilité.

3 Étude expérimentale

Télécom Saint-Etienne utilise annuellement une moyenne de 75 cartes PSoC en Projet d'application électronique en S5, ces cartes ont été fabriquées en 2014. Notre étude vise à utiliser le projet qu'on a pu concevoir en APP2 comme test de maintenance de ces cartes afin de déterminer les différentes failles, pannes électroniques et mécaniques.

Mais tout d'abord, on sait que parmi ces 75 cartes, 25 sont fonctionnelles ce qui représente alors un taux de "disponibilité" de 33% après 10 ans et on sait qu'à l'instant initial la totalité des cartes étaient fonctionnelles et donc un taux de 100% . La courbe de fiabilité passant par les points $t=0$ et $t=10$ ans nous a permis de déduire graphiquement le taux de défaillance $\lambda \approx 10^{-6}h^{-1}$ ce qui est cohérent avec les résultats et les choix théoriques :

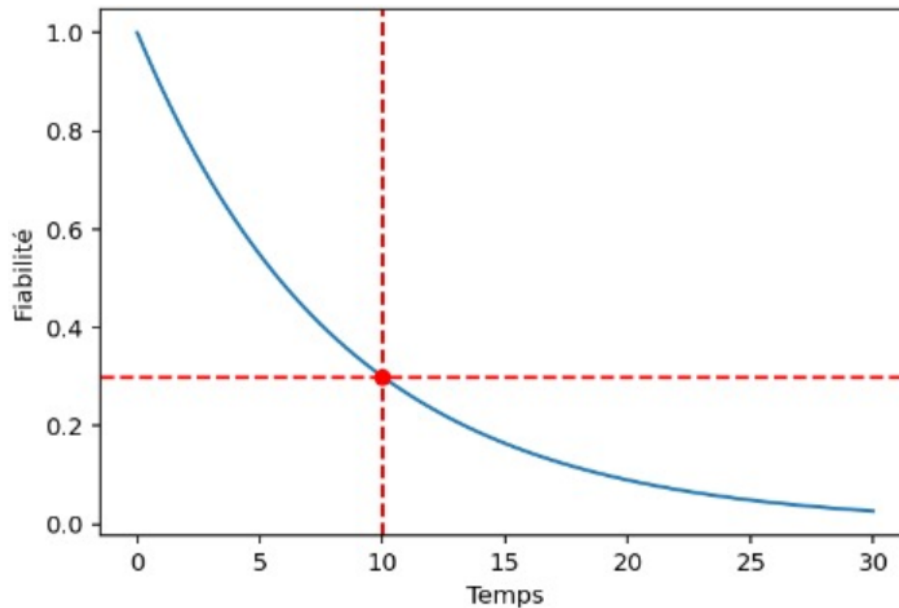


Figure 6: Dédution graphique du taux de défaillance λ à partir des informations pratiques.

3.1 Résultats du test de maintenance

Le test de maintenance de chaque carte nous a permis d'extraire les résultats de la figure 7:

Conclusion:

D'après l'analyse graphique qu'on vient de faire, on peut remarquer que les pannes consistent essentiellement les composants suivants

1-**Les LCD:** composant qui n'est pas assez important dans l'APP 2, pourtant il fait partie de notre carte.

2-**Port du Mini programmeur:** on a pris en considération ceux qui ne marchent plus, ceux qui nécessitent une alimentation externe, ainsi que ceux qui ont besoin d'une assistance manuelle pour fonctionner (les dents sont défectueuses).

3- **Les bornes BNC:** la majorité des bornes sont dessoudées, elles tournent mais une grande portion fonctionne encore.

4- **Les ports BNC et 16:** ce sont des ports de même type, ils présentent majoritairement un faux contact dans la majorité des cartes et nécessitent une réparation immédiate.

5-**Les PSoC:** il y a une grande partie des cartes qui ne comporte pas le PSoC, d'autres parties présentent des problèmes de PGA, CAN ou CNA.

6-**Les régulateurs:** soit détachés, soit ne fonctionnent plus et nécessitent une réparation.

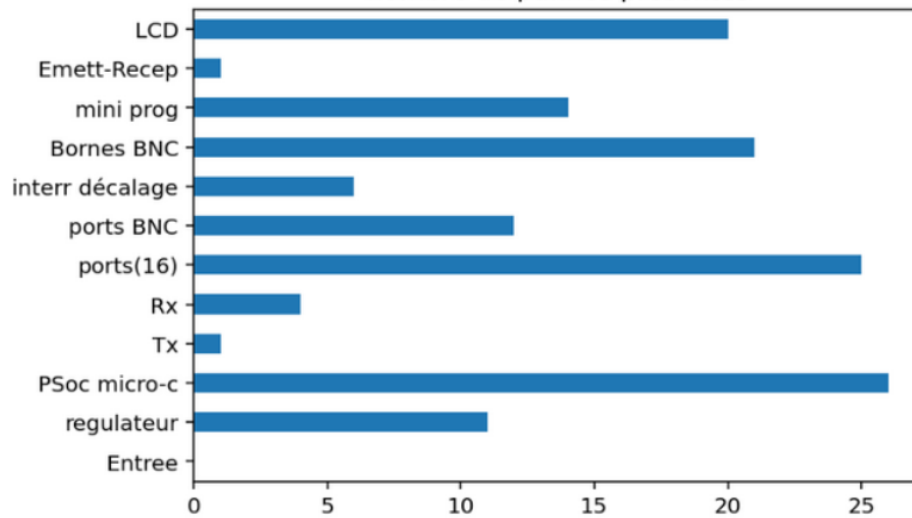


Figure 7: Le nombre de pannes par composant dans l'ensemble des cartes.

	Entree	regulateur	PSoc micro-c	Tx	Rx	ports(16)	ports BNC	interr décalage	Bornes BNC	mini prog	Emett-Recep	LCD
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
...
69	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
71	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
73	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0


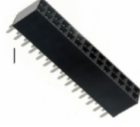
74 rows x 12 columns

Figure 8: **BONUS:**Inventaire des pannes dans les cartes Psoc disponibles.
*Tout le fichier csv est disponible en annexe.

3.2 Inventaire des composants de remplacement

Dans cette partie on a fait l'inventaire des pièces de remplacement et leurs prix pour pouvoir estimer le coût de la maintenance pour la suite (**tout le catalogue sera disponible en annexe**):

AMPHENOL COMMERCIAL (AMPHENOL)

In Stock 34254 pcs

Référence Prix (En dollars américains)	1 pcs	16 pcs	112 pcs	512 pcs	1008 pcs
	\$1.573	\$1.511	\$1.259	\$1.07	\$0.913

DEMANDER UN DEVIS

Référence	66953-014LF
Fabricant	Amphenol ECI
La description	CONN RCPT 28POS 100 DL STR PCB
Etat sans plomb / Etat RoHS	Sans plomb / conforme à la directive RoHS




Prix pour la pièce

14,47 €	17,36 €
HT	TTC
Unité	Prix par unité
1 - 4	14,47 €

Voir la catégorie

<https://fr.rs-online.com/web/p/emetteurs-fibre-optique/1711600>



Robotpark

Product Code: 92207

Availability: In Stock

Delivery: Same Day Delivery

Views: 13390

Connector |

Product Description

- 2.54mm 5-pin PCB male connector
- Simple and easy connections
- Standard 2.54mm female connector compatible

\$0.50

Change Currency

1 ADD TO CART

SHIPPING OPTIONS TO FRANCE, METROPOLITAN

Figure 9: exemple de composants, (la liste complète sera dans l'annexe)

3.3 Estimation du prix de maintenance

Afin de déterminer le coût de maintenance, et en se basant sur les résultats expérimentaux on a mis en place la relation suivante:

$$P_{\text{maintenance}} = \frac{\sum_i n_i p_i}{\sum_i n_i} + \text{prix}_{\text{technicien}}$$

Avec (n_i) le nombre d'occurrences d'une panne pour le $i^{\text{ème}}$ composant et (p_i) son prix.

Après calcul du prix de maintenance on trouve:

-Prix de maintenance de toutes les cartes en 2023: **2018.01 Euros**

-Prix moyen de maintenance de chaque carte en 2023: **14.36 Euros**

3.4 Rapport prix de maintenance estimé et prix de la carte initial

La figure 9 nous montre le cumul du coût de maintenance en comparaison avec le prix initial de la carte qui est de 161 euros:

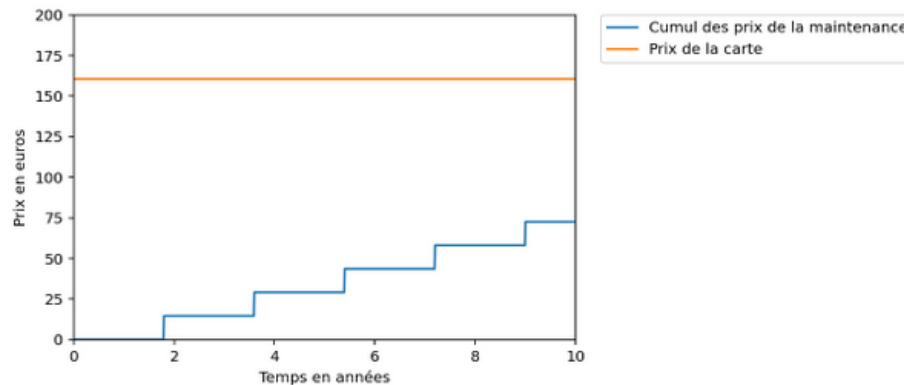


Figure 10: Evolution du prix de maintenance par rapport avec le prix de la carte initial au travers des années.

Conclusion: On trouve un rapport de **9%** par rapport au prix initial de la carte qui est de 161 euros, ce qui est raisonnable et qui nous informe sur l'un des critères de l'indice de réparabilité de la carte. Or ici on a considéré que le prix de l'euro est constant, les cartes ont été achetées en 2014; avec la variation du prix, cette carte aura une valeur en 2023 de 180,34 euros ce qui réduit encore le rapport à **7,96%** .

4 Indice de réparabilité

Afin de quantifier les caractéristiques de notre carte Psoc et de lui attribuer un indice de réparabilité, il faut noter les facteurs suivants :

- 1- Rapport prix de l'équipement et de sa maintenance.
- 2- Facilité du démontage et de la fixation (on admet que la main d'œuvre possède l'ensemble des outils nécessaires pour la maintenance de la carte, démontage et fixation de type classique: soudure, changement de pièce ...)
- 3- Durée de maintenance $\sim 30min$ pour un taux de fiabilité $> 50\%$ tous les 21 mois.
- 4- Disponibilité de la documentation technique.

On se basera sur une grille adaptée similaire à la grille suivante afin de calculer l'indice de réparabilité: <https://www.ecologie.gouv.fr/indice-reparabilite>

Critère	Sous-critère	Note du sous-critère	Coefficient du sous-critère	Note du critère	Total des notes des critères
1. Documentation	1.1. Durée de disponibilité de la documentation technique et relative aux conseils d'utilisation et d'entretien	10	2	20	100
	2. Démontabilité et accès, outils, fixations	2.1. Facilité de démontage des pièces de la liste 2*	1	20	
	2.2. Outils nécessaires (liste 2)	10	0,5		
	2.3. Caractéristiques des fixations entre les pièces de la liste 1** et de la liste 2	10	0,5		
3. Disponibilité des pièces détachées	3.1. Durée de disponibilité des pièces de la liste 2	10	1	20	
	3.2. Durée de disponibilité des pièces de la liste 1	10	0,5		
	3.3. Délai de livraison des pièces de la liste 2	10	0,3		
	3.4. Délai de livraison des pièces de la liste 1	10	0,2		
4. Prix des pièces détachées	4.1. Rapport prix des pièces de la liste 2 sur prix de l'équipement neuf	10	2	20	
5. Critère spécifique (exemple avec 3 sous-critères)	5.1.	10	1	20	
	5.2.	10	0,5		
	5.3.	10	0,5		
Note de l'indice					10

**liste 2 : liste des 3 à 5 pièces détachées au maximum (selon la catégorie d'équipements concernée) dont la casse ou les pannes sont les plus fréquentes*
***liste 1 : liste de 10 autres pièces détachées au maximum (selon la catégorie d'équipements concernée) dont le bon état est nécessaire au fonctionnement de l'équipement*

Figure 11: Grille évaluative présente dans le site du gouvernement
Notre grille adaptée à celle de la figure 11 est la suivante:

Critère	Note du critère	justification	Note total des critères
Documentation : durée de disponibilité de la documentation technique et relative aux conseils d'utilisation et d'entretien	13/20	Même si on trouve une documentation technique riche mais cette dernière manque d'informations relatives à l'entretien.	82/100
Démontabilité et accès, outils, fixations	19/20	L'accès aux pièces de la carte reste tout de même assez facile.	
Disponibilités des pièces détachées	16/20	Les pièces détachées sont des pièces assez « classiques », donc il n'est pas difficile de se procurer de tels équipements	
Rapport prix des pièces détachées et prix de l'équipement neuf	15/20	Le prix des pièces détachées représente ~57% du prix de l'équipement neuf, cela reste raisonnable	
Rapport prix de la maintenance et prix de l'équipement neuf/évolution cumul prix de la maintenance avec les années	19/20	On a trouvé précédemment que le rapport entre le coût de la maintenance et celui de l'équipement neuf est égal à 7,96%. Même au bout de 10 ans le cumul des coûts de la maintenance n'atteint pas le prix de la carte	

Figure 12: Grille finale qui fournit la note total des critères nécessaires pour l'indice de réparabilité

Conclusion finale:

En se basant sur notre étude et les hypothèses considérées, on a pu mettre en évidence un indice de réparabilité concernant les cartes PSoC:



Figure 13: L'indice de réparabilité des cartes PSoC

On estime que les cartes PSoC ont un indice de réparabilité élevé. Toutefois, les hypothèses qui constituent la base de notre étude restent discutables dans la mesure où on avait très peu d'informations concrètes et donc la solution a été d'utiliser nos connaissances en probabilités ce qui nous a permis de faire cette approche de la problématique.

5 Bibliographie

1. **Pr.Ahmed BELLAOUAR,M.A.Salima BELEULMI**,”FIABILITE MAINTENABILITE DISPONIBILITE” , lien vers le pdf,2013-2014.
2. **Robert LAPLACE**,” Fiabilité des systèmes en électronique” ,BULLETIN DE L’UNION DES PHYSICIENS,No 758,Vol. 87 - Novembre 1993.
3. **Site gouvernement pour les informations concernant l’indice de réparabilité:lien**

6 Annexe

Démonstration théorique de la formule de probabilité :

$$P_5 = P(X_0 \cap X_1 \cap X_2 \cap \dots \cap [(X_4 \cap X_{10}) \cup (X_4 \cap X_{11})] \cap [(X_7 \cap X_6 \cap X_8) \cup (X_7 \cap X_7 \cap X_9)] \cap X_{13} \cap X_{12} \cap [X_7 \cap X_{17}] \cap [X_{16} \cap X_{18}])$$
$$P_5 = P(X_0) \cdot P(X_1) \cdot P(X_2) \cdot P(X_4 \cap X_{10}) \cup (X_4 \cap X_{11}) \cdot P(X_7 \cap X_6 \cap X_8) \cup (X_7 \cap X_7 \cap X_9) \cdot P(X_{13}) \cdot P(X_{12}) \cdot P(X_7 \cap X_{17}) \cdot P(X_{16} \cap X_{18})$$

Préambule:

Ce fichier est un complément du rapport final, il gère la dataset contenant les différentes pannes qu'on a pu détecter après notre test de maintenance, les implémentations des fonctions qu'on a du exhibé pour cette étude, et les différentes statistiques étudiées.

NB:

Les cartes ont été fabriqué en 2014, ce travaille est fait en 2023 pour la première fois, donc les hypothèses qui constituent la base de notre étude restent discutables dans la mesure ou on avait très peu d'informations concrètes.

1- Etude des cartes et des pannes:

```
In [71]: # Import libraries
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
%config InlineBackend.figure_format = 'retina'

In [72]: # Read the DataSet
df= pd.read_csv("/home/j/Downloads/cartes et pannes - Feuille 1.csv")
df
```

5/11/23, 1:26 PM

psoc

Out[72]:

	Unnamed: 0	PSoc-N	nbre de pannes	Entree	regulateur	PSoc micro-c	Tx	Rx	ports(16)	ports BNC	interr décalage	E
0	NaN	51	1.0	NaN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1	NaN	35	1.0	NaN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2	NaN	23	2.0	NaN	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	NaN	0.0	
3	NaN	69	1.0	NaN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	
4	NaN	49	2.0	NaN	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
...	
69	NaN	--	1.0	NaN	NaN	1.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	
70	NaN	--	1.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	1.0	NaN	NaN	
71	NaN	5	0.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	
72	NaN	22	0.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	
73	NaN	--	2.0	NaN	NaN	NaN	NaN	1.0	1.0	NaN	NaN	

74 rows × 15 columns

```
In [73]: # Drop Psoc-N column because it's not necessary
df= df.drop('PSoc-N', axis=1)
df
```

Out[73]:

	Unnamed: 0	nbre de pannes	Entree	regulateur	PSoc micro-c	Tx	Rx	ports(16)	ports BNC	interr décalage	Bornes BNC
0	NaN	1.0	NaN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	NaN	1.0	NaN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
2	NaN	2.0	NaN	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	NaN	0.0	0.0
3	NaN	1.0	NaN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0
4	NaN	2.0	NaN	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
...
69	NaN	1.0	NaN	NaN	1.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
70	NaN	1.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	1.0	NaN	NaN	NaN
71	NaN	0.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
72	NaN	0.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
73	NaN	2.0	NaN	NaN	NaN	NaN	1.0	1.0	NaN	NaN	NaN

74 rows × 14 columns

```
In [74]: # Drop The Unamed columns,
df= df.drop('Unnamed: 0', axis=1)
df
```

Out[74]:

	nbre de pannes	Entree	regulateur	PSoc micro-c	Tx	Rx	ports(16)	ports BNC	interr décalage	Bornes BNC	mini prog	Emett Recei
0	1.0	NaN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	NaN
1	1.0	NaN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	NaN	NaN
2	2.0	NaN	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	NaN	0.0	0.0	1.0	NaN
3	1.0	NaN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	NaN
4	2.0	NaN	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	NaN
...
69	1.0	NaN	NaN	1.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	1.0	NaN
70	1.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	1.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
71	0.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
72	0.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
73	2.0	NaN	NaN	NaN	NaN	1.0	1.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN

74 rows × 13 columns

```
In [75]: # Drop Nbre de pannes column, it wont help us in visualization
df=df.drop('nbre de pannes',axis=1)
df
```

Out[75]:

	Entree	regulateur	PSoc micro-c	Tx	Rx	ports(16)	ports BNC	interr décalage	Bornes BNC	mini prog	Emett-Recep	LCD
0	NaN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	NaN	NaN
1	NaN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	NaN	NaN	NaN
2	NaN	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	NaN	0.0	0.0	1.0	NaN	NaN
3	NaN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	NaN	NaN
4	NaN	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	NaN	NaN
...
69	NaN	NaN	1.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	1.0	NaN	NaN
70	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	1.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
71	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
72	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
73	NaN	NaN	NaN	NaN	1.0	1.0	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN

74 rows × 12 columns

```
In [76]: # Fill the NaN values with 0, i haven't done it while making the dataset
df.fillna(0)
```

5/11/23, 1:26 PM

psoc

Out[76]:

	Entree	regulateur	PSoc micro- c	Tx	Rx	ports(16)	ports BNC	interr décalage	Bornes BNC	mini prog	Emett- Recep	LCD
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
...
69	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
71	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
73	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

74 rows × 12 columns

In [77]:

```
# Somme des pannes par composants  
df.sum()
```

Out[77]:

```
Entree          0.0  
regulateur     11.0  
PSoc micro-c   26.0  
Tx              1.0  
Rx              4.0  
ports(16)      25.0  
ports BNC      12.0  
interr décalage 6.0  
Bornes BNC     21.0  
mini prog      14.0  
Emett-Recep    1.0  
LCD            20.0  
dtype: float64
```

In [78]:

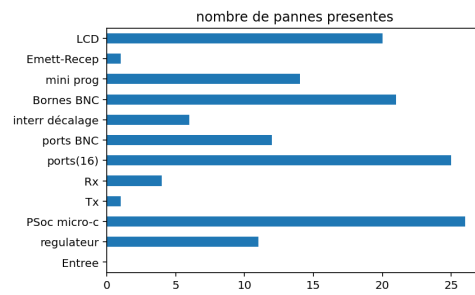
```
# Visualisation de la somme des pannes  
df_sum = df.sum()  
df_sum.plot(kind='barh')  
plt.title('nombre de pannes presentes')  
plt.figure(figsize=(30,15))
```

Out[78]:

<Figure size 2160x1080 with 0 Axes>

5/11/23, 1:26 PM

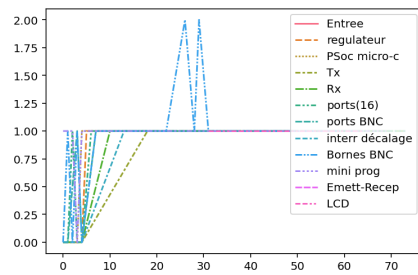
psoc



<Figure size 2160x1080 with 0 Axes>

```
In [79]: # Line plot
sns.lineplot(df)
```

Out[79]: <AxesSubplot:>



```
In [80]: # Preparation pour la heatmap
columns_map=list(df.columns)
columns_map
```

```
Out[80]: ['Entree',
'regulateur',
'PSoc micro-c',
'Tx',
'Rx',
'ports(16)',
'ports BNC',
'interr décalage',
'Bornes BNC',
'mini prog',
'Emmet-Recep',
'LCD']
```

```
In [81]: # Preparation pour la heatmap
df_mean=df.sum()/74
df_mean
```

```
Out[81]: Entree          0.000000
regulateur      0.148649
PSoc micro-c    0.351351
Tx              0.013514
Rx              0.054054
ports(16)       0.337838
ports BNC       0.162162
interr décalage 0.081081
Bornes BNC      0.283784
mini prog       0.189189
Emett-Recep     0.013514
LCD             0.270270
dtype: float64
```

```
In [82]: # Preparation pour la heatmap: creation d'une sous dataset ou il y a que la V.
df_heat=pd.DataFrame(df_mean, columns=['V.Moyenne'])
df_heat
```

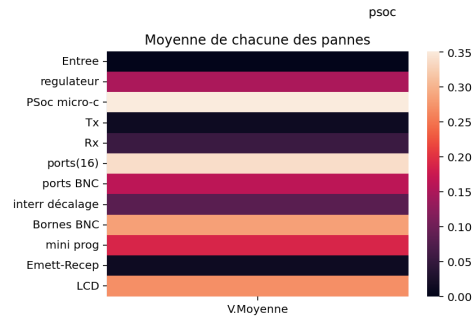
```
Out[82]:
```

	V.Moyenne
Entree	0.000000
regulateur	0.148649
PSoc micro-c	0.351351
Tx	0.013514
Rx	0.054054
ports(16)	0.337838
ports BNC	0.162162
interr décalage	0.081081
Bornes BNC	0.283784
mini prog	0.189189
Emett-Recep	0.013514
LCD	0.270270

```
In [83]: # HEAT MAP
plt.title("Moyenne de chacune des pannes")
sns.heatmap(df_heat)
plt.figure(figsize=(30,15))
```

```
Out[83]: <Figure size 2160x1080 with 0 Axes>
```

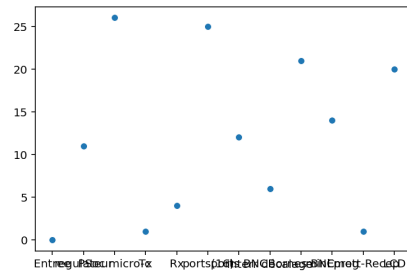
5/11/23, 1:26 PM



<Figure size 2160x1080 with 0 Axes>

```
In [84]: # Scatter Plot
sns.scatterplot(x=df.columns,y=df.sum())
```

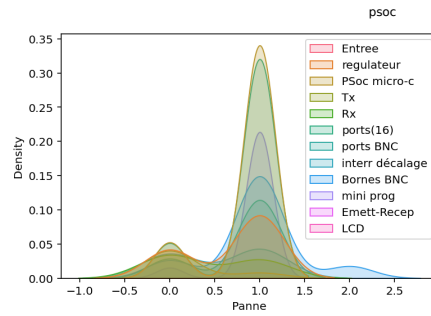
Out[84]: <AxesSubplot:>



```
In [85]: # Density Plot
sns.kdeplot(df,fill=True,warn_singular=False)
plt.xlabel('Panne')
```

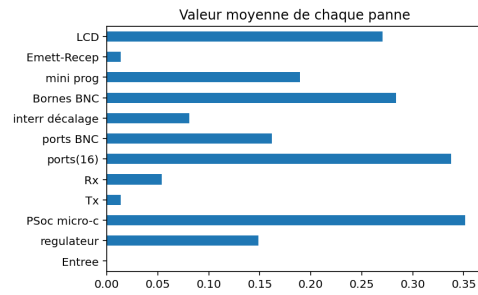
Out[85]: Text(0.5, 0, 'Panne')

5/11/23, 1:26 PM



```
In [86]: # Bar plot using mean value
df_mean.plot(kind='barh')
plt.title('Valeur moyenne de chaque panne')
plt.figure(figsize=(30,15))
```

Out[86]: <Figure size 2160x1080 with 0 Axes>



<Figure size 2160x1080 with 0 Axes>

D'après l'analyse graphique qu'on vient de faire, on peut remarquer que les pannes consistent essentiellement les composants suivants:

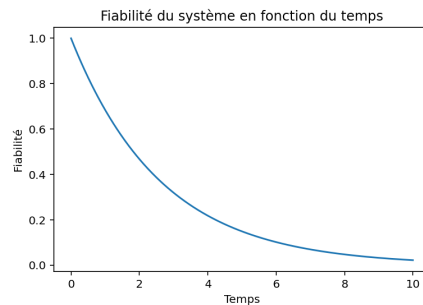
D'après l'analyse graphique qu'on vient de faire, on peut remarquer que les pannes consistent essentiellement les composants suivants:

- 1-Les LCD: composant qui n'est pas assez important dans l'APP 2, pourtant il fait partie de notre carte.
- 2-Port du Mini programmeur : on a pris en consid'eration ceux qui marchent plus, ceux qui nécessitent une alimentation externe, ainsi que ceux qui ont besoin d'une assistance manuelle pour fonctionner(les dents sont cramées).

- 3- Les bornes BNC: la majorité des bornes sont dessoudées, elles tournent mais une grande portion fonctionne encore.
- 4- Les ports BNC et 16: ce sont des ports de même type, ils présentent majoritairement un faux contact dans la majorité des cartes et nécessitent une réparation immédiate.
- 5- Les PSoC: il y a une grande partie des cartes qui ne comporte pas le PsoC, d'autres parties présentent des problèmes de PGA, CAN ou CNA.
- 6- Les régulateurs: soit détachés, soit ne fonctionnent plus et nécessitent une réparation.

2- Implementation de la fonction de fiabilité:

```
In [87]: def fiabilite(lam, lae, t):
          return np.exp(-10*lam*t)*((2-np.exp(-lam*t))**2)*np.exp(-2*lae*t)*np.exp(-
          lam = 10**(-2) # Normalement les lambda valent entre [1E-6, 1E-9] par heure,
          lae = 10**(-2) # remettre le temps en an va reduire la val de lambda en 1E-2
          t_array = np.linspace(0, 10, 1000)
          y = fiabilite(lam, lae, t_array)
          plt.plot(t_array, y)
          plt.xlabel('Temps')
          plt.ylabel('Fiabilité')
          plt.title('Fiabilité du système en fonction du temps')
          plt.show()
```



```
In [88]: # Essayons pour les différentes valeurs de Lambda ;
          lambdas = np.random.uniform(10**(-7), 10**(-2), 5)
          print('Les valeurs prises des Lambda sont:')
          for lam in lambdas:
              print(lam)
          t_array = np.linspace(0, 10, 1000)
          fig, axs = plt.subplots(2, 3, figsize=(10, 6))
          y = fiabilite(lambdas[0], lambdas[0], t_array)
          axs[0, 0].plot(t_array, y)
          axs[0, 0].set_title('lambdas[0]')
          y = fiabilite(lambdas[1], lambdas[1], t_array)
          axs[0, 1].plot(t_array, y)
          axs[0, 1].set_title('lambdas[1]')
          y = fiabilite(lambdas[2], lambdas[2], t_array)
```

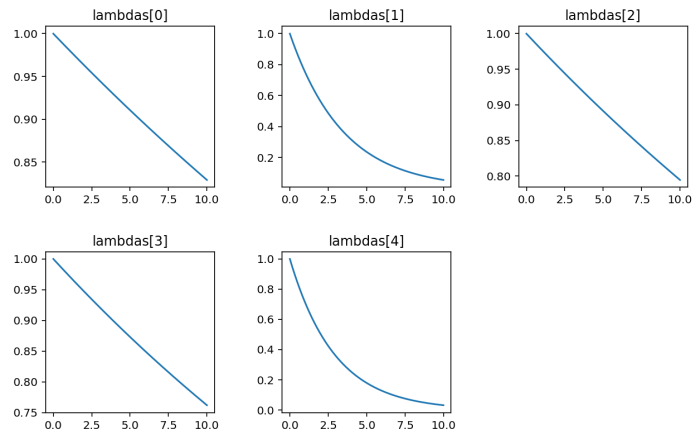
5/11/23, 1:26 PM

psoc

```
axs[0, 2].plot(t_array, y)
axs[0, 2].set_title('lambdas[2]')
y= fiabilite(lambdas[3],lambdas[3],t_array)
axs[1, 0].plot(t_array, y)
axs[1, 0].set_title('lambdas[3]')
y= fiabilite(lambdas[4],lambdas[4],t_array)
axs[1, 1].plot(t_array, y)
axs[1, 1].set_title('lambdas[4]')
axs[1, 2].axis('off')
plt.subplots_adjust(left=0.1, right=0.9, bottom=0.1, top=0.9, wspace=0.4, hspace=0.4)
plt.show()
```

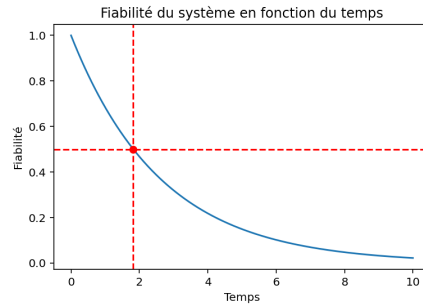
Les valeurs prises des Lambda sont:

```
0.000492763047970031
0.007569870418508396
0.0006048389567640035
0.000715641194907335
0.009026534668111808
```



In [89]:

```
l=10**(-2)
t_array = np.linspace(0, 10, 1000)
y1 = fiabilite(l,l,t_array)
y2=0.5
#Tracer
plt.plot(t_array, y1,y2)
plt.axhline(y=0.5, color='r',linestyle='--')
plt.axvline(1.81,color='r',linestyle='--')
plt.plot(1.81, 0.5, 'ro', label='Intersection')
plt.xlabel('Temps')
plt.ylabel('Fiabilité')
plt.title('Fiabilité du système en fonction du temps')
plt.show()
```



Conclusion:

- On admet qu'une carte Psoc perd sa fiabilité lorsque sa fonction de fiabilité est inférieure à 0,5 (50%)
- Cependant, d'après le graph d'avant, on a pu associer ce niveau de fiabilité à 1.81 ans ≈ 21 mois.
- On peut déduire que les cartes Psoc auront besoin d'une maintenance tous les 21 mois d'utilisation.

3- Maintenabilité :

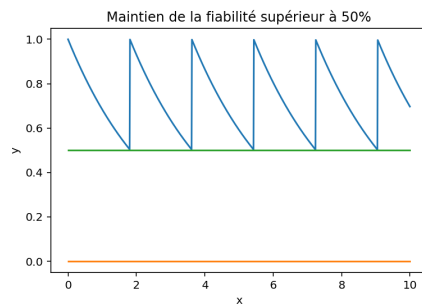
Lorsqu'on atteint $t \sim 21$ mois la fiabilité de notre modèle devient égale à 50%. Il faudra alors réaliser une maintenance bien avant l'écoulement de cette période afin de garantir une fiabilité élevée.

```
In [94]: # Fonction fiabilite
def f(x):
    return np.exp(-(10**-1)*x) * (2 - np.exp(-(10**-2)*x))**2 * np.exp(-3*(10**
# Fonction périodique
def f_periodic(x, period):
    return f(np.mod(x, period))
# Données pour l'axe des x
x = np.linspace(0, 10, 1000)
# Données pour l'axe des y
y = f_periodic(x, 1.81)
y_const = np.full_like(x, fill_value=0)
y_const1 = np.full_like(x, fill_value=0.5)
# Création de la figure et de l'axe
fig, ax = plt.subplots()
# Tracé de la courbe
ax.plot(x, y)
ax.plot(x, y_const, label='0')
ax.plot(x, y_const1, label='0,5')
# Ajout d'un titre
```

5/11/23, 1:26 PM

psoc

```
ax.set_title('Maintien de la fiabilité supérieur à 50%')  
# Ajout d'étiquettes pour les axes  
ax.set_xlabel('x')  
ax.set_ylabel('y')  
# Affichage de la figure  
plt.show()
```



```
In [95]: prix=[1.573*25, 1.535*6, 2.646*12, 0.134*11, 50*31, 18.24*20, 14.47, 0.5*14]  
somme = sum(prix)  
n=141 # nbr total de panne  
salaire_tech = 1765*.5/(35*4) # Salaire Tech de maintenance, en estimant que  
print('Prix de maintenance de toutes les carte Psoc en 2023:',round(sum(prix),  
moyenne=(somme+salaire_tech)/n  
print('Prix de maintenance de chaque carte Psoc en moyenne 2023:',round(moyen
```

Prix de maintenance de toutes les carte Psoc en 2023: 2018.031 Euro
Prix de maintenance de chaque carte Psoc en moyenne 2023: 14.357 Euro

```
In [96]: # Sachant que le prix d'une seule carte Psoc 161Euro;  
prix=161  
prix_euro_2023=180.34  
a= moyenne/prix_euro_2023  
print('Sur 10 ans le Cout de maintenabilite presente: ',round(a*100,2),'%','du
```

Sur 10 ans le Cout de maintenabilite presente: 7.96 % du prix total de la car
te.

```
In [97]: import matplotlib.pyplot as plt  
def f(x):  
    for i in range(11):  
        if i <= x / 1.8 < i + 1:  
            return 14.5 * i  
g = lambda x : 161  
# Créer une liste de valeurs de x  
x_values = [i/100 for i in range(1801)]  
# Calculer les valeurs de y correspondantes à chaque valeur de x  
y1 = [f(x) for x in x_values]  
y2 = [g(x) for x in x_values]  
# Tracer le graphique  
plt.plot(x_values, y1,label='Cumul des prix de la maintenance')
```

file:///home/j/Downloads/psoc (4).html

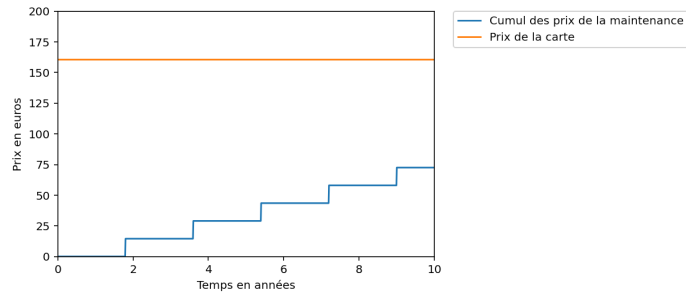
12/13

5/11/23, 1:26 PM

psoc

```
plt.plot(x_values,y2,label='Prix de la carte')
plt.legend(bbox_to_anchor=(1.05, 1), loc=2, borderaxespad=0.)
# Définir les limites des axes x et y
plt.xlim(0, 10)
plt.ylim(0, 200)
#légende:
plt.xlabel('Temps en années')
plt.ylabel('Prix en euros')

# Afficher le graphique
plt.show()
```



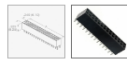
Conclusion finale:

En se basant sur notre étude et les hypothèses considérées, on a pu mettre en évidence un indice de réparabilité concernant les cartes PSoC: On estime que les cartes PSoC ont un indice de réparabilité élevé. Toutefois, les hypothèses qui constituent la base de notre étude restent discutables dans la mesure où on avait très peu d'informations concrètes et donc la solution a été d'utiliser nos connaissances en probabilités ce qui nous a permis de faire cette approche de la problématique.

L'annexe des composants:(pages suivantes)

AMPHENOL COMMERCIAL (AMPHENOL)

Amphenol
Commercial Products



In Stock 34254 pcs

Référence Prix (En dollars américains)	1 pcs	16 pcs	112 pcs	512 pcs	1008 pcs
	\$1.573	\$1.511	\$1.259	\$1.07	\$0.913

DEMANDER UN DEVIS

Référence	66953-014LF
Fabricant	Amphenol FCI
La description	CONN RCPT 28POS .100 DL STR PCB
État sans plomb / État RoHS	Sans plomb / conforme à la directive RoHS

<https://www.components-store.fr/product/Amphenol-Commercial-Products/66953-014LF.html>

COPAL ELECTRONICS

A Miller Group Company
COPAL ELECTRONICS
-All for dreams



In Stock 37273 pcs

Référence Prix (En dollars américains)	1 pcs	10 pcs	25 pcs	50 pcs
	\$1.535	\$1.47	\$1.406	\$1.342
	100 pcs	250 pcs	500 pcs	1000 pcs
	\$1.214	\$1.118	\$1.022	\$0.894

DEMANDER UN DEVIS

Référence	8J1051-Z
Fabricant	Copal Electronics
La description	SWITCH TOGGLE SPDT 6A 125V
État sans plomb / État RoHS	Sans plomb / conforme à la directive RoHS

<https://www.components-store.fr/product/Copal-Electronics/8J1051-Z.html>



In Stock 12723 pcs	
Référence Prix (En dollars américains)	1 pcs \$2.646

DEMANDER UN DEVIS

Référence	BNCINSERT-W
Fabricant	HellermannTyton
La description	INSERT BNC JACK COUPLER
État sans plomb / État RoHS	Sans plomb / conforme à la directive RoHS

<https://www.components-store.fr/product/HellermannTyton/BNCINSERT-W.html>



In Stock 150460 pcs	
Référence Prix (En dollars américains)	800 pcs \$0.134

DEMANDER UN DEVIS

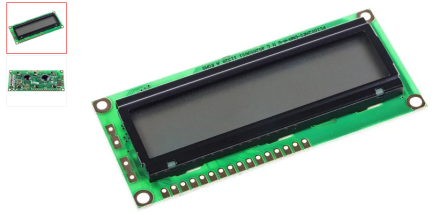
Référence	SC7805CTG
Fabricant	AMI Semiconductor / ON Semiconductor
La description	IC REG LINEAR 5V 1A TO220FI
État sans plomb / État RoHS	Sans plomb / conforme à la directive RoHS

<https://www.components-store.fr/product/AMI-Semiconductor-ON-Semiconductor/SC7805CTG.html>

WINSOURCE ELECTRONICS Win Source ✓ Certificates

Part #	Manufacturer	Description	Stock	Price	Buy
CY8C29466-24PXI	Cypress Semiconductor Corp	Mixed Signal Array	1200	1: \$49.854	Buy

<https://www.digipart.com/part/CY8C29466-24PXI>



[Voir la catégorie](#)

Vérifier le stock en temps réel

Prix pour la pièce
18,24 €
 HT **21,89 €**
TTC

Unité	Prix par unité
1 - 4	18,24 €

<https://fr.rs-online.com/web/p/afficheurs-monochromes-lcd/2948695>



[Voir la catégorie](#)

Prix pour la pièce
14,47 €
 HT **17,36 €**
TTC

Unité	Prix par unité
1 - 4	14,47 €

<https://fr.rs-online.com/web/p/emetteurs-fibre-optique/1711600>



RP
 Robotpark

Product Code: 92207
 Availability: **In Stock**
 Delivery: **Same Day Delivery**

Views: 13390

Connector |

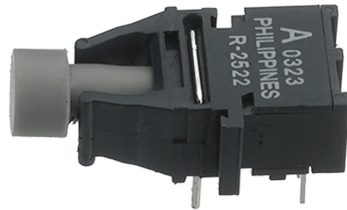
Product Description

- 2.54mm 5-pin PCB male connector
- Simple and easy connections
- Standard 2.54mm female connector compatible

\$0.50
 Change Currency

- 1 + ADD TO CART

SHIPPING OPTIONS TO FRANCE, METROPOLITAN



Prix pour la pièce

14,47 €

HT

17,36 €

TTC

Unité	Prix par unité
1 - 4	14,47 €
5 - 24	12,59 €

[Voir la catégorie](#)

<https://fr.rs-online.com/web/p/recepteurs-fibre-optique/8415040>

Le salaire mensuel chez STMicroelectronics est compris entre environ 1 765 € par mois pour le poste "Technicien de Maintenance (H/F)" et 3 200 € par mois pour le poste "Ingénieur (H/F)".