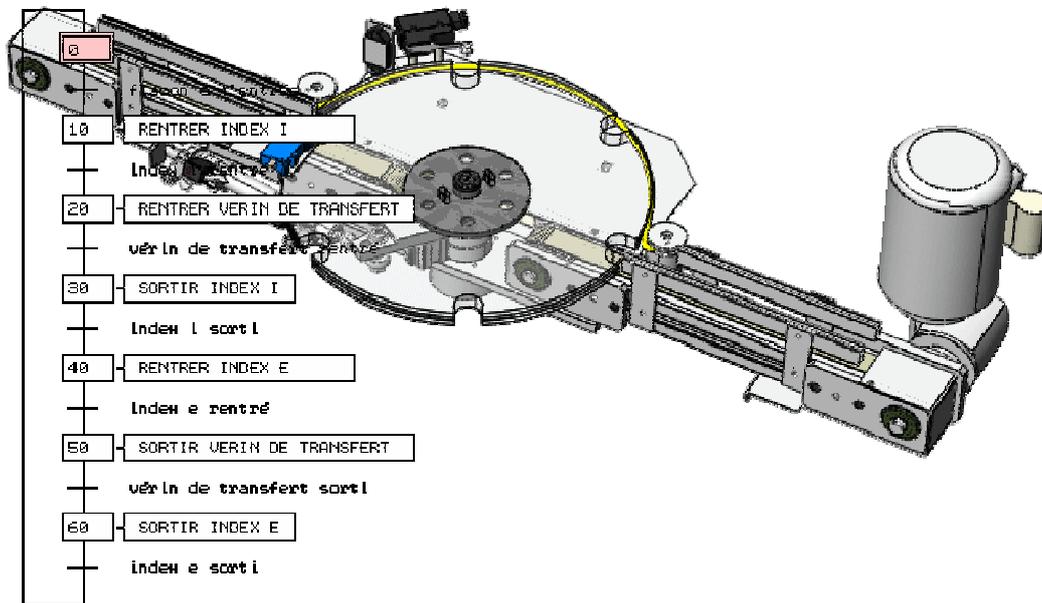


# Le GRAFCET



## Centre d'intérêt :

- Analyser les constituants d'un système réel d'un point de vue structurel et comportemental



## Objectifs

A la fin de la séquence, l'élève doit être capable

- de décrire le comportement d'un système ou d'un sous-système à partir de la lecture d'un GRAFCET
- d'analyser le comportement d'un système ou d'un sous-système à partir de la lecture d'un GRAFCET
- d'identifier la nature d'un signal figurant dans un GRAFCET (niveau actif, signal issu d'un capteur ou signal de commande)
- d'élaborer un GRAFCET à partir de la description d'un système ou d'un sous-système

## I/ Introduction

La complexité des processus de fabrication implique l'usage intensif d'automatismes assurant avec rapidité et précision certaines tâches répétitives. La définition et le séquençage de ces tâches ne peuvent être que décrits que par des langages de programmation de haut niveau.

L'exécution de ces programmes est assurée par des Automates Programmables Industriels (API).



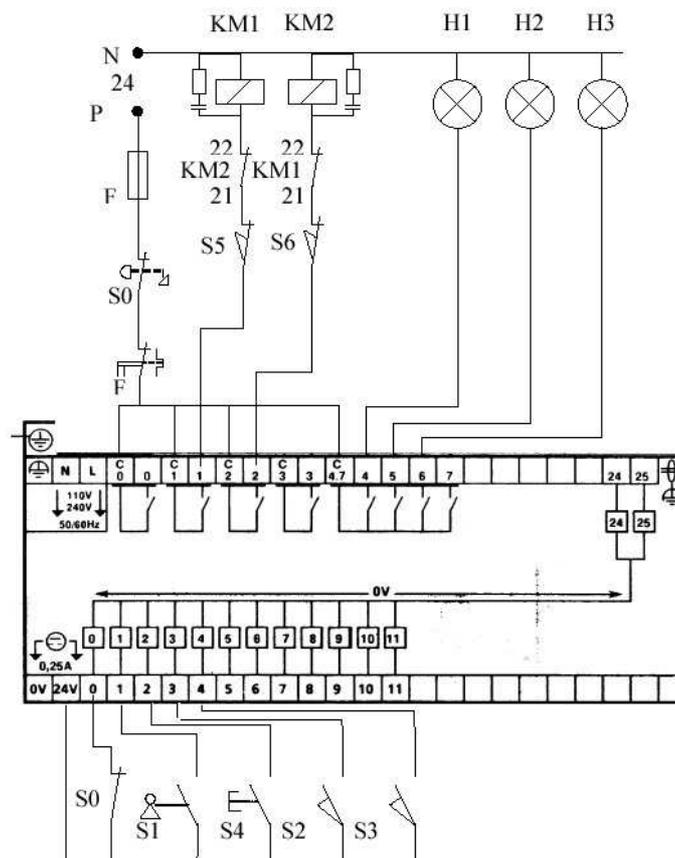
## Automate programmable Industriel

Un API est un système de traitement de l'information programmable doté d'interfaces d'entrée/sortie.

Ils peuvent donc recevoir en entrée des signaux électriques issus de capteurs (S0, S1...) et délivrer des signaux électriques qui permettent la commande de préactionneurs ou d'actionneurs (KM1, KM2, H1...).

Leur programmation se fait par des langages graphiques (LADDER, GRAFCET...).

**Ci-dessous : Automate TSX17 associé à des capteurs et des préactionneurs.**



## III/ Le GRAFCET



### Définition

Le GRAFCET (**GRA**phe **F**onctionnel de **CO**mmande **E**tape **T**ransition) est un outil de description graphique des automatismes décrit en 1993 par la norme NF (UTE) C03-190 + R1 mais qui subit des mises à jour régulières (NF EN60848 en 2002).

Il permet de définir de manière séquentielle l'évolution des sorties de l'automate en fonction des entrées.

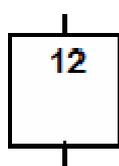
Le GRAFCET décrit sous forme graphique le fonctionnement de l'automatisme, comme un algorithme décrit le fonctionnement d'un logiciel.

Des logiciels spécialisés permettent l'écriture du GRAFCET, sa compilation en langage compréhensible par le microprocesseur (composant élémentaire mais indispensable de l'automate) et le transfert vers l'API.

### III/ Les éléments du GRAFCET

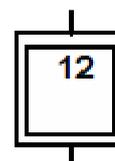


#### Les étapes et actions associées

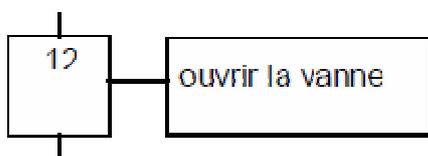


Une étape caractérise un comportement invariant du système.

Elle est soit active, soit inactive. Elle est représentée par un carré comportant un numéro qui doit être unique dans le programme.

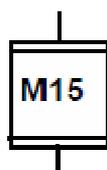


Les étapes qui sont actives au début du processus (au démarrage de l'API) sont les étapes initiales. Elles sont représentées par un double carré.



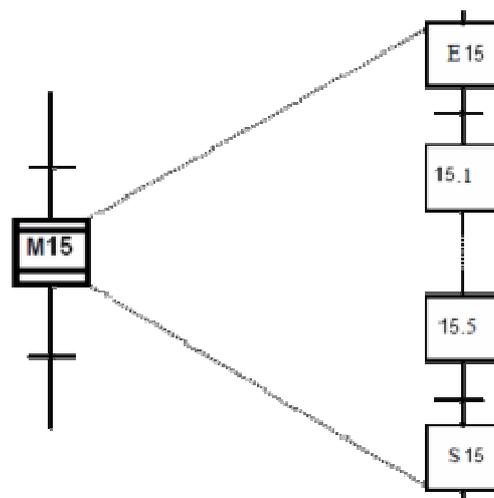
A chaque étape peut être associée une action représentée en général par un rectangle à droite de l'étape. Le rectangle doit comporter un mnémonique ou un texte spécifique à l'action. Si plusieurs actions sont réalisées, plusieurs rectangles seront mis côte à côte.

Une étape dispose en règle générale (si elle n'est ni étape source, ni étape puit) d'une information logique d'entrée et d'une information logique de sortie représentés par deux traits verticaux de part et d'autre de l'étape.



Pour simplifier un GRAFCET, on peut utiliser une macro-étape qui est la représentation d'une séquence d'étapes.

L'étape d'entrée de la macro *n* portera le numéro *En* et l'étape de sortie par le numéro *Sn*.



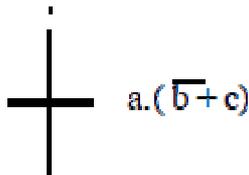
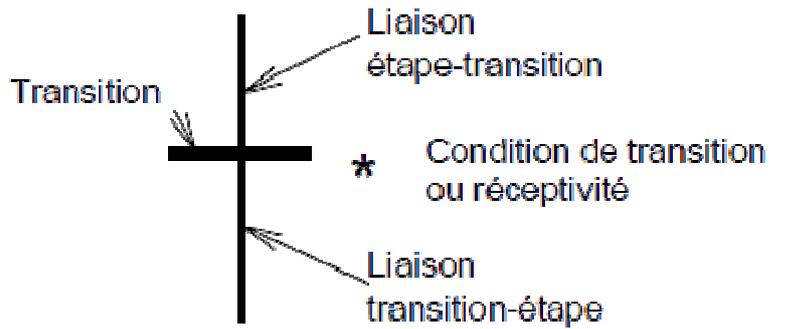
**Remarque importante :** La variable  $X_n$ , où  $n$  est le numéro de l'étape, est à "1" lorsque l'étape  $n$  est active.



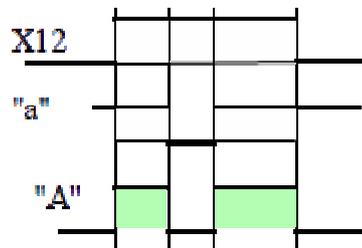
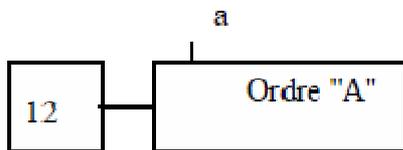
## Les transitions

Une transition permet de définir la condition permettant de passer aux étapes suivantes.

Elle est représentée par un trait vertical liant deux étapes et un trait horizontal associé à une *réceptivité*.



La réceptivité correspond à une équation booléenne. Si l'équation booléenne est vraie et que l'étape précédente est active, on active la ou les étapes suivantes.



Une transition peut être associée à une action. Cela apporte de la souplesse à un GRAFCET et permet de le simplifier.

Dans l'exemple ci contre **A** est actif seulement si l'étape **12** est active ET **a** est à "1".



## Les temporisations

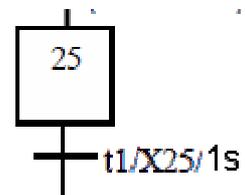
Dans certains cas, les automatismes nécessitent des temps d'attentes, des temporisations.

Ces événements (fin de temporisation) sont associés à des transitions.

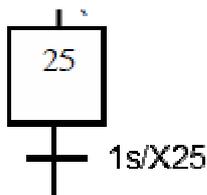
L'écriture peut varier selon le compilateur utilisé.

La norme adopte cette écriture :

- t1: numéro de la temporisation
- X25 événement qui déclenche la temporisation
- 1s : durée de la temporisation

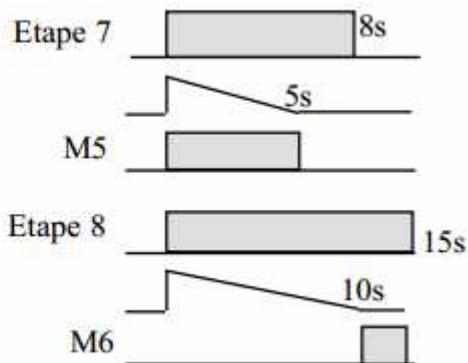
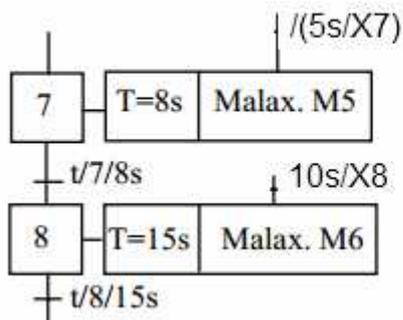


D'autres écritures sont possibles. Ci-dessous une syntaxe autorisée par AUTOMGEN :



Dans cet exemple, il n'est pas nécessaire de définir le temporisateur. Le compilateur le gère seul.

Dans le cas des temporisations associées aux actions :



## Les compteurs

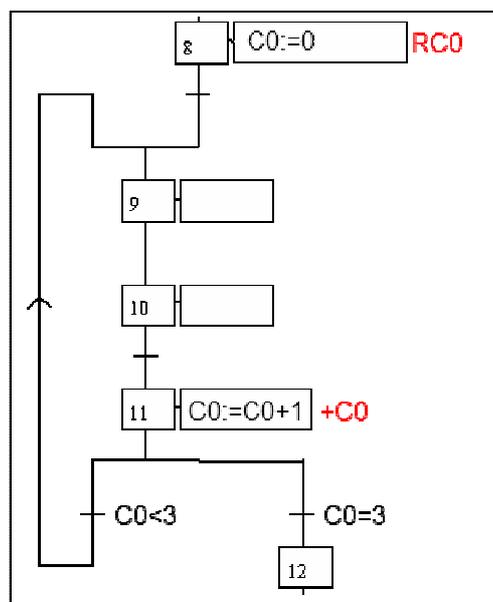
Dans un automate, certaines actions sont répétées, ce qui nécessite des compteurs.

Un compteur se distingue par le fait que :

- il doit être initialisé
- sa valeur doit être modifiée (incrémentée ou décrémentée souvent)
- il conditionne une action

L'initialisation et la modification sont des actions, le conditionnement d'une action est une réceptivité.

**Remarque :** ci-contre en rouge la syntaxe du logiciel AUTOMGEN



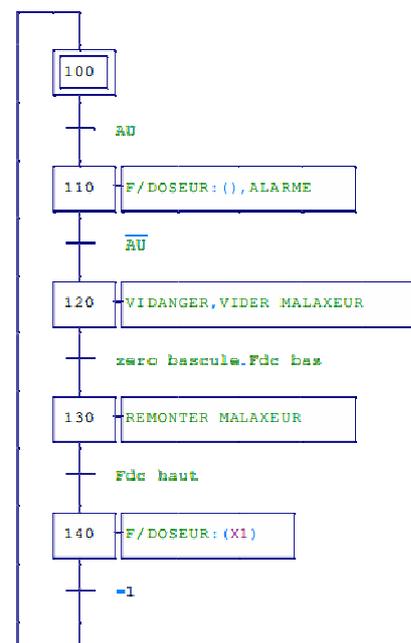
## IV/ Les structures



### Structure linéaire

Un GRAFCET s'écrit et se lit du haut vers le bas. Une transition est toujours suivie et précédée d'une étape.

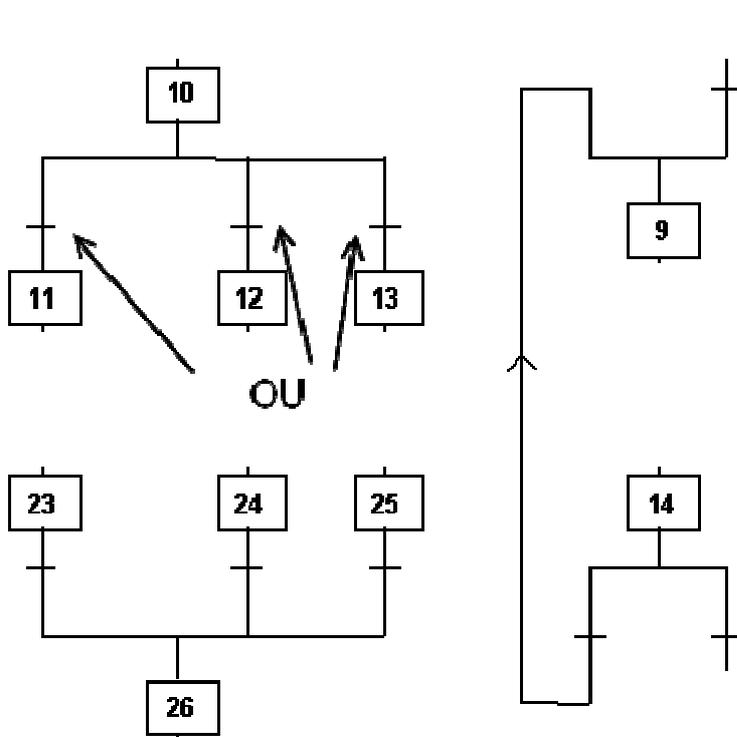
- Il est interdit d'avoir deux étapes qui se suivent sans transition intermédiaire.
- Il est également interdit d'avoir deux transition successives sans étape intermédiaire.





## Séquences alternatives

Dans une structure alternative, seule une branche du GRAFCET peut être exécutée en fonction de l'état logique des réceptivités.



Les divergences et convergences sont représentées par un trait horizontal simple.

**Remarque :** les transitions sont situées en tête et à la fin de chaque branche.



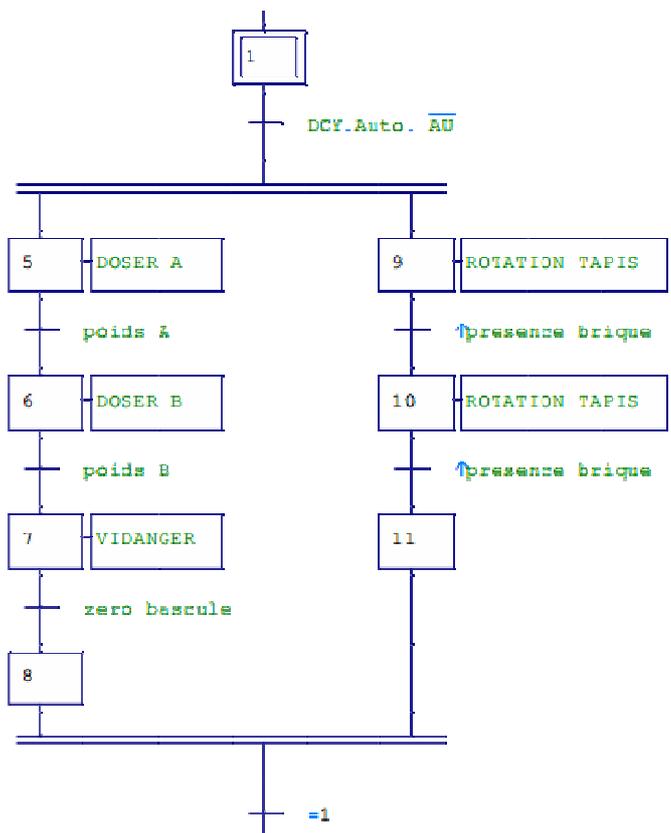
## Séquences simultanées

Dans une séquence simultanée, toutes les branches du GRAFCET sont exécutées en même temps et à leurs rythmes.

Les transitions sont placées avant la divergence et après la convergence.

Ces divergence et convergence sont représentées par des traits horizontaux doubles.

**Remarque :** Il est conseillé, avant la convergence de prévoir des étapes d'attente sans actions afin de synchroniser les différentes branches.



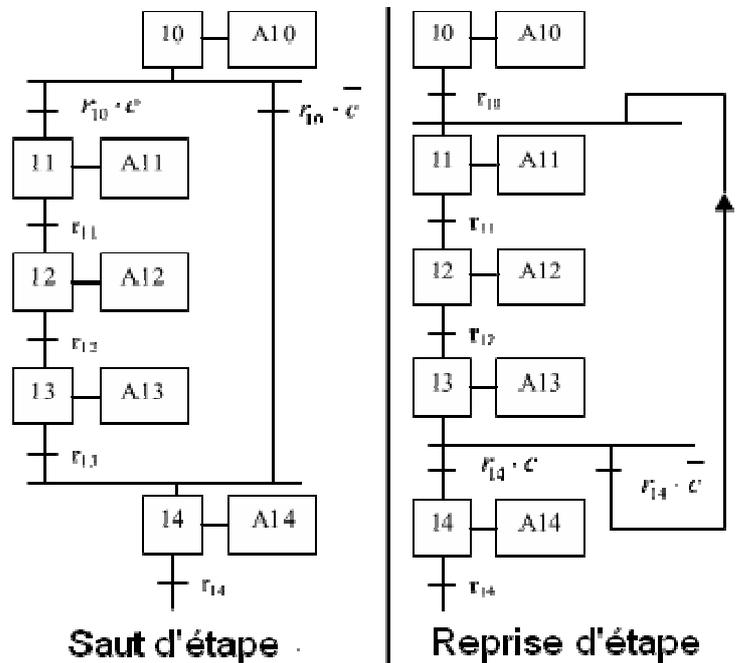


## Reprise et saut d'étapes

**Saut d'étapes** et **Reprise d'étapes** sont deux formes particulières de séquences alternatives.

Le saut d'étape permet d'éviter l'exécution de certaines étapes.

La reprise d'étape permet d'exécuter à nouveau un ensemble d'actions.



## V/ Les règles d'évolution



### les règles d'évolution

#### Règle 1 :

Les étapes INITIALES sont celles qui sont actives au début du fonctionnement. On les représente en doublant les côtés des symboles. A la mise en route de l'automate, toutes les étapes initiales sont actives.

#### Règle 2 :

Une TRANSITION est soit validée, soit non validée (et pas à moitié validée). Elle est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives. Elle ne peut être FRANCHIE que lorsqu'elle est validée et que sa réceptivité est vraie. Elle est alors obligatoirement franchie.

#### Règle 3 :

Le franchissement d'une transition entraîne simultanément

- l'activation de toutes les étapes immédiatement suivante
- et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes

#### Règle 4 :

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies

**Règle 5 :**

Si au cours du fonctionnement de l'automatisme, une même étape doit être désactivée et activée en même temps, elle reste active

## VII/ GRAFCET multiples

La complexité des équipements impose souvent la décomposition d'un automatisme en plusieurs chaînes fonctionnelles. Chacune est gérée par un ou plusieurs GRAFCET. Ces GRAFCET multiples sont eux même pilotés par un GRAFCET de mode de marche (GMM) ou sont synchronisés entre eux.



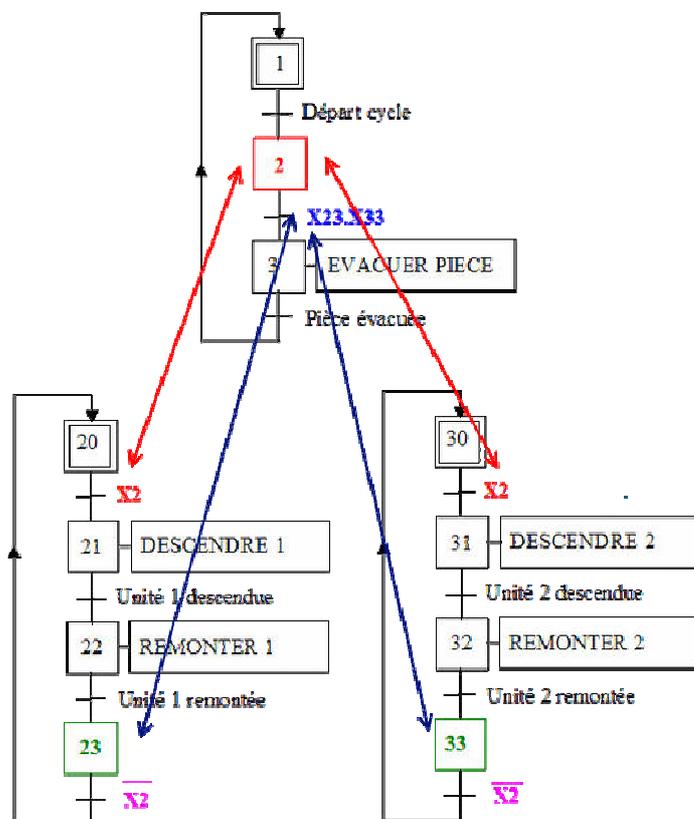
### Synchronisation de GRAFCET

Dans le cas de **graphes Maître-Esclave** ou simplement de graphes synchronisés, le principe repose sur l'utilisation des variables  $X_n$ .

Lorsqu'une étape  $n$  est active, la variable  $X_n$  autorise l'évolution des graphes secondaires.

Dans l'exemple ci-dessous, si l'étape 2 est active, les étapes 21 et 31 peuvent être activées (si 20 et 30 le sont initialement).

Pour activer l'étape 3, les graphes secondaires 20 et 30 doivent être terminés.



**Remarque :** au lieu d'utiliser la réceptivité /X2 on aurait pu prendre X3