

Tutoriel rapide et remarques pour l'utilisation de CPNTools (v4.0.0 et v4.0.1) pour des réseaux de Petri.

Ce document est une introduction au logiciel CPN Tools au travers d'un exemple et n'a pas vocation à être exhaustif sur toutes les possibilités du logiciel mais simplement à aider à la prise en main du logiciel.

Table des matières

Lancement.....	1
Commandes clic.....	2
Clic gauche.....	2
Clic gauche enfoncé.....	2
Clic droit.....	2
Clic droit enfoncé.....	2
Créer un projet.....	2
Enregistrer un projet.....	5
Créer une nouvelle page dans le projet.....	6
Remarque sur les noms des éléments.....	8
Ouvrir / fermer une page.....	8
Ouverture.....	8
Fermeture.....	10
Création d'un réseau de Petri généralisé.....	10
Create.....	11
Créer une transition.....	12
Créer une place.....	12
Créer un arc.....	13
Supprimer un élément.....	14
Nommer les éléments.....	15
Remarque.....	15
Marquage initial.....	16
Simulation.....	17
Hierarchisation.....	20
Analyse avec l'espace d'état.....	28

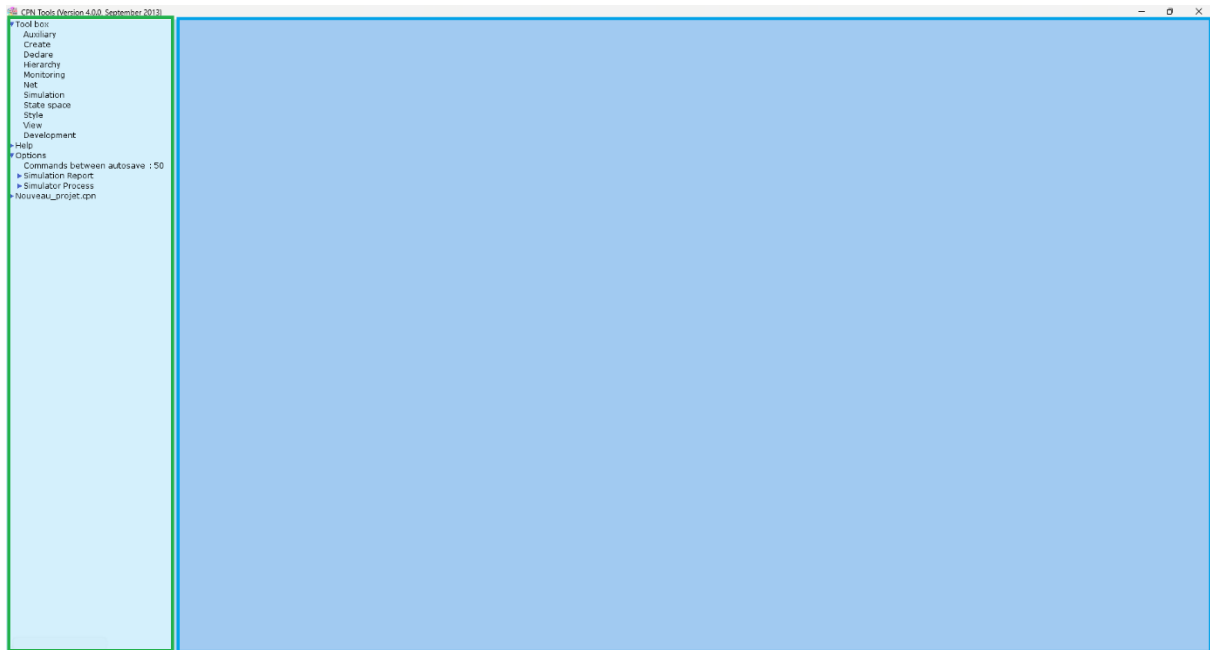
Lancement

CPNTools est un logiciel open-source en libre accès à cette adresse :

<https://cpntools.org/2018/01/15/windows/>

Si vous le souhaitez vous pouvez l'installer sur votre ordinateur personnel. Ce logiciel permet de construire et simuler des réseaux de Petri ainsi que de vérifier ses propriétés et calculer ses performances.

En lançant CPNTools, vous retrouverez cette fenêtre.



Cette fenêtre est donc divisée en 2 parties.

À gauche, encadré en vert, le menu dans lequel vous trouverez les différents outils de CPN ainsi que les projets que vous serez amenés à créer ou charger.

À droite, encadré en bleu, l'espace de travail où vous pourrez ouvrir les pages de vos projets ainsi que les différents outils.

Dans le menu, à gauche, vous trouverez les éléments suivants :

- Tool box
- Help
- Options
- <Vos projets>
 - o Vos projet s'afficheront dans cette partie quand vous les ouvrirez.

Dans ce tutoriel nous allons nous intéresser principalement aux éléments contenus dans Tool box.

Commandes clic

Clic gauche

Sélectionner un élément / poser un élément

Clic gauche enfoncé

Déplacer / Drag & drop

Clic droit

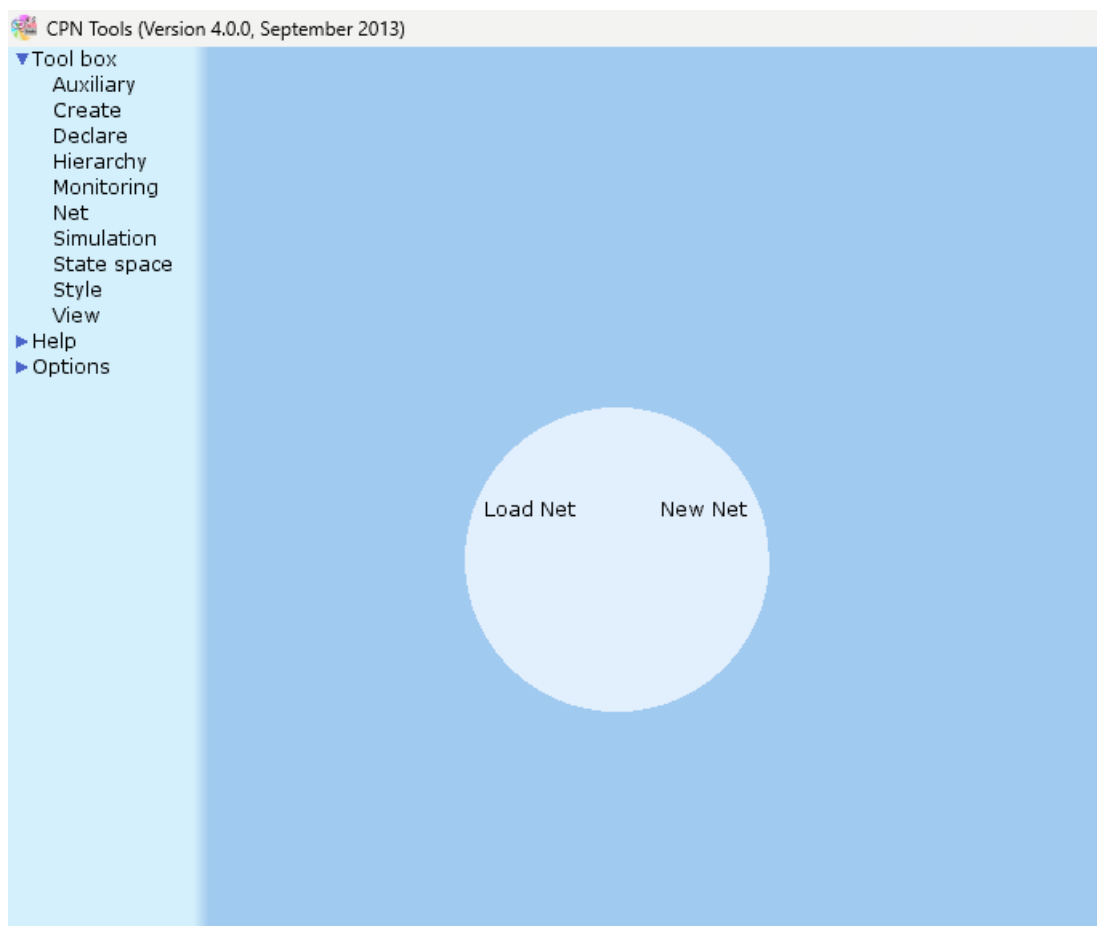
//

Clic droit enfoncé

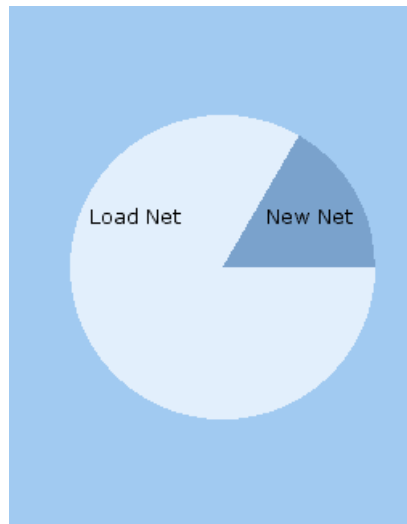
Ouvrir le menu contextuel circulaire

Créer un projet

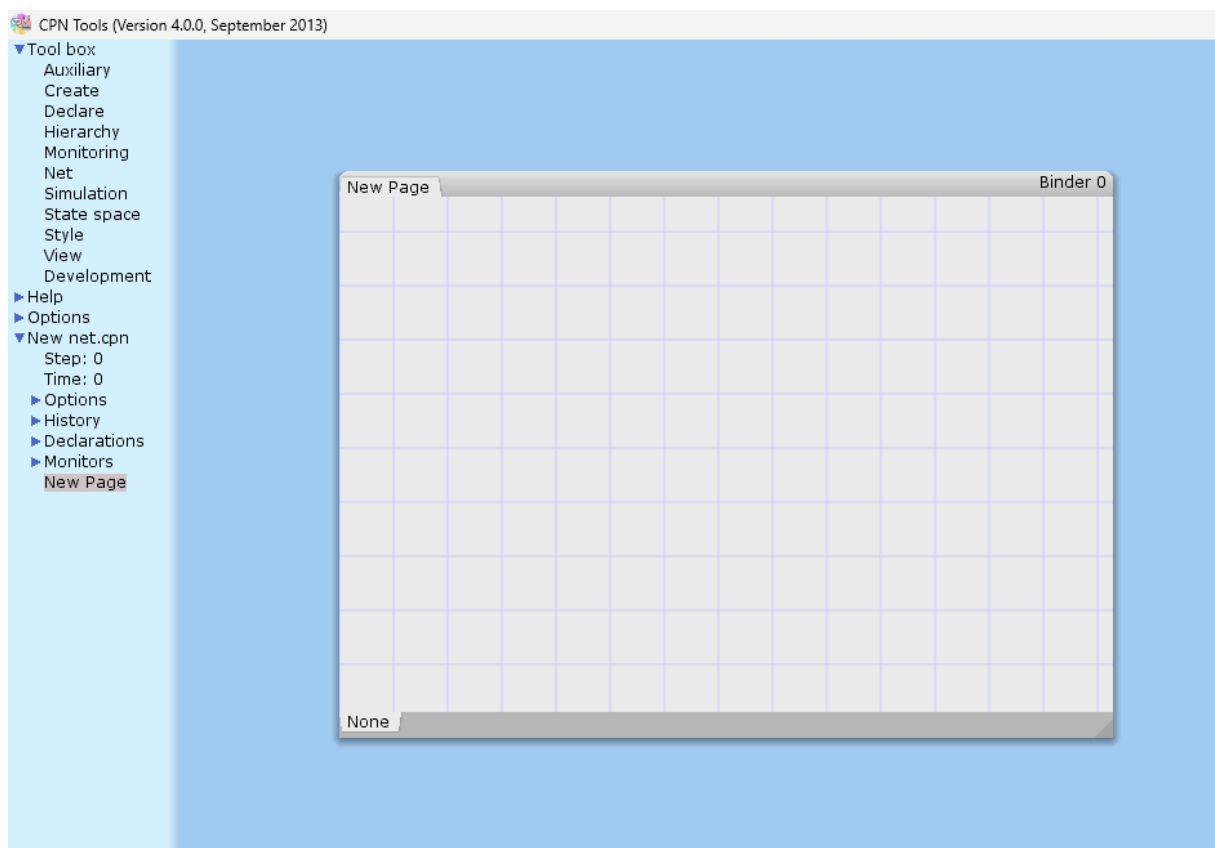
Pour créer un projet, faites un clic droit enfoncé sur une zone vierge de la fenêtre de CPN Tools. Vous verrez alors un menu circulaire avec 2 options : « Load Net » et « New Net » comme visible sur la capture ci-dessous.



Il suffit alors de passer le curseur (en gardant le clic droit enfoncé) sur l'option qui vous intéresse. Pour créer un nouveau projet => New Net puis vous relâchez le clic droit.



Avec la création d'un nouveau réseau, vous devriez voir une nouvelle fenêtre s'ouvrir dans l'espace de travail de CPNTools (capture ci-après).



Il y a 2 choses à remarquer. À gauche dans la zone de menu, vous pouvez voir un élément « New net.cpn » qui est apparu.

À droite, une fenêtre « New Page » s'est ouverte.

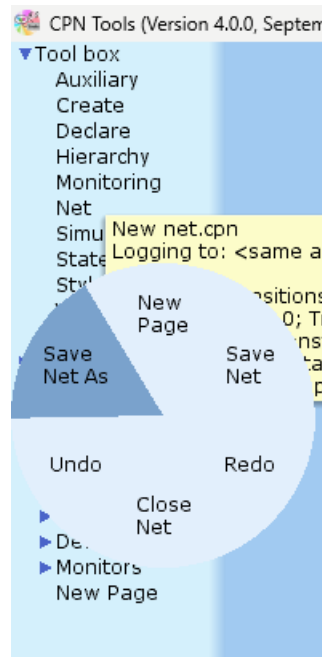
Nous allons d'abord nous intéresser à la partie à gauche, l'élément « New net.cpn ». Cet élément représente votre projet, il est constitué de plusieurs sous-éléments.

- Step

- o Représente le nombre d'étape ou événements qui ont eu lieu dans la simulation de votre système. Par événement, on entend communément le tirage d'une transition dans un réseau de Petri.
- Time
 - o Représente les unités de temps passées dans la simulation de votre système. Utilisé dans le cas des réseaux de Petri temporisés.
- Options
 - o Options permettant de configurer différents paramètres de calculs comme l'endroit où seront enregistrés les résultats des calculs/simulations, l'utilisation d'extensions...
- History
 - o Permet d'avoir un suivi des opérations effectuées dans le cadre du projet (déplacement dans la fenêtre, ajout d'un nouvel élément, simulation, ...)
- Déclarations
 - o Zone dans laquelle sont définies les propriétés des transitions ainsi que les différentes couleurs et variables utilisées dans le projet.
- Monitors
 - o Zone où seront listés les différents monitors permettant de déterminer certaines performances du RdP.
- New Page
 - o Représente une nouvelle page créée en même temps que la création du projet dans laquelle vous pourrez construire un réseau de Petri.

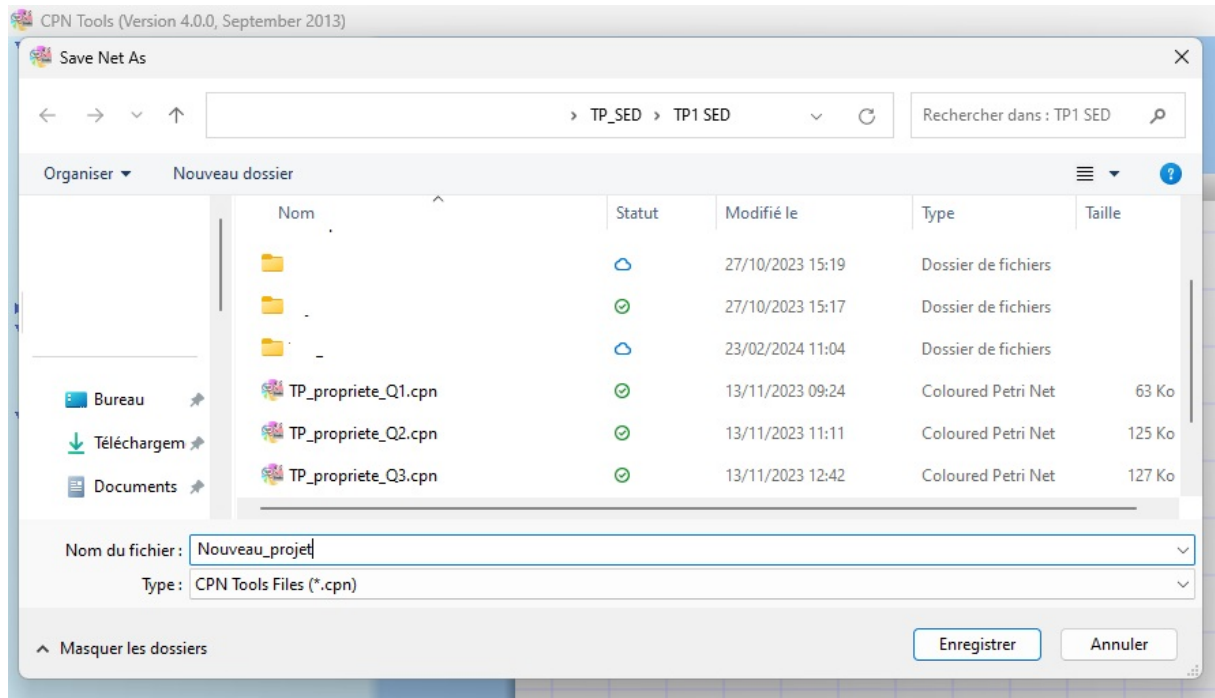
Enregistrer un projet

Il est toujours important de garder une trace de son travail afin d'éviter de tout perdre en cas de bug ou de fausse manipulation. N'hésitez donc pas à sauvegarder souvent votre projet. Pour se faire, faites un clic droit enfoncé sur le nom de votre projet (ici nous reprendrons le projet généré dans la section précédente), un menu circulaire va s'afficher. L'option qui nous intéresse est « Save Net As ». Relâchez le clic droit sur cette option pour la sélectionner.

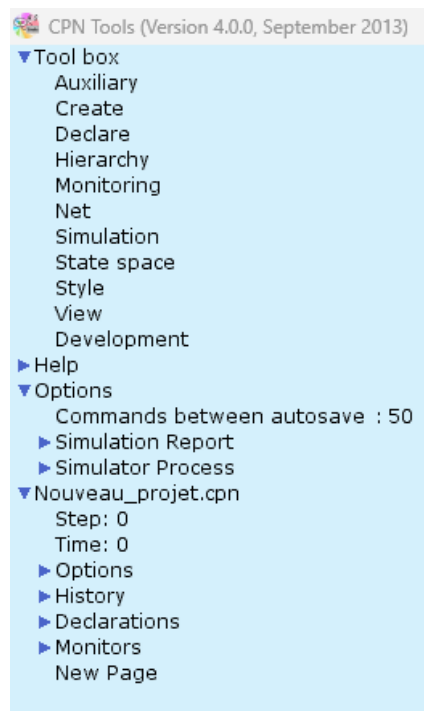


Une page d'explorateur windows va s'ouvrir. Modifier le nom de votre projet dans le champ en bas. Ici, nous avons nommé le projet « Nouveau_projet » mais vous pouvez mettre le nom

que vous souhaitez. Puis sélectionner l'endroit où vous souhaitez enregistrer votre projet et cliquez sur « Enregistrer ».



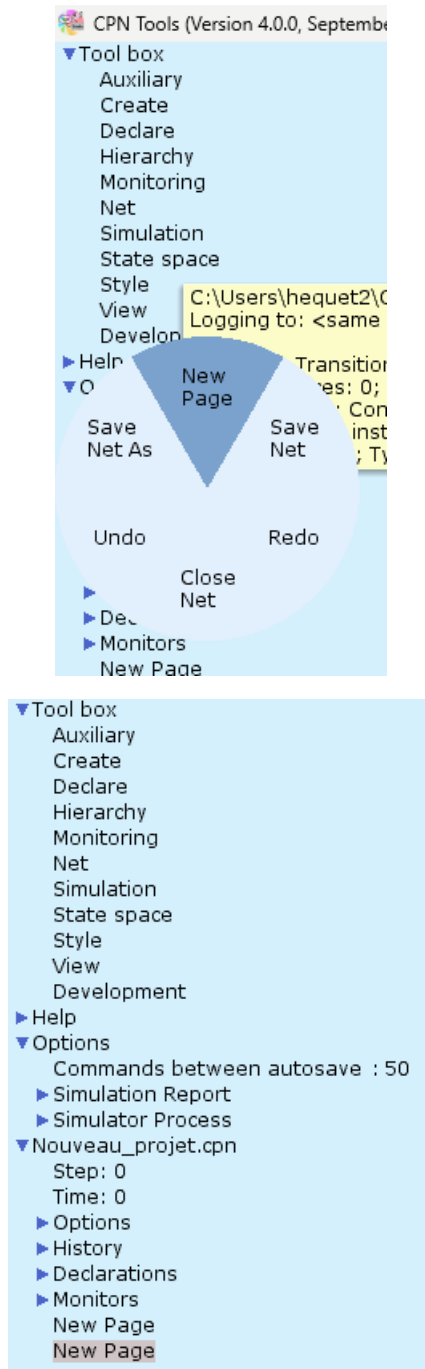
Une fois l'enregistrement effectué vous retrouverez le nouveau nom dans le menu à gauche de la fenêtre de CPN Tools.



Créer une nouvelle page dans le projet

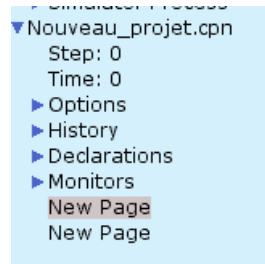
Il sera parfois nécessaire d'avoir plusieurs pages dans votre projet pour représenter divers morceaux de vos réseaux de Petri pour vous y retrouver plus facilement en cas de système complexe. Pour créer une nouvelle page, faites un clic droit enfoncé sur le nom de votre

projet pour ouvrir le menu circulaire puis relâchez le clic sur « New Page » pour générer une nouvelle page dans votre projet.

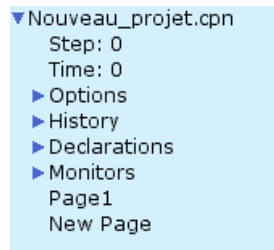


Nous avons désormais 2 pages nommées chacune « New Page » dans notre projet « Nouveau_projet.cpn ». Afin de mieux s'y retrouver, nous allons modifier les noms des pages.

Pour effectuer la modification, faites un clic gauche sur le nom de la page à modifier pour le sélectionner.



Il ne reste plus qu'à modifier le nom puis appuyer sur « échap » pour désélectionner.



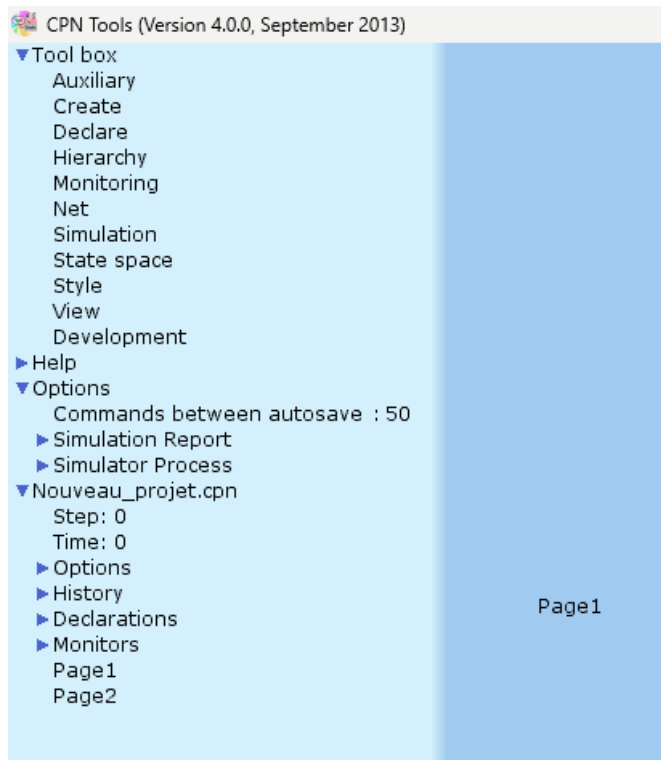
Remarque sur les noms des éléments

Toujours éviter les caractères spéciaux ainsi que les espaces et les accents dans les noms de fichiers mais aussi les noms de places et de transitions. Le codage du logiciel ne gère pas bien ces caractères spéciaux qui peuvent, pour certains, représenter des fonctions propres au logiciel.

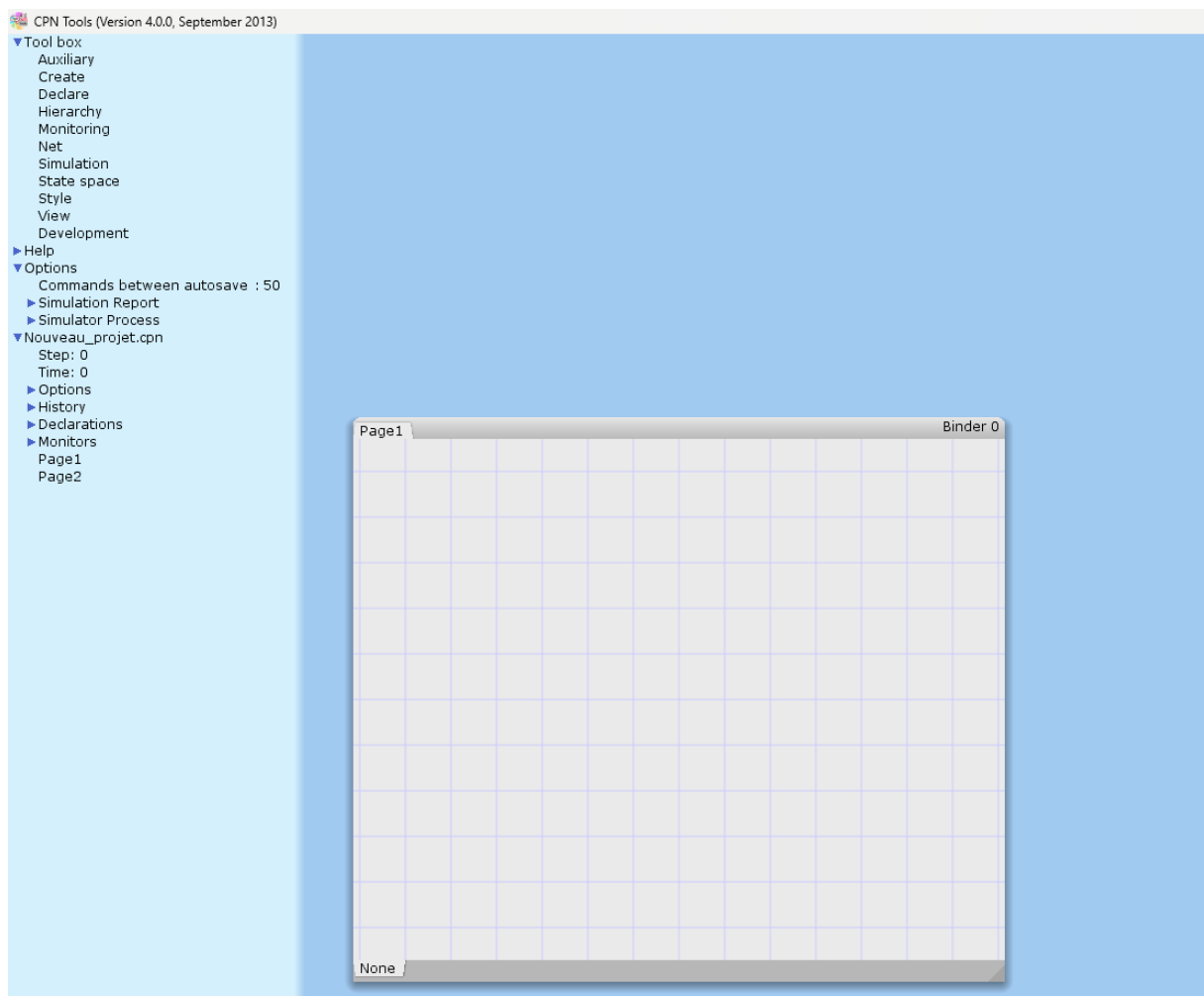
Ouvrir / fermer une page

Ouverture

Pour ouvrir une page, faites un clic gauche enfoncé sur le nom de la page que vous souhaitez ouvrir puis faites un drag & drop vers la partie droite de la fenêtre CPN Tools.

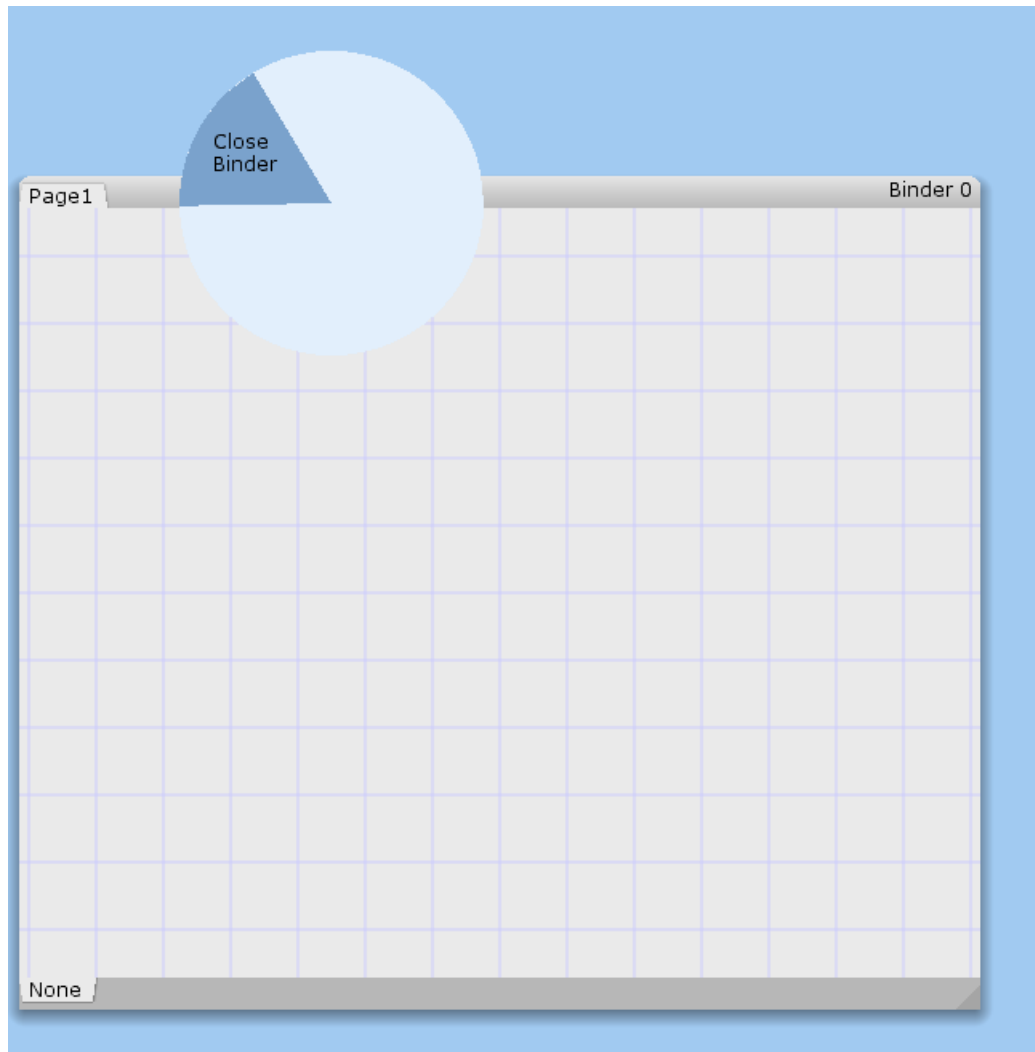


Relâchez le clic gauche pour ouvrir la fenêtre.



Fermeture

Pour fermer une fenêtre, passez votre curseur sur la zone dégradée grise d'une page et faites un clic droit enfoncé pour afficher le menu circulaire et sélectionnez « Close binder ».



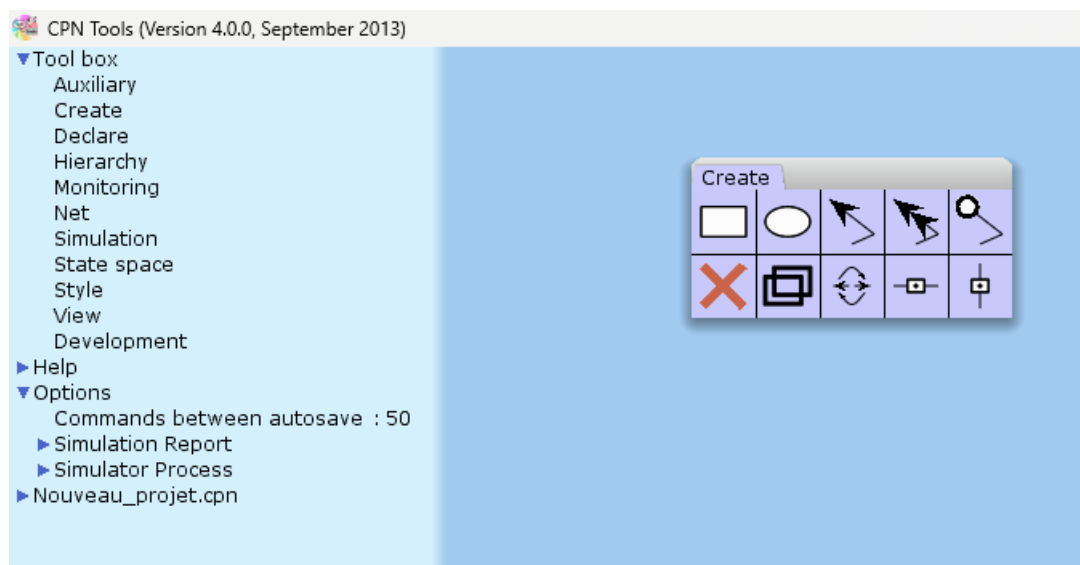
Création d'un réseau de Petri généralisé

Dans la tool box, plusieurs outils seront utiles pour la création de RdP. Dans cette section nous ne ferons pas de RdP Coloré.

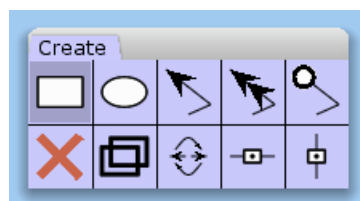


Create

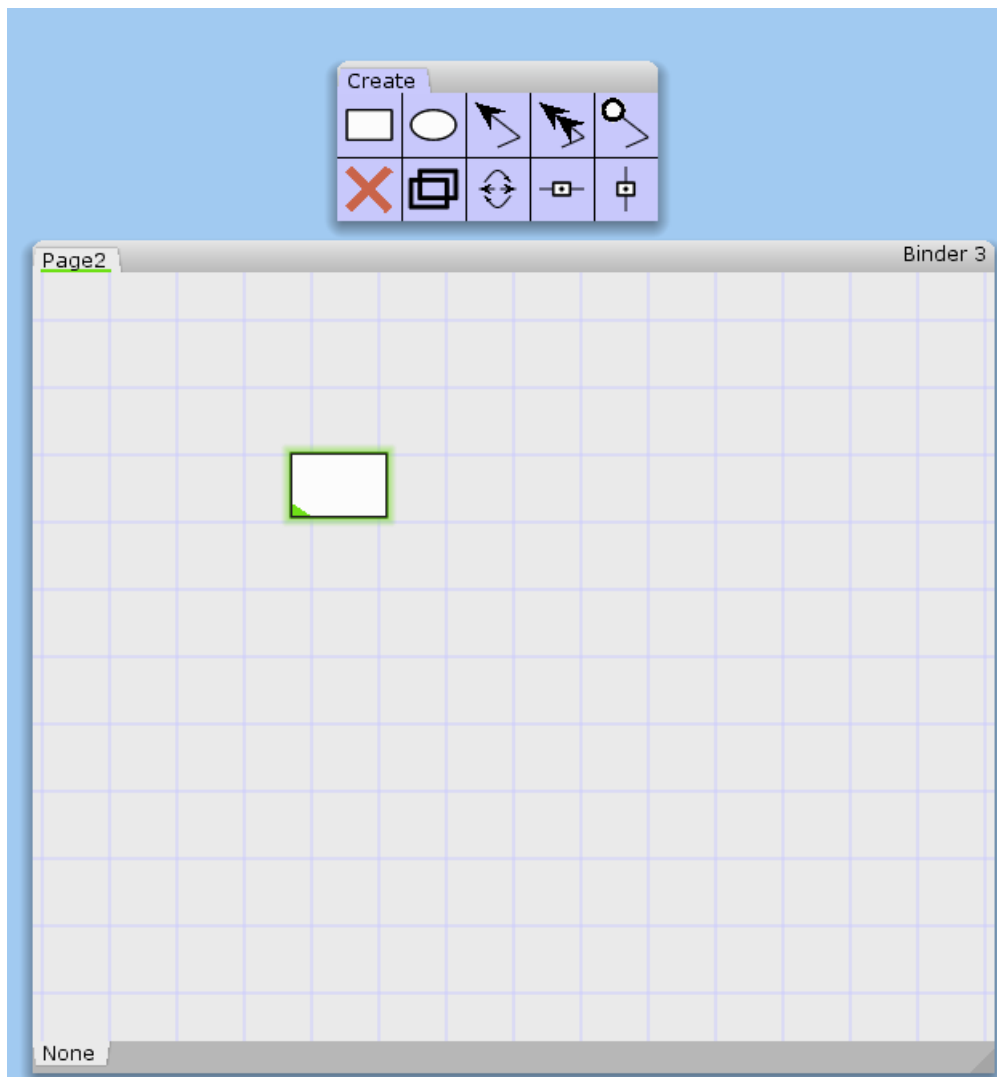
Afin d'ouvrir l'outil « Create », il suffit de faire un Drag & Drop de l'outil « Create » vers la partie droite de la fenêtre CPN.



Créer une transition

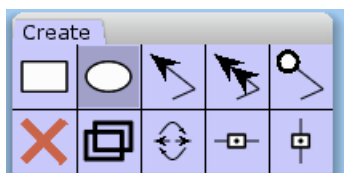


Pour créer une transition, sélectionner le bouton  puis cliquez sur la page dans laquelle vous souhaitez créer un RdP pour créer une transition.

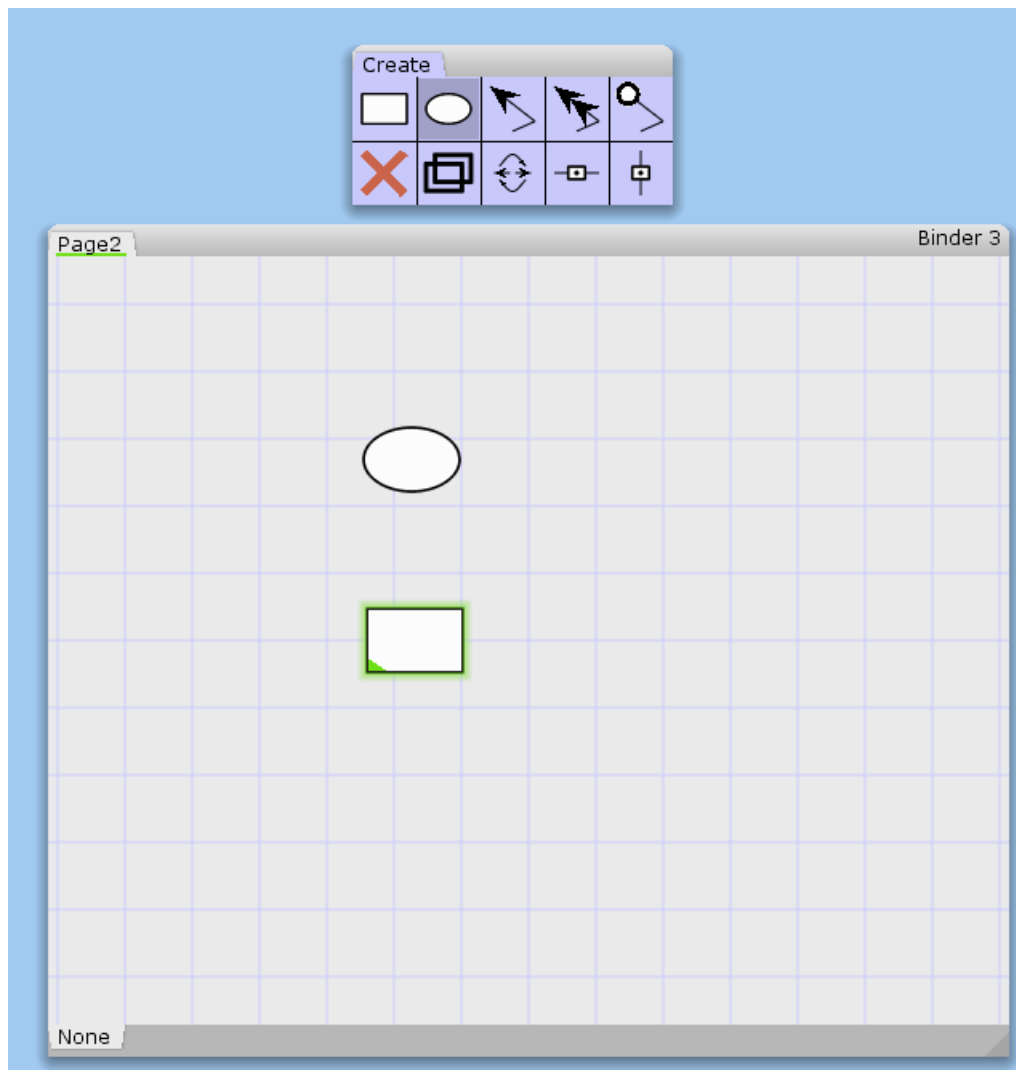


Appuyez sur « échap » pour désélectionner l'outil.

Créer une place



Sélectionnez le bouton  puis cliquez sur votre page pour ajouter une place.



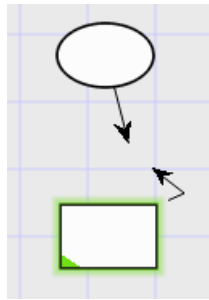
Appuyez sur « échap » pour désélectionner l'outil.

Créer un arc

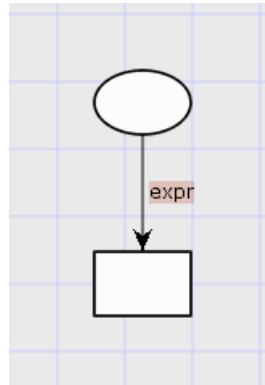
Avec une place et une transition, il ne reste plus qu'à relier les 2 éléments à l'aide d'un arc.



Sélectionnez le bouton  pour utiliser l'outil de création d'arc. Cliquez ensuite sur l'élément source.



Puis cliquez sur l'élément cible.



Vous avez désormais relié une place à une transition.

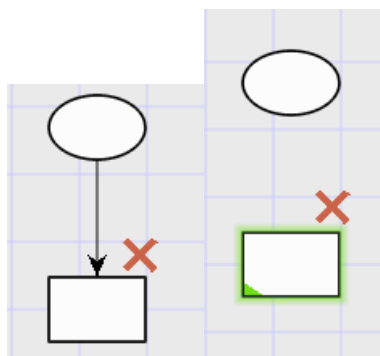
Appuyez sur « échap » pour désélectionner l'outil.

Supprimer un élément

Il vous arrivera parfois de créer des éléments en trop ou de devoir en supprimer pour modifier votre réseau.



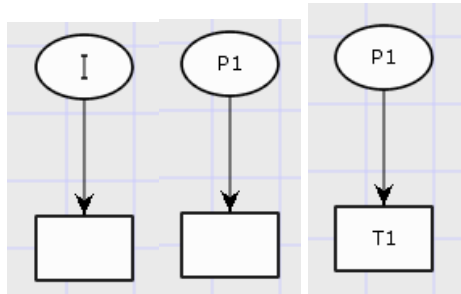
Pour supprimer un élément, sélectionnez le bouton  puis cliquez sur l'élément à supprimer. Place, transition, arc.



Appuyez sur « échap » pour désélectionner l'outil.

Nommer les éléments

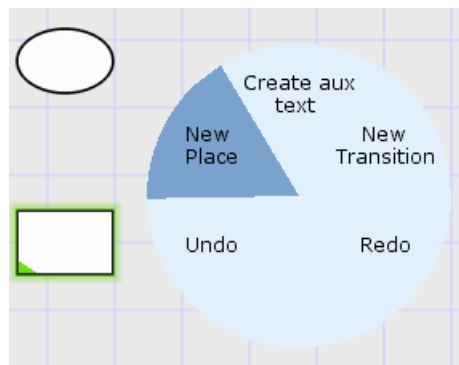
Pour vous y retrouvez, n'hésitez pas à nommer vos places et transitions. Ça vous aidera vous ainsi que le moteur de calcul pour reconnaître les éléments différents. Faites un clic gauche sur un élément (place ou transition) pour le sélectionner. Le curseur d'écriture s'affichera, plus qu'à nommer l'élément (cf. Remarque les noms des éléments) et faire échap pour désélectionner.



Vérifiez bien que toutes les places et transitions aient un nom et que celui-ci n'ait pas de caractères spéciaux.

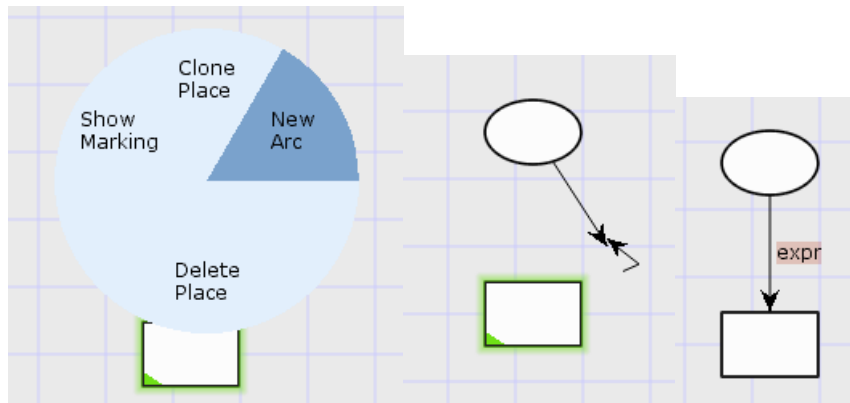
Remarque

Pour la création de ces éléments, vous pouvez aussi utiliser le menu circulaire contextuel (clic droit enfoncé) sur votre page afin de les créer sans utiliser la tool box « Create ».



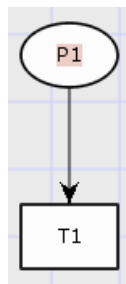
New place pour une nouvelle place, new transition pour une nouvelle transition.

Pour un nouvel arc, faites un clic droit enfoncé sur l'élément source. Relâchez pour que l'outil de création d'arc soit sur le curseur. Puis faites un clic gauche sur la destination.

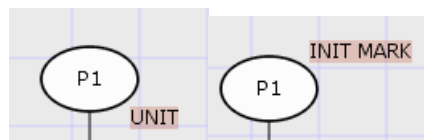


Marquage initial

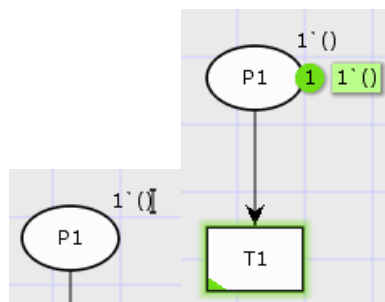
Une fois le RdP construit, il reste encore à déterminer le marquage initial du réseau. Pour cela, sélectionnez (clic gauche) la place dans laquelle vous souhaitez ajouter un jeton au marquage initial.



Puis appuyez sur Tabulation  pour déplacer la sélection jusqu'à atteindre le champ « INIT MARK ».



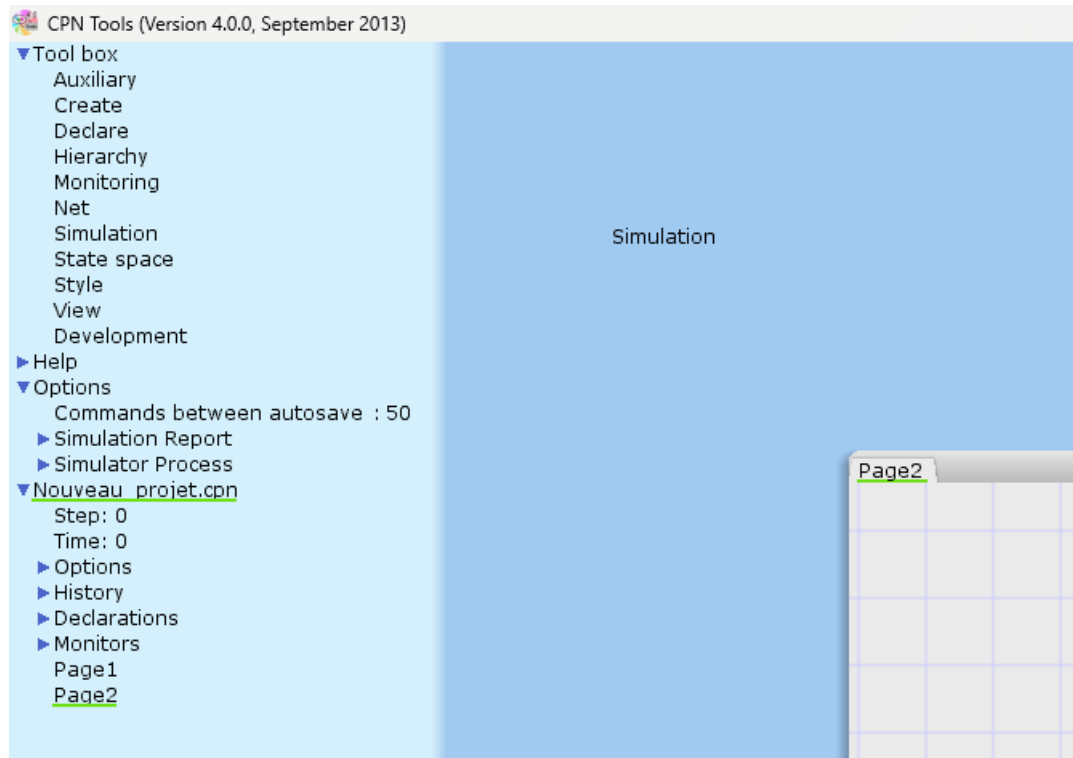
Puis, pour ajouter un marquage initial avec un jeton simple, écrivez « 1'() » ou « 1 ».



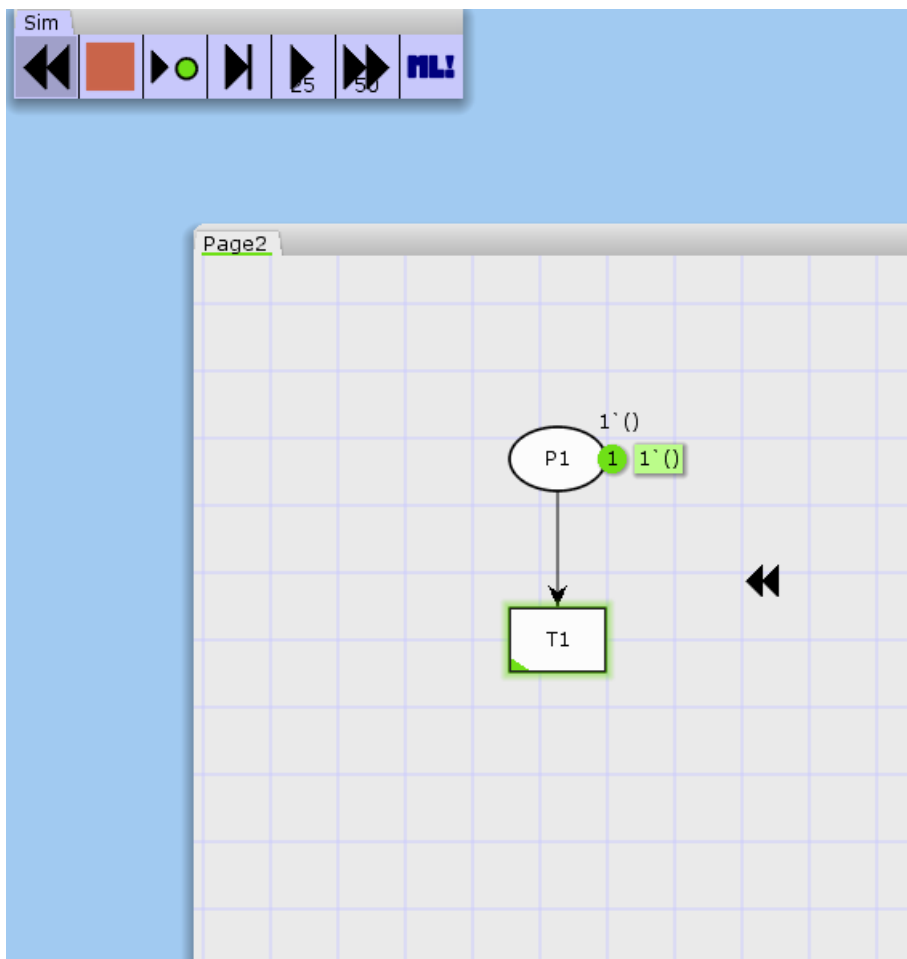
Après avoir désélectionné, votre marquage initial sera prit en compte et vous devriez voir apparaître un jeton vert sur votre place.

Simulation

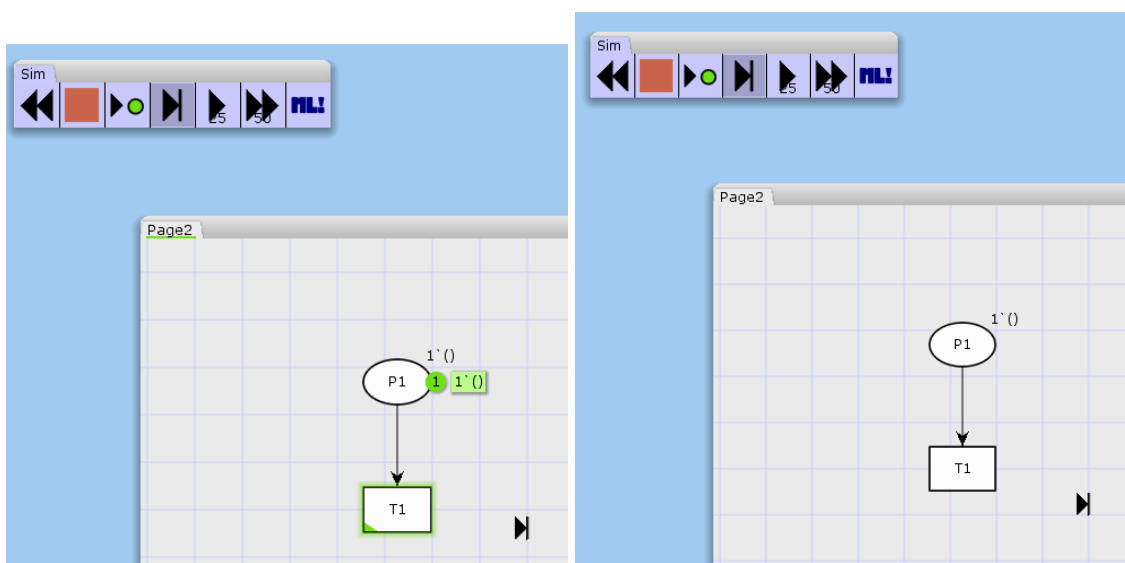
Pour vérifier le fonctionnement de votre RdP, il va falloir le simuler. Pour cela, l'outil « Simulation » dans la Tool box nous sera utile. Pour l'ouvrir, il suffit de faire un Drag & Drop de « Simulation » vers la partie droite de votre fenêtre.



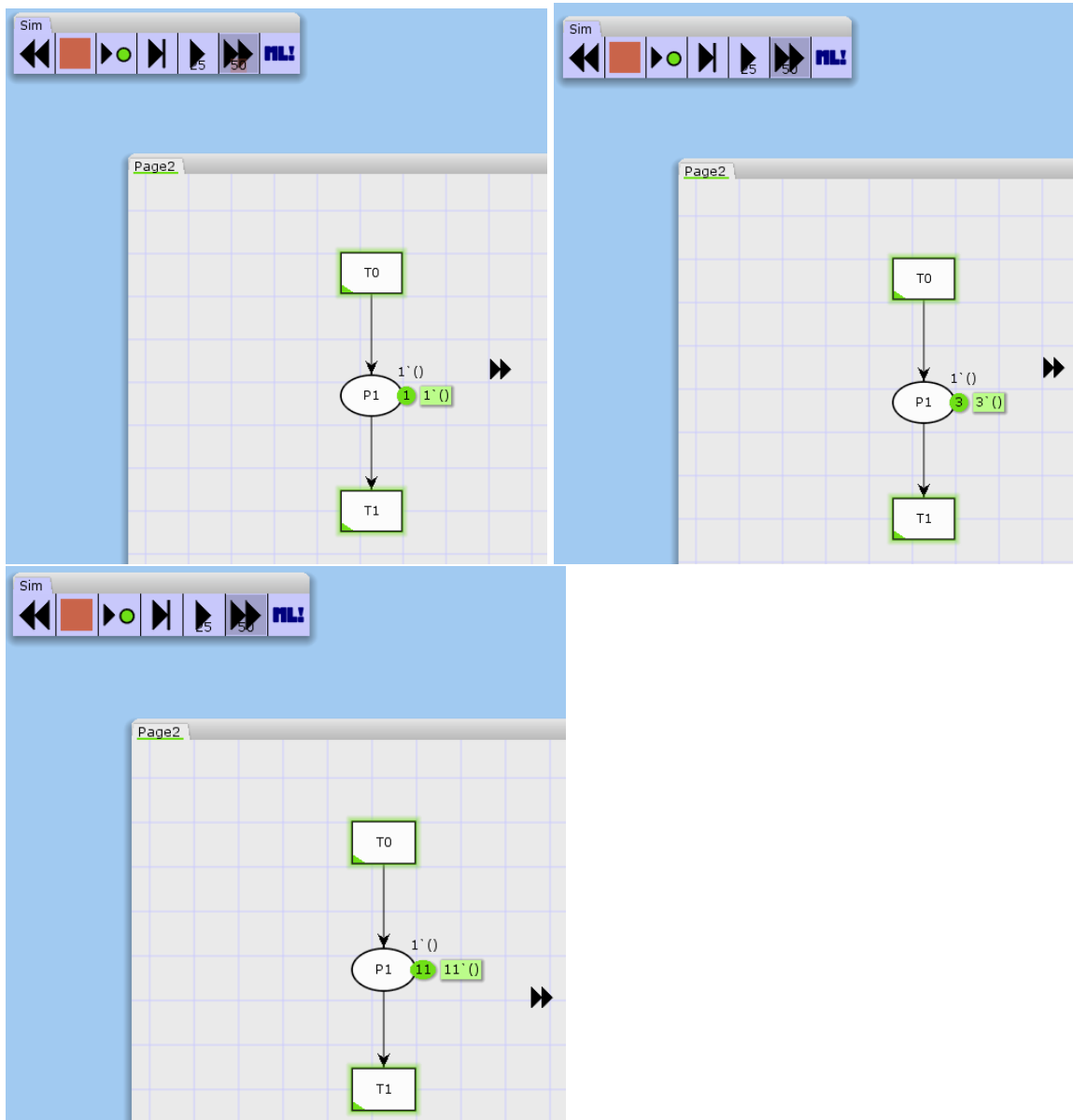
Avant d'effectuer une simulation, il faut s'assurer que le système est bien à son marquage initial. Pour s'en assurer, sélectionner l'outil  puis faire un clic gauche sur la page pour revenir au marquage initial.



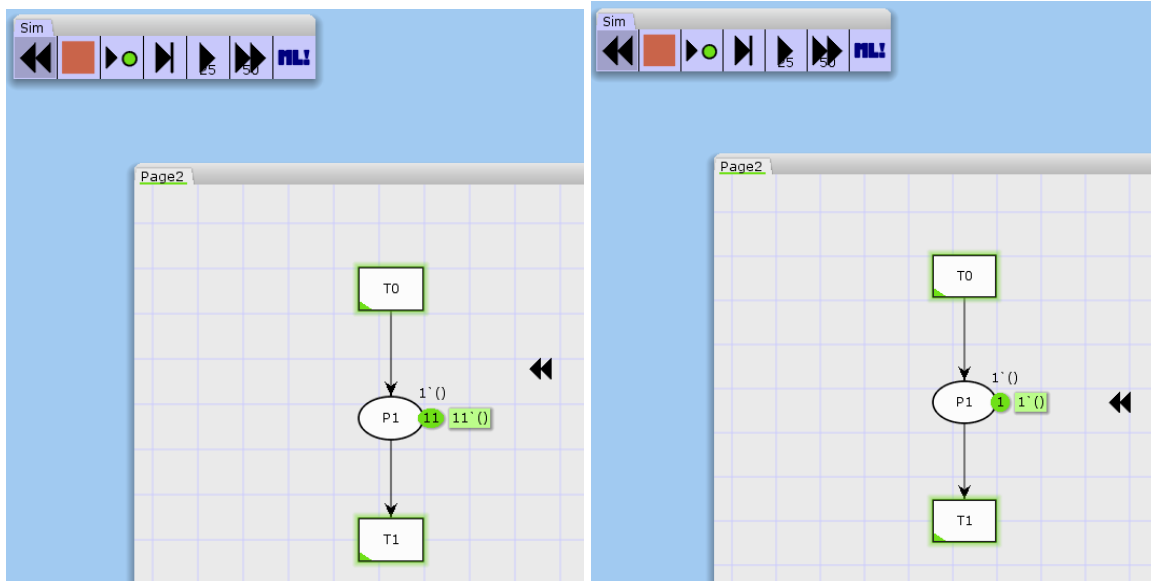
Ensuite, afin de tirer une transition, nous allons sélectionner l'outil  avant de cliquer sur notre page afin de tirer une transition dont les conditions de tirage sont respectées.



Si on le souhaite, il est aussi possible de lancer un certain nombre d'événements sans avoir besoin de passer par le mode pas-à-pas. Pour cela, il faut sélectionner l'outil . Ici, cet outil permettra de tirer 50 transitions.



Puis pour revenir à l'état initial, on utilise .

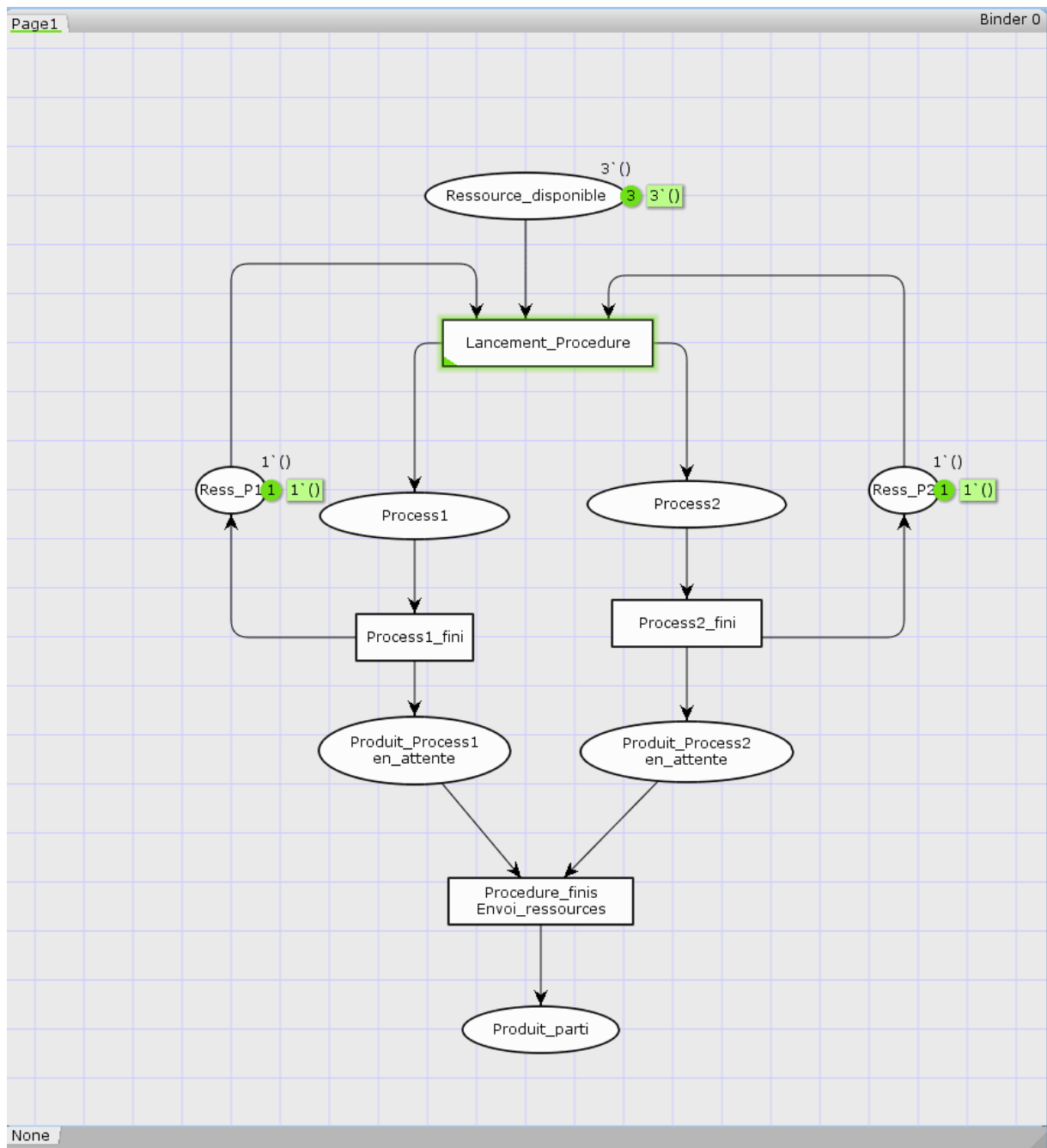


Hiérarchisation

Enfin, dans le cas de systèmes complexes avec de nombreuses places et transitions, il peut être intéressant de hiérarchiser. C'est-à-dire assigner un réseau de Petri à une transition.

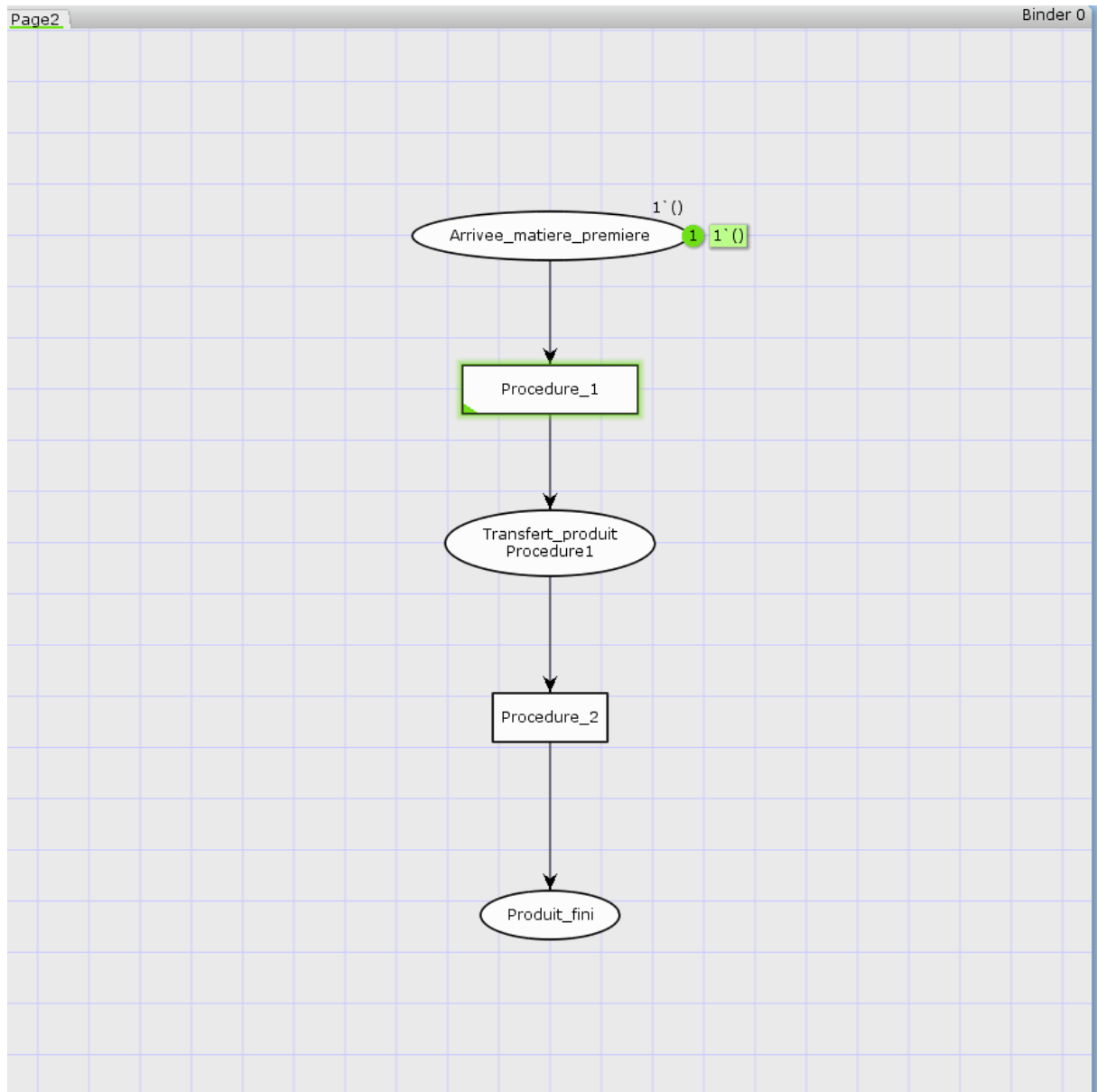
En effet une transition étant par définition une fonction avec des conditions d'entrée et des valeurs de sortie, il est possible de substituer cette transition avec un autre réseau de Petri.

Par exemple, imaginons une procédure avec 2 process en parallèles. Chacun de ces process nécessite 1 ressource et nous avons besoin d'être sûr d'avoir les 2 ressources à disposition avant de pouvoir lancer la procédure.



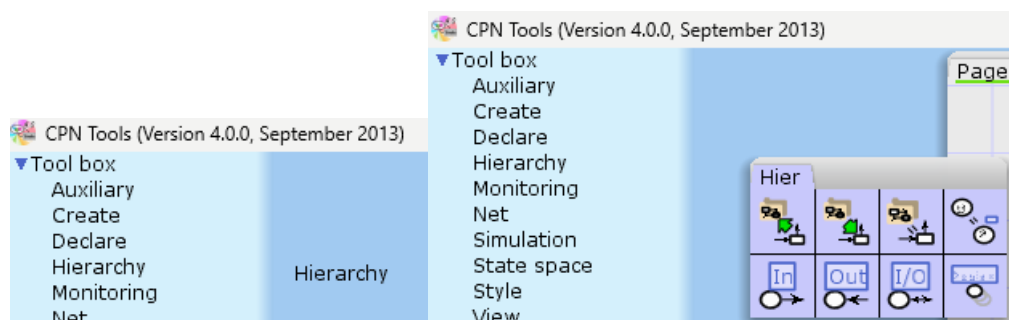
Peut-être que ce type de procédure sera réutilisé plusieurs fois à la chaîne. Et donc, plutôt que de devoir créer tout le temps le même RdP, il pourrait être intéressant de réutiliser ce réseau plusieurs fois. Pour faire cela, nous allons utiliser la hiérarchisation.

Nous pourrions imaginer un RdP comme celui-ci nommé « Page2 » :

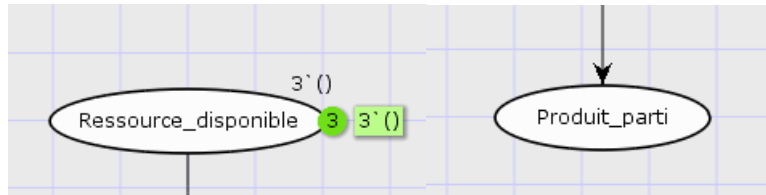


Ici, nous souhaitons utiliser 2 fois la même procédure, ou 2 procédures pouvant être représentées de la même manière, celle construite en « Page1 ». Plutôt que de répéter la même architecture 2 fois, autant utiliser l'architecture déjà créée précédemment.

Pour faire cela, nous allons utiliser l'outil « Hierarchy ».

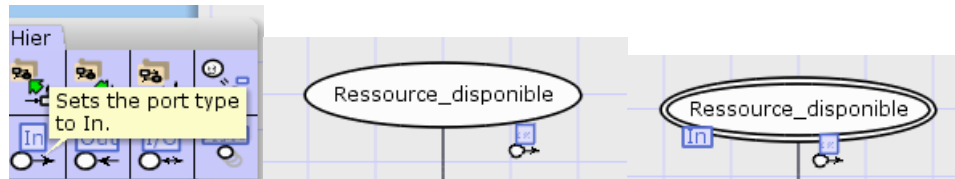


Il va falloir préparer le RdP représentant la procédure (« Page1 ») pour que la page puisse remplacer les transitions « Procedure_1 » et « Procedure_2 ». Ces modifications seront simplement de déclarer quelles seront les entrées et les sorties de notre RdP « Page1 ».

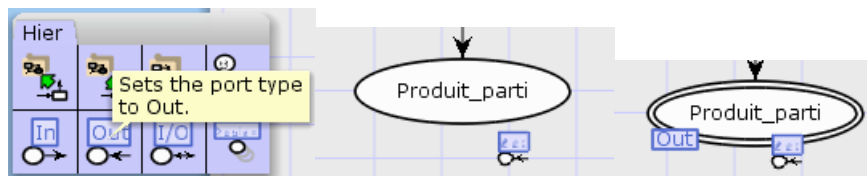


Ici, « Ressource_disponible » serait donc l'arrivée des matières premières, donc l'entrée (In), et « Produit_parti » la sortie (Out). Nous allons donc déclarer à CPN Tools le rôle de ces places. Avant tout, il faut enlever le marquage initial de « Ressource_disponible », puis

sélectionner l'outil  pour définir le port In. Ensuite, cliquer sur la place que l'on souhaite définir comme « In ».

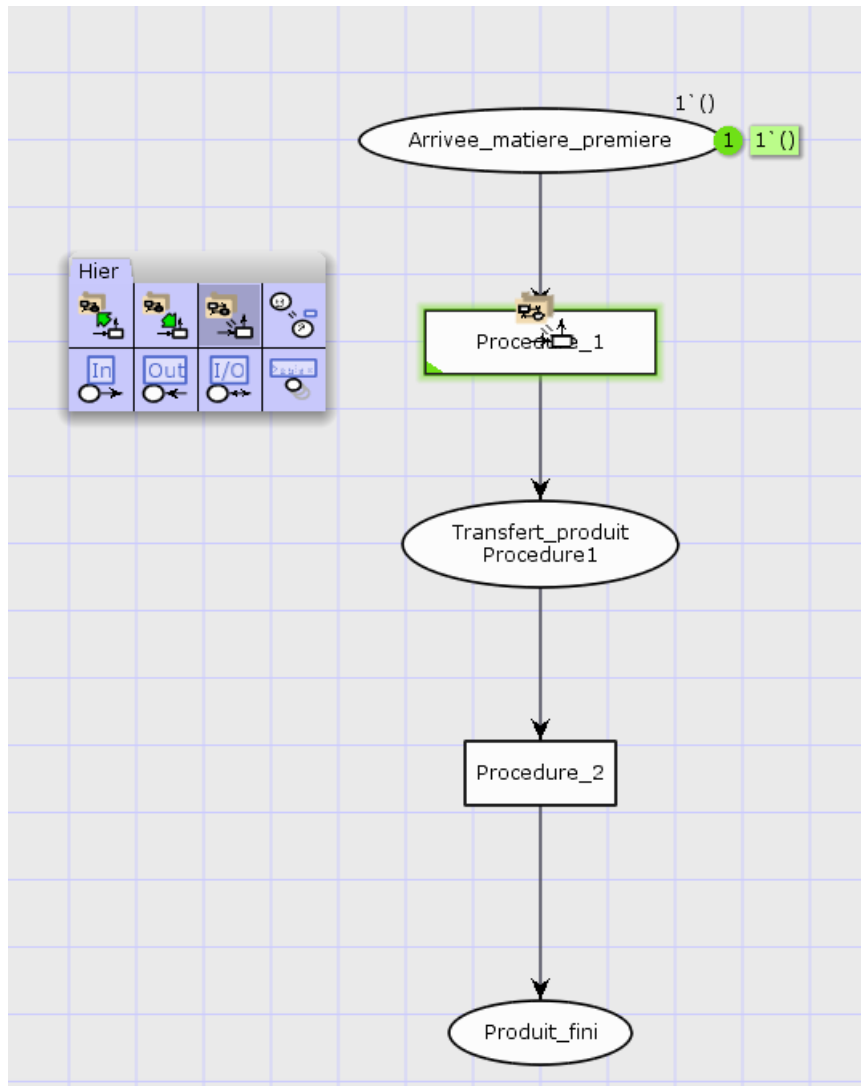


On fait la même opération pour le Out avec l'outil .

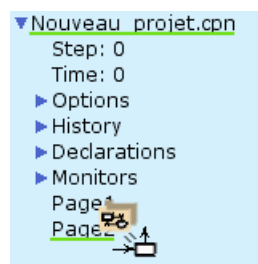


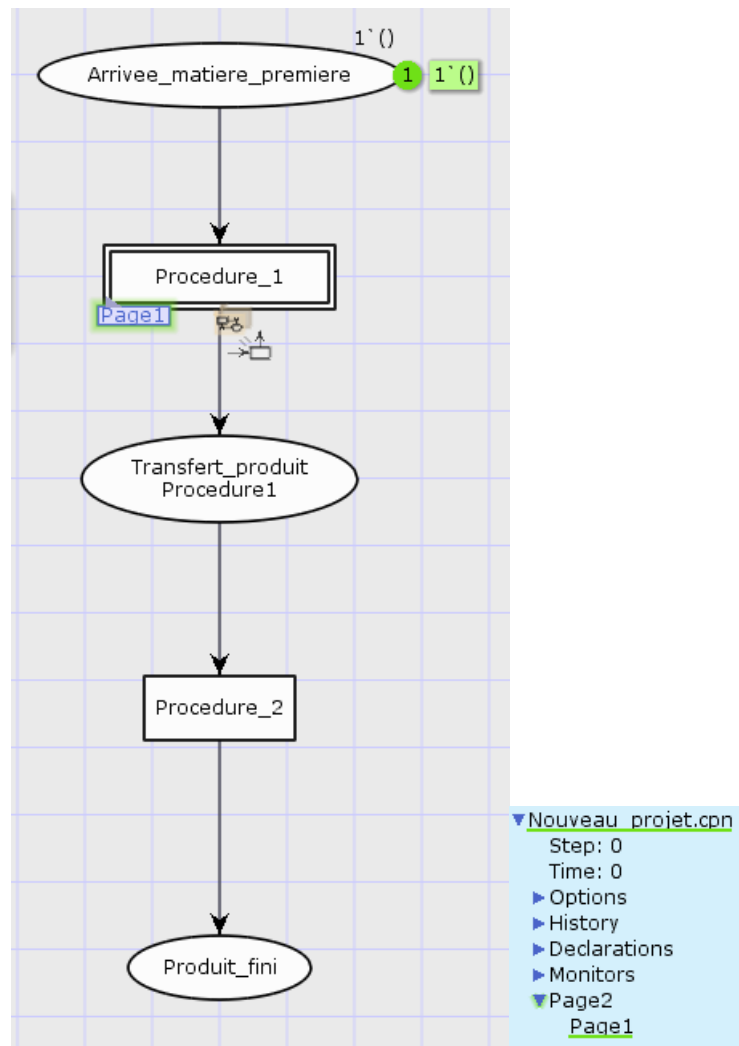
Désormais nos place In et Out sont définies. Il ne reste plus qu'à connecter la page à la transition correspondante en « Page2 ».

Pour cela, allons sur la « Page2 » et sélectionnons l'outil . Il faut cliquer sur « Procedure_1 »

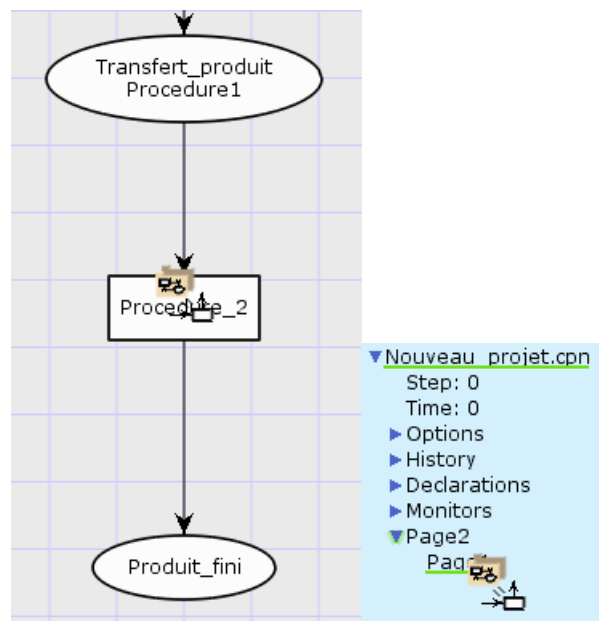


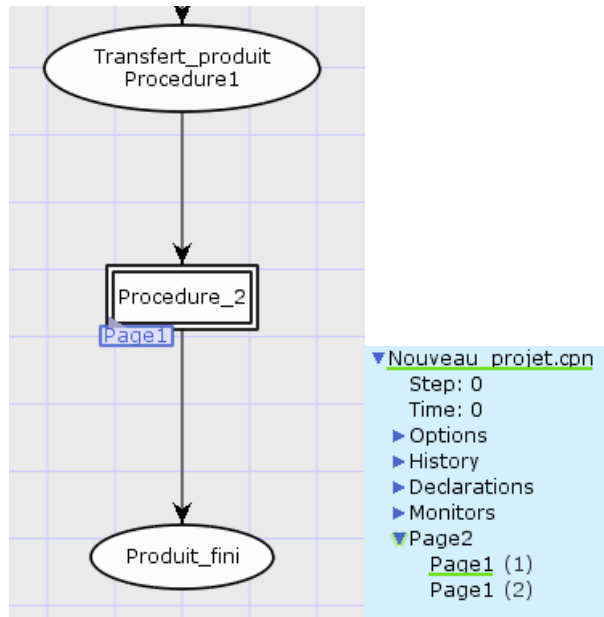
Puis cliquer sur la page que nous souhaitons lier. Ici, « Page1 »





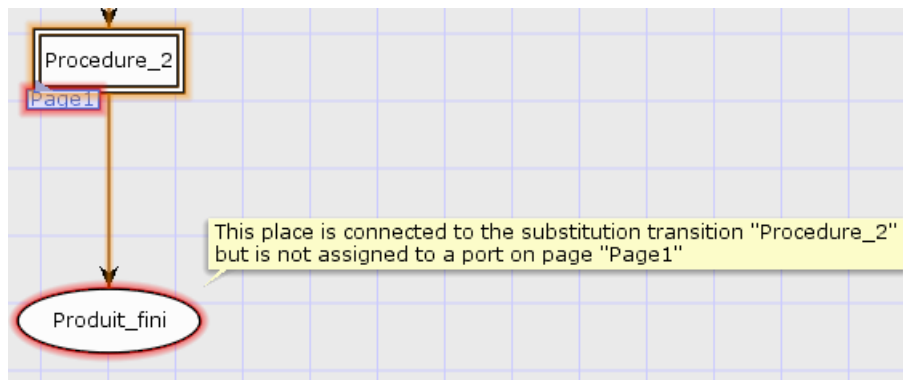
Pour « Procedure_2 », nous faisons la même opération.



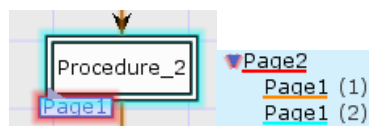


Ainsi, les transitions « Procedure_1 » et « Procedure_2 » sont ici reliées à « Page1 », cependant, on peut voir que la page a été dupliquée avec « Page1(1) » et « Page1(2) ». Ces 2 pages sont identiques et une modification du réseau de Petri sur l'une se fera automatiquement sur l'autre.

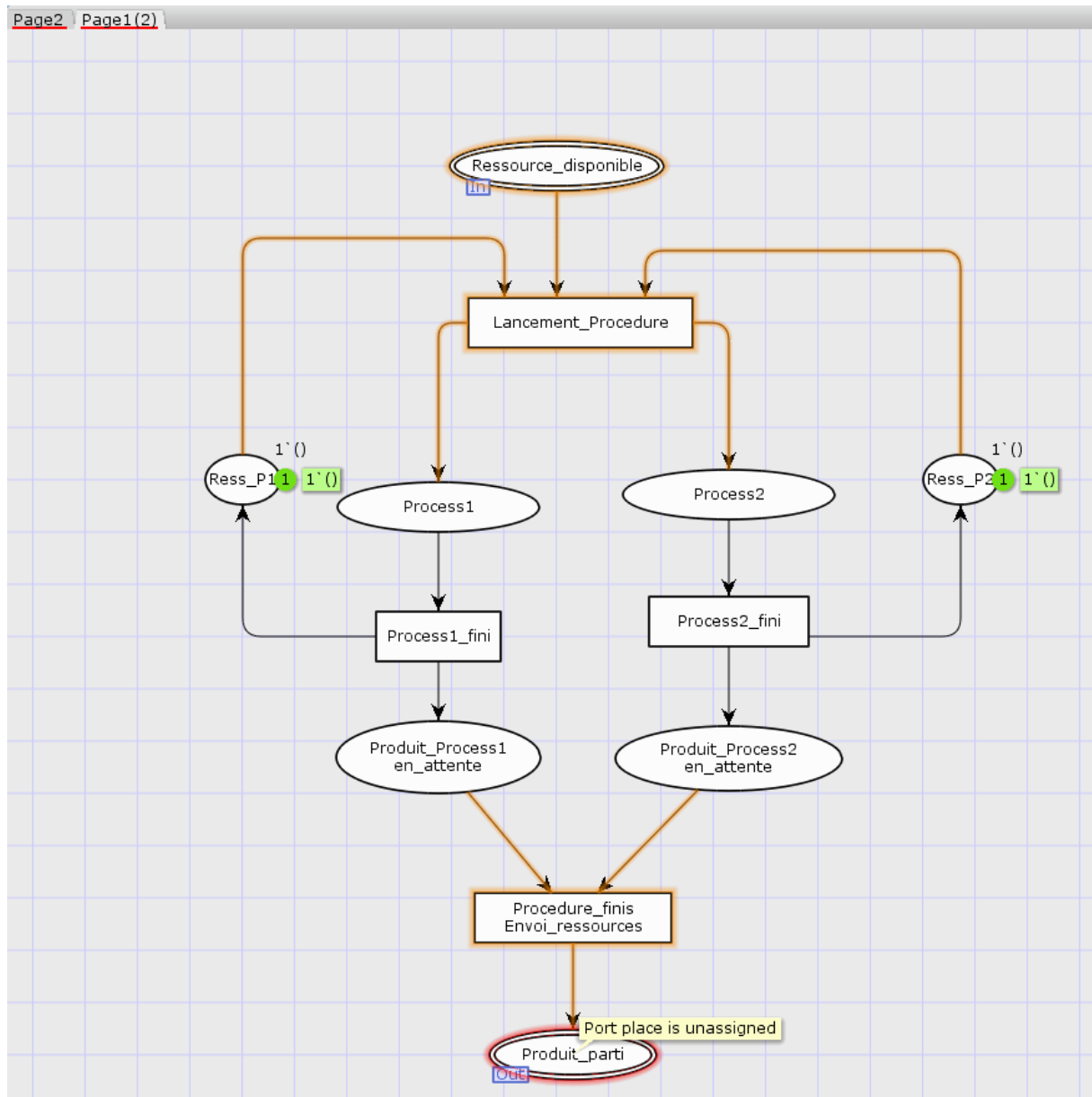
Il est possible qu'il y ait des soucis de connexion entre le port (« In » ou « Out ») et les places connectées à la transition de substitution.



Ici, il va falloir manuellement connecter la place « Produit_fini » à la place de sortie de « Page1 ». Il va falloir ouvrir le réseau lié à « Procedure_2 ». Pour savoir quelle page est liée à quelle transition, il suffit de passer le curseur sur l'encadré bleu en bas à gauche de la transition. La transition s'affichera en bleu cyan. Et il suffira de chercher dans le menu à gauche la page soulignée de la même couleur (Ici, « Page1(2) »).

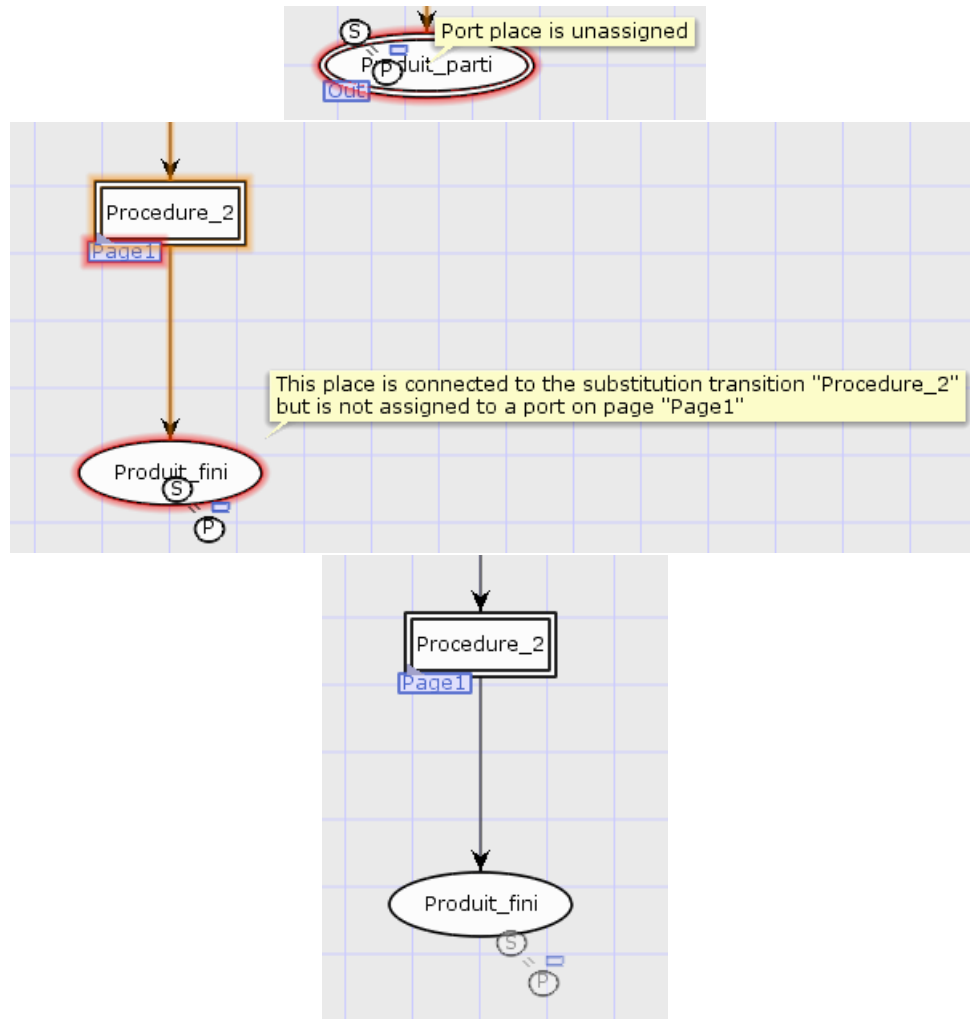


Passons donc dans « Page1(2) » :



Des arcs sont colorés en orange pour signifier qu'il y a un soucis de connexion et, surtout, la place « Produit_parti » possède un halo rouge avec une info-bulle signifiant que la place de type port n'est pas assignée. C'est donc cette place qu'il va falloir paramétrer. Pour ça, on

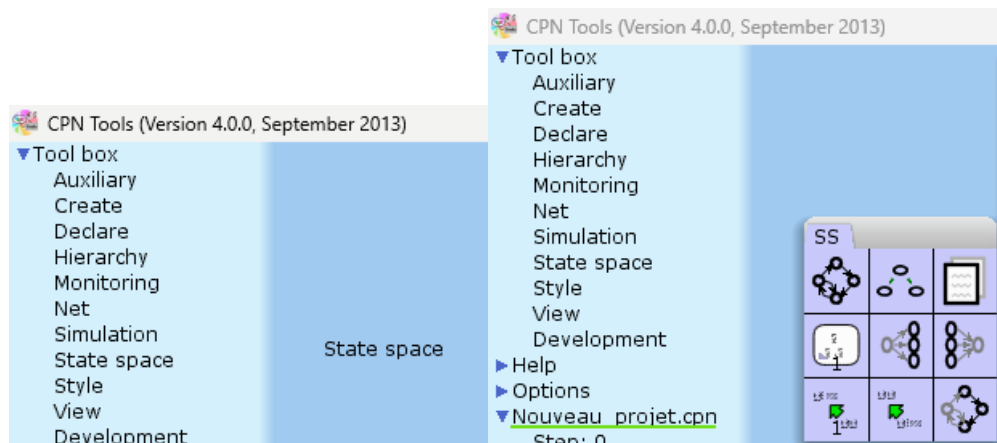
utilise le menu « Hierarchy » avec l'outil . On clique d'abord sur la place de type port, ceci nous fera remonter au niveau de la page supérieur, puis on clique sur la place « Produit_fini » qui est la place de sortie.



Si besoin de le faire avec une place « In », la procédure reste la même.

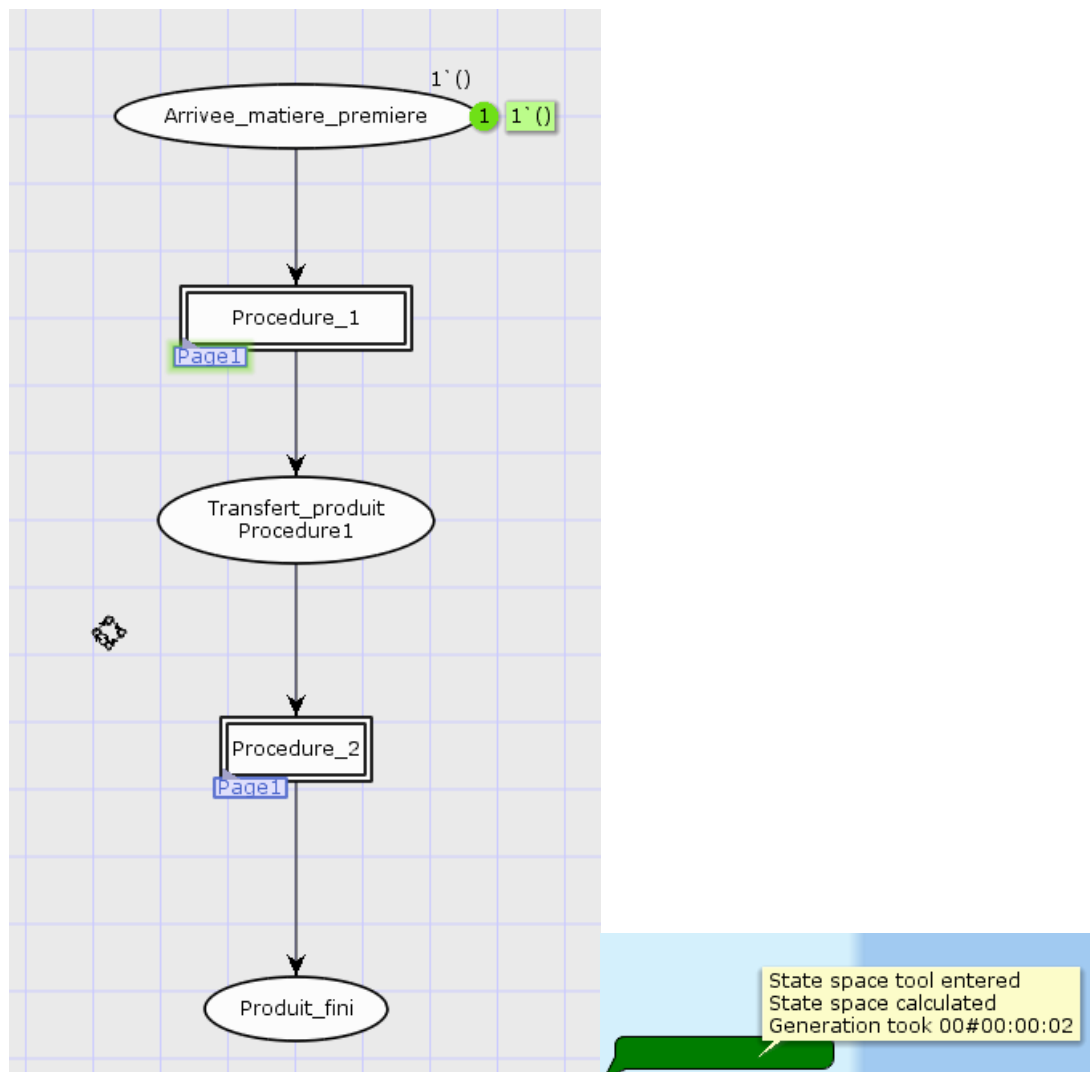
Analyse avec l'espace d'état

Une fois que l'on a fini de construire notre RdP et de le simuler pour vérifier le fonctionnement, nous pouvons analyser les propriétés de ce réseau. Pour cela nous devons calculer l'espace d'état à l'aide de la tool box « State Space ». Pour plus de visibilité, il est possible de créer une nouvelle page dans le projet dans laquelle vous pourrez afficher le graphe de marquage.

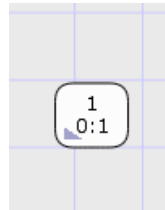


Tout d'abord, vérifiez que vous êtes à l'état initial car le calcul se lancera à l'état courant (se référer à la partie simulation). Il faut lancer le moteur de calcul de CPN Tools en

sélectionnant l'outil  puis cliquer sur la page pour lancer le calcul. Si le calcul s'est bien passé, une info-bulle verte s'affichera en bas à gauche de la fenêtre CPN Tools.



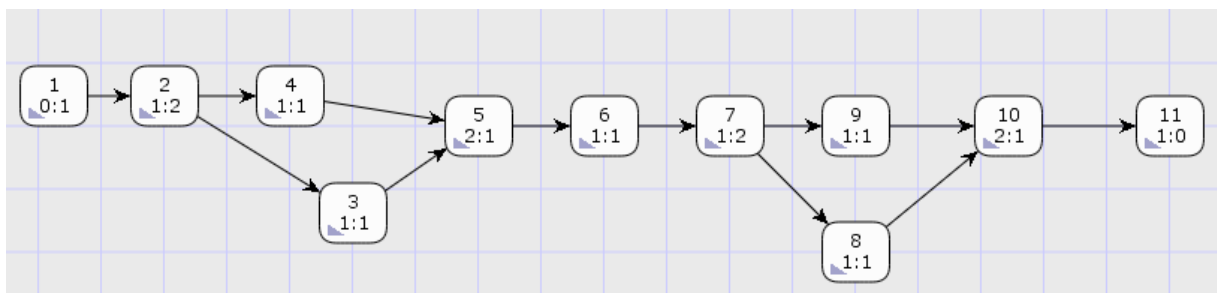
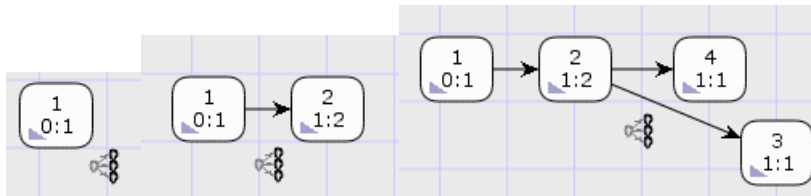
Les calculs sont effectués, il reste à afficher les résultats et notamment afficher le graph de marquage. Pour cela, il faut utiliser l'outil  et cliquer sur la page où vous souhaitez tracer le graphe.



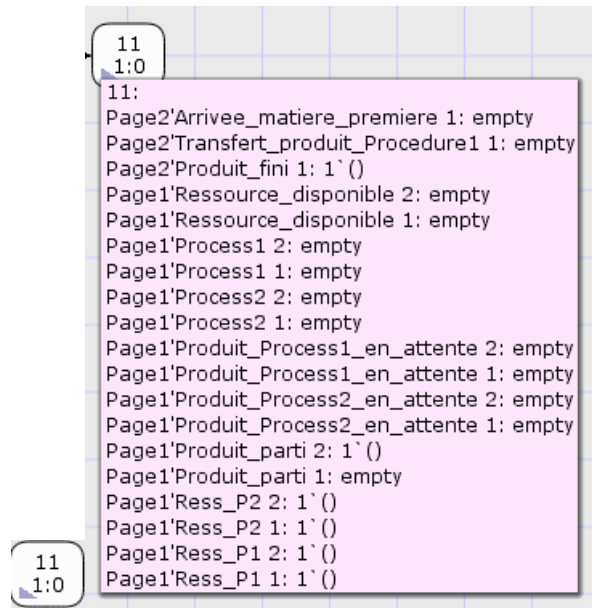
Ici, nous avons un nœud avec l'identifiant « 1 », c'est le nombre dans la partie supérieure. Dans la partie inférieure, nous avons le nombre de prédécesseurs et de successeurs de ce nœud. Ainsi dans notre exemple nous avons « 0 : 1 », signifiant qu'il y a 0 prédécesseurs et 1

successeur. Il est possible ensuite de dérouler le graphe avec l'outil  permettant

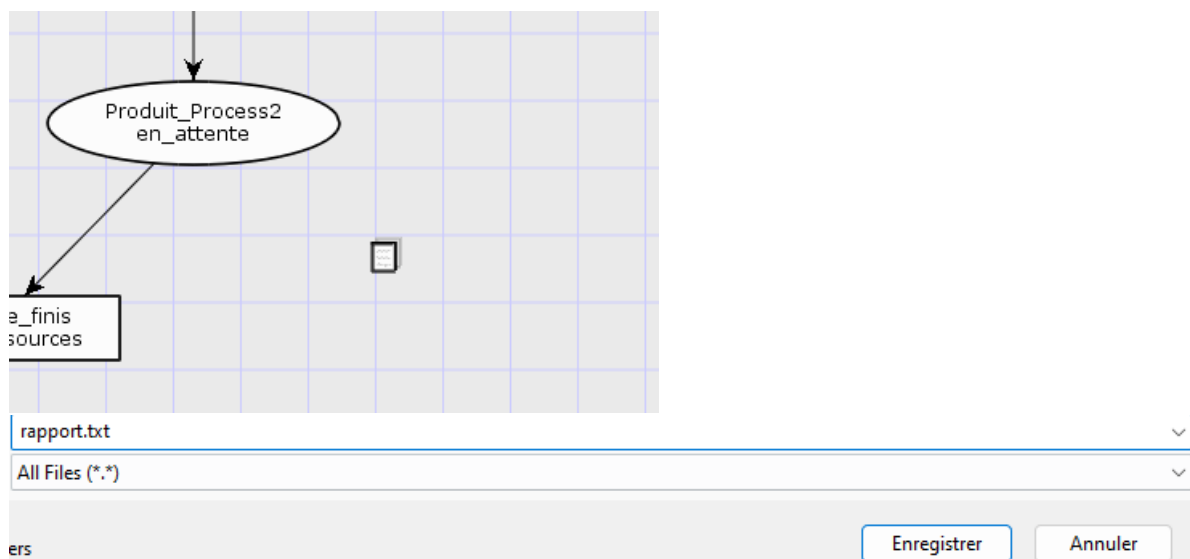
d'afficher les successeurs d'un nœud (Cet outil  permet d'afficher les prédécesseurs). Pour l'utiliser, il suffit de sélectionner l'outil et cliquer sur les nœuds.



Dans notre exemple, nous avons ce graphe de marquage. Pour plus de précision sur l'état du système dans ces nœuds, il est possible de cliquer sur le triangle rectangle gris en bas à gauche du nœud pour afficher le vecteur de marquage.



Enfin, il est possible d'enregistrer un rapport dans fichier avec l'outil . Pour l'utiliser, vous pouvez seulement lancer les calculs de l'espace d'état sans avoir forcément besoin de tracer tout le graphe de marquage. Il vous suffit de cliquer n'importe où sur une page de votre projet et une fenêtre d'explorateur de fichier s'ouvrira pour enregistrer votre fichier. Pas de précaution, spécifiez l'extension du fichier avec .txt pour vous assurer que vous pourrez ouvrir le fichier par la suite.



Une fois le fichier enregistré, il faudra le rechercher pour l'ouvrir. Le rapport s'affiche comme ceci :

```
rapport.txt
Fichier  Modifier  Affichage

CPN Tools state space report for:
/cygdrive/C/Users/hequet2/OneDrive/Pro/ENSEM/Cours/2A/SED_Proprietes_NRJ/TP/Sujet/Nouveau_projet.cpn
Report generated: Mon Mar 11 16:07:03 2024

Statistics
-----

State Space
Nodes: 11
Arcs: 12
Secs: 0
Status: Full

Scc Graph
Nodes: 11
Arcs: 12
Secs: 0

Boundedness Properties
-----

Best Integer Bounds
      Upper  Lower
Page1'Process1 1      1      0
Page1'Process1 2      1      0
Page1'Process2 1      1      0
Page1'Process2 2      1      0
Page1'Produit_Process1_en_attente 1
      1      0
Page1'Produit_Process1_en_attente 2
      1      0
Page1'Produit_Process2_en_attente 1
      1      0
Page1'Produit_Process2_en_attente 2
      1      0
Page1'Ress_P1 1      1      0
Page1'Ress_P1 2      1      0
Page1'Ress_P2 1      1      0
Page1'Ress_P2 2      1      0
Page2'Arrivee_matiere_premiere 1
      1      0
Page2'Produit_fini 1      1      0
Page2'Transfert_produit_Procedure1 1
      1      0

Best Upper Multi-set Bounds
Page1'Process1 1      1`()
Page1'Process1 2      1`()
Page1'Process2 1      1`()

Ln 1, Col 1      3419 caractères
```

Vous trouverez les statistiques de l'espace d'état, le nombre de nœuds et d'arcs. Ensuite, les propriétés de bornitude.

Boundedness Properties		

Best Integer Bounds		
	Upper	Lower
Page1'Process1 1	1	0
Page1'Process1 2	1	0
Page1'Process2 1	1	0
Page1'Process2 2	1	0
Page1'Produit_Process1_en_attente 1	1	0
Page1'Produit_Process1_en_attente 2	1	0
Page1'Produit_Process2_en_attente 1	1	0
Page1'Produit_Process2_en_attente 2	1	0
Page1'Ress_P1 1	1	0
Page1'Ress_P1 2	1	0
Page1'Ress_P2 1	1	0
Page1'Ress_P2 2	1	0
Page2'Arrivee_matiere_premiere 1	1	0
Page2'Produit_fini 1	1	0
Page2'Transfert_produit_Procedure1 1	1	0
Best Upper Multi-set Bounds		
Page1'Process1 1	1`()	
Page1'Process1 2	1`()	
Page1'Process2 1	1`()	
Page1'Process2 2	1`()	
Page1'Produit_Process1_en_attente 1	1`()	
Page1'Produit_Process1_en_attente 2	1`()	
Page1'Produit_Process2_en_attente 1	1`()	
Page1'Produit_Process2_en_attente 2	1`()	
Page1'Ress_P1 1	1`()	
Page1'Ress_P1 2	1`()	
Page1'Ress_P2 1	1`()	
Page1'Ress_P2 2	1`()	
Page2'Arrivee_matiere_premiere 1	1`()	
Page2'Produit_fini 1	1`()	
Page2'Transfert_produit_Procedure1 1	1`()	
Best Lower Multi-set Bounds		
Page1'Process1 1	empty	

Les propriétés de vivacité et de blocage

Home Properties

Home Markings
[11]

Liveness Properties

Dead Markings
[11]

Dead Transition Instances
None

Live Transition Instances
None