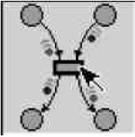


Le ministère du Transport et les Communications de l'Ukraine Odessa
l'Académie nationale de Télécommunication par le nom d'A.S. Popov

Département de Réseaux de Communication



D.A. Zaitsev, T.R. Shmeleva

Le fait de simuler de Systèmes de Télécommunication avec les Instruments CPN

*Le livre d'étudiants sur le cours
«Le fait de Modeler Mathématique de Systèmes informatiques»
pour enseigner des maîtres dans les communications*

APPROUVÉ par le Conseil de faculté de Transaction de réseaux D'information № 5 de 16.11.2006 année

Odessa 2007

UDK 621.39, 004.7

Plan d'édition {de question} 2006/2007

Critiques : Prof. V.A. Kudriashova,
k.t.n, docent I.A. Tregubova

Compilateurs : k.t.n., docent D.A. Zaitsev, magystr :Zaher. B&Dabagh M.B

La description du système de simulation les caractéristiques d'Instruments de CPN est présentée. Le système a été développé dans l'Université d' Aarhus (le Danemark) et est utilisé pour poser des systèmes de télécommunication et des réseaux au cours «le fait de Modeler Mathématique de Systèmes informatiques». Pour l'étude de cas un exemple de modèle d' Ethernet échangé a été choisi.

Affilié en réunion de
La Transaction de
Département de Réseaux de
Communication № 4 de
10.11.2006 année

Contenu

Introduction.....	5
1.La classe de Filets Petri Exécutés dans les Instruments CPN	5
1.Le Graphique de Filet de Petri et le MILLILITRE CPN	6
2.Une Considération d'Exemple	8
2. La destination et les Fonctions Fondamentales d'Instruments CPN ...	11
1.La destination d'Instruments CPN	11
2.Les Fonctions Fondamentales d'Instruments CPN	12
3. L'organisation d'interface d'Instruments CPN	13
1. Les régions {domaines} de Fenêtre Principale	13
2. Le travail avec les Instruments	14
3. Menus Sensibles contexte	15
4. La Structure de Modèle	16
5. L'organisation de Système d'Aide	17
6. La Réflexion du Feed-back d'Instruments CPN	17
4. La Boîte à outils d'Instruments CPN	20
1. Instruments Nets	20
2. Créez des Instruments	21
3. Instruments de Simulation	23
4. L'aperçu d'Autres Instruments	25
5. Les principes fondamentaux de MILLILITRE CPN	26
1. La Couleur Simple Met	27
2. La Couleur Composée Met	28
3. La déclaration de Variables et de Constants	29
4. Fonctions	30
5. Fonctions Au hasard	31
6. Multi jeux	32
7. Multi jeux Chronométrés	34
6. La Langue de la Description de Modèles	34
1. Inscriptions d'Endroit	34
2. Inscriptions d'Arc	35
3. Inscriptions de Transition	37
7. Les particularités de Filets Chronométrés dans les Instruments CPN	39
8. Le travail avec les Fragments de Filets	41
9. La Fusion Place	44
10. La Construction de Modèles Hiérarchiques	46
1. Les principes fondamentaux de Substitution de Transition	46
2. Cul sec Développement	48
3. Développement Supérieur en bas	49
11. Le fait d'analyser un FILET DE PC	50
1. Le fait de déboguer de Modèles	50
2. Analyse Spatiale d'État	51
3. La simulation de Conduite Nette	51
4. Le Mesurage des Fragments	55

12. Les Caractéristiques Supplémentaires d'Instruments CPN	56
1. Unions	56
2. Listes	57
Appendices : une Évaluation de Temps de Réponse de Réseau en utilisant Petri Coloré	
Le Modèle Net de LAN Échangé	59
A1. Échangé LAN	59
A2. Le modèle de LAN	59
A3. Le modèle de Changement	61
A4. Les modèles de Poste de travail et de Serveur	62
A5. Le modèle de Poste de travail Mesurant	64
A6. Technique d'Évaluation	65
A7. Les paramètres de Modèle	65
References.....	67

Introduction

Les Instruments de CPN sont un système de simulation spécial qui utilise la langue de filets Petri pour la représentation de modèles. Le système a été développé dans l'Université d'Aarhus au Danemark et est distribué gratuitement pour les organisations noncommerciales via le site Internet <http://www.daimi.au.dk/CPNTools/>. Le niveau de service permet la classification d'Instruments CPN comme un système d'entreprise. Il a été utilisé dans beaucoup de projets de vie réelle surtout dans la région {le domaine} de télécommunications. Récemment la Société de Nokia applique des Instruments CPN pour le développement guidé par modèle de nouvelle génération de ses téléphones mobiles.

1. La classe de Filets Petri Exécutés dans les Instruments CPN

Les Instruments de CPN proposent la classe très puissante de filets Petri pour la description de modèles. Selon la classification standard de tels filets sont appelés hiérarchiques chronométré a colorié des filets Petri. Il a été prouvé qu'ils sont équivalents à la machine Turing et constitue un système algorithmique universel. Donc un objet arbitraire peut être spécifié en utilisant cette classe de filets.

Le concept le plus simple de filet Petri coloré utilise des différents types de jetons. Le type d'un jeton est spécifié par le nombre naturel et représenté visuellement comme une couleur : 1 rouge, 2 bleue, 3 verte, etc. Le concept d'un filet Petri coloré d'Instruments CPN est plus compliqué. On appelle souvent de tels filets les filets coloriés généralisés parce que le type de jeton est décrit comme un type de données abstrait comme dans les langages de programmation. Le terme "colorié" reste historiquement mais il est très difficile de représenter de telles "couleurs" visuellement maintenant.

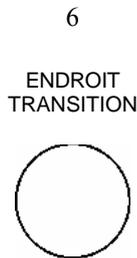
Les filets de Petri Chronométrés utilisent le concept du temps de modèle pour représenter les durées d'actions dans les objets de vie réelle. Malgré le filet Petri classique où le tir d'une transition se produit immédiatement le tir d'une transition dans le filet chronométré est concerné avec la durée bien déterminée ou a chronométré le retard. Il permet l'analyse de caractéristiques chronométrées d'objets de vie réelle, par exemple, le temps de réponse comme une caractéristique du QoS de réseau.

Les filets hiérarchiques fournissent la construction de modèles compliqués. Dans de tels filets un élément peut être représenté par un autre filet. Dans les Instruments CPN une transition peut être substituée par un filet supplémentaire. Donc nous avons une construction nichée : filet intérieur net. Le nombre de niveaux de hiérarchie n'a aucune principale restriction. Remarquez que, l'idée est large commun pour les langages de programmation où les procédures sont utilisées pour maintenir la complexité.

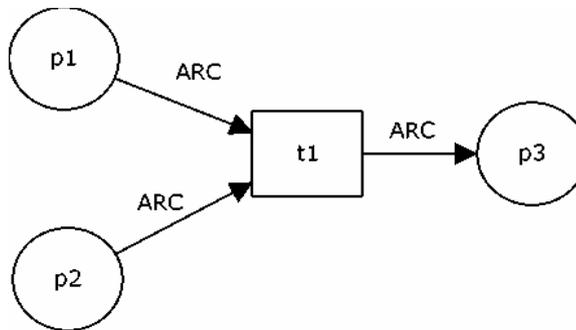
1.1. Graphique de Filet de Petri et MILLILITRE CPN

Dans les Instruments CPN la langue de la description de modèles constitue une combinaison de graphique net Petri et de langage de programmation le MILLILITRE de CPN (la Langue de Hausse).

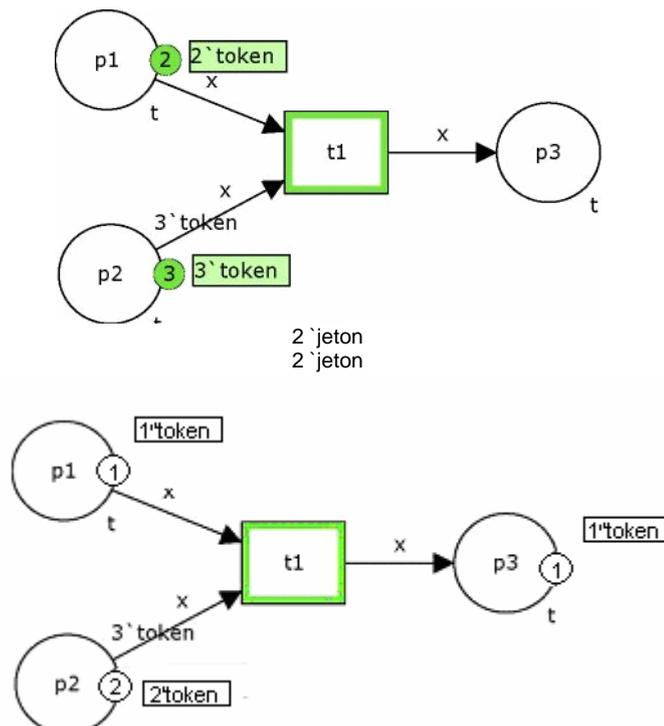
Le graphique de filet Petri est un graphique dirigé bipartite. Il se compose des vertices de deux types : les endroits tirés comme les cercles ou ovales et les transitions tirées comme les bars :



Les arcs sont utilisés pour raccorder des endroits et une transition :

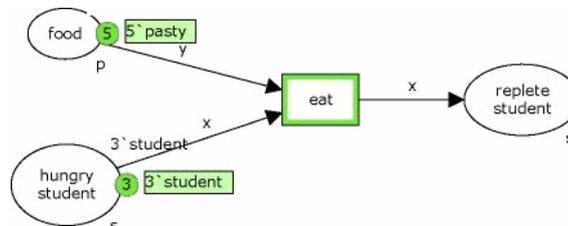


Dans les filets Petri un concept d'un jeton est aussi considéré. Le jeton est un objet dynamique qui est trouvé à l'intérieur placent et est déplacé comme le résultat de tir de transition :

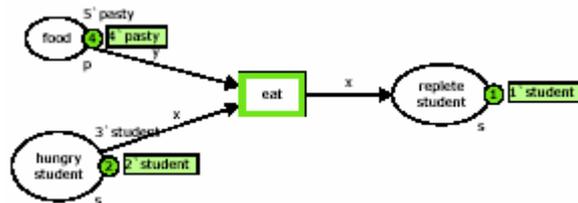


Dans les filets Petri classiques tous les jetons sont élémentaires et le même. Dans les types nets Petri colorés de jetons sont distingués. Permettez-nous de considérer un exemple de petit pâté en croûte à la viande consommé par les étudiants. Nous avons deux sortes de jetons : étudiant, petit pâté en croûte à la viande. Un étudiant affamé devient l'étudiant plein après le fait de manger une petit pâté en croûte à la viande :

5 `petit pâté en croûte à la viande



5 `aliments terreux(pateux) (4) 4 ` petit pâté en croûte à la viande



Vraiment, dans les Instruments CPN le langage de programmation spécial est inclus pour la description d'attributs d'éléments nets. Cette langue fournit des déclarations de jeux en couleur, variables, constants, fonctions et procédures. Dans le susdit exemple de telles déclarations ont été utilisées :

```
colset s=unit avec l'étudiant;
colset p=unit avec la petit pâté en
croûte à la viande;
```

```
var x:s; var y:p;
```

Deux jeux en couleur ont été définis : s avec l'étudiant de membre et p avec la petit pâté en croûte à la viande de membre. Les endroits "l'étudiant affamé" et "l'étudiant plein" sont du type s avec l'étudiant de jetons. Les aliments d'endroit sont du type p avec la petit pâté en croûte à la viande de jetons. Pour tirer la transition vous devez avoir tous les deux : un étudiant et une petit pâté en croûte à la viande. Les variables x et y sont utilisées pour extraire des jetons des endroits et mettre le nouveau jeton dans l'endroit de production.

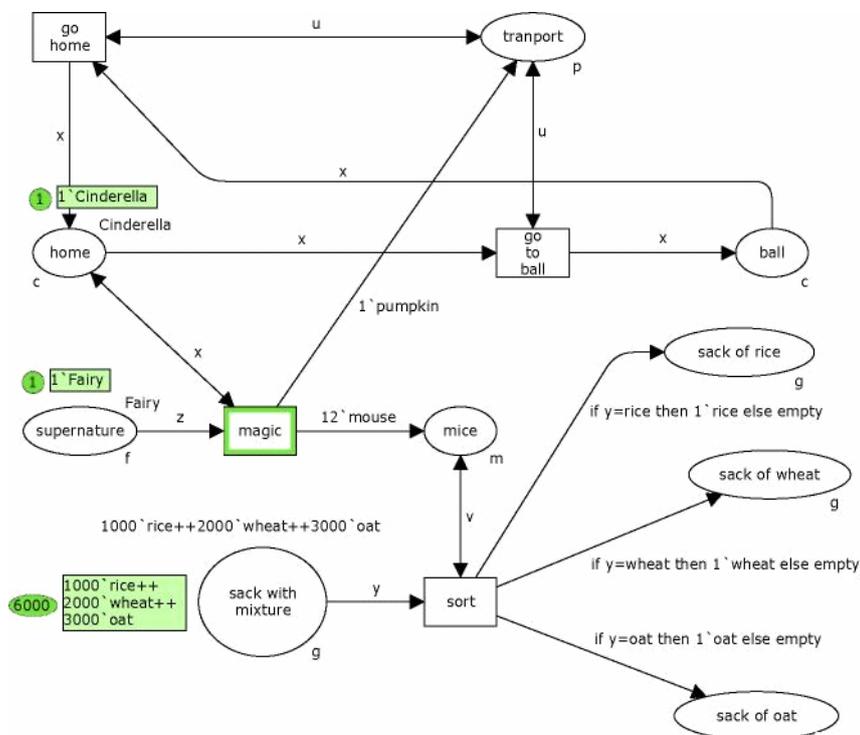
L'exemple montre la façon que les différents types de jetons peuvent être traités. Dans les modèles de couleur de systèmes de télécommunication les jeux peuvent être plus compliqués et représenter, pour le cas Ethernet, les charpentes, les dossiers{archives} d'échanger la table, etc.

Malgré les endroits de filets Petri classiques, les transitions et les arcs ont leurs attributs dans le filet Petri coloré. Dans le susdit exemple l'endroit ont le nom - "l'étudiant

affamé", le jeu en couleur - τ , la tache initiale - 3 `étudiant et tache de courant - 2 ` étudiant après le fait de consommer une petit pâté en croûte à la viande par un d'entre eux. La variable x permet le choix d'un étudiant arbitraire selon l'ensemble en couleur de la variable; la variable y permet le choix d'une petit pâté en croûte à la viande arbitraire. Le même étudiant qui a été extrait par la variable x de l'endroit "l'étudiant affamé" sera mis dans l'endroit "l'étudiant plein" parce que l'arc de production de la transition mange est inscrit avec la même variable x .

1.2. Une Considération d'Exemple

Permettez-nous de considérer l'exemple plus compliqué pour l'étude préliminaire d'Instruments CPN. Il a été pris de fairytale célèbre de Cendrillon. La belle-mère a dit Cendrillon pour séparer des grains de différentes sortes. Dans cet exemple les souris séparent des grains pendant que Cendrillon va à la boule.



Dans cela a colorié le filet Petri les déclarations suivantes de jeux en couleur et de variables sont utilisées :

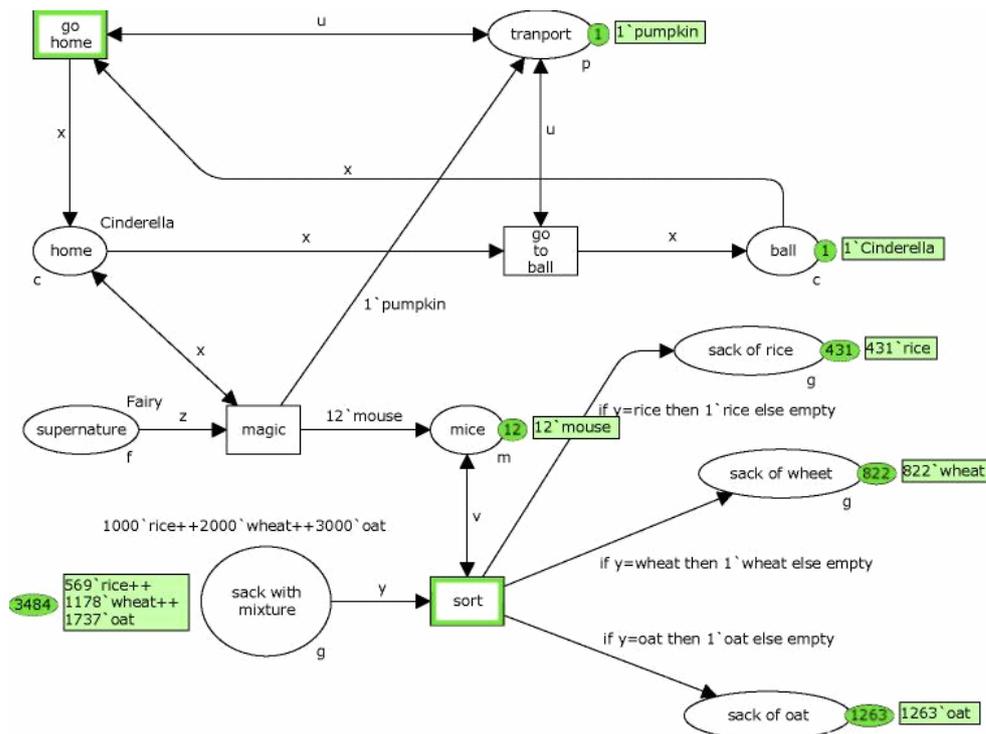
```
colset      p=unit      avec      citrouille;
colset      c=unit      avec      Cendrillon;
colset      g=with     riz       | le blé | o
colset      m=unit     avec      souris;
colset      f=unit     avec      Fée;
var x :      c;
var y :      g;
var z :
var u :      p;
var v :      m;
```

Dans cet exemple nous avons quatre jeux en couleur : f avec les jetons appelés la Fée, c avec les jetons appelés Cendrillon, p avec les jetons a appelé la citrouille et g avec trois sortes possibles de jetons appelée le riz, le blé, l'avoine. Dans la tache initiale de la seule transition permise est magique; il est accentué. En parlant avec Cendrillon dans la magie de transition, la Fée crée 12 souris et 1 citrouille et disparaît. Les voyages de Cendrillon à la boule et au classement de grains sont des événements simultanés et ils peuvent se produire simultanément dans n'importe quel ordre. La citrouille est utilisée comme une ressource pour les transitions "va à la boule" et "va à la maison" pour porter Cendrillon à la boule et à reculons. Les souris sont utilisées comme une ressource pour la sorte de transition pour choisir des grains de différentes sortes.

Permettez-nous de considérer les directions et les inscriptions d'arcs. Dans la magie de transition Cendrillon n'est pas changée aussi bien que la citrouille dans les transitions "vont à la boule" et "vont à la maison" ainsi bidirection les arcs sont utilisés. Les autres arcs sont unidirection. L'arc dirigé de l'endroit pour traverser les extraits un jeton de jeu en couleur correspondant. Le jeton est extrait selon l'inscription de l'arc de contribution de transition. Dans cet exemple toutes les inscriptions sont représentées par les variables de jeu en couleur correspondant. Par exemple, l'arc de contribution de la sorte de transition a l'inscription y; y est une variable de g de jeu de couleur; donc un grain arbitraire est extrait de l'endroit "le sac avec la mixture". Les inscriptions plus compliquées des arcs de contribution de transitions seront étudiées davantage.

Quant aux arcs de production de transitions, ils créent de nouveaux jetons. Le nouveau jeton peut coïncider avec n'importe quel jeton extrait de la contribution placent ou peut être créé de nouveau. Par exemple, dans la transition "vont à la boule" le jeton Cendrillon est extraite de l'endroit à la maison par la variable x dans l'inscription d'arc de contribution et du même jeton Cendrillon sera mise pour placer la boule selon l'inscription x sur l'arc de production. La magie de transition est plus compliquée : la Fée disparaît après le fait de tirer de cette transition parce qu'elle est extraite par l'arc de contribution avec l'inscription z et la variable z n'est pas utilisé dans les inscriptions d'arcs de production; Cendrillon dans l'endroit à la maison n'est pas changée par la magie de transition parce que l'arc de bidirection avec l'inscription x est utilisé, à savoir il vérifie seulement la présence de jeton dans l'endroit à la maison; 12 souris et 1

la citrouille est créée, la correspondance constants sont écrits dans les inscriptions d'arcs de production. Considérez maintenant le modèle après 5000 pas de simulation :



Cendrillon est arrivée à la boule, les souris se battent avec leur emploi{travail}, la Fée a disparu. Les souris ont choisi 431 grains de riz, 822 grains de blé et de 1263 grains d'avoine. Il y a deux transitions permises dans cette tâche : la sorte et "va à la maison". Permettez-nous de considérer la voie du classement de grains dans ce modèle. La sorte de transition extrait un grain dans la variable y mais ce grain doit être mis seulement dans un d'endroits : "le sac de riz", "le sac de blé", "le sac d'avoine". Les inscriptions d'arcs de production contiennent des fonctions qui choisissent seulement le grain de la sorte voulue autrement le jeton spécial vide est choisi. Le jeton vide ne signifie "rien".

La considération proche du susdit exemple révèle beaucoup de choses qui ne correspondent pas l'original fairytale. Par exemple, nous ne considérons pas de temps du tout et l'avertissement de Fée du minuit. Nous vous recommandons d'essayer ce modèle et trouver tout le fait de manquer. Après le fait d'étudier des Instruments de CPN vous pouvez construire votre propre modèle complètement approprié à l'original fairytale.

Permettez-nous de remarquer que le susdit exemple de jouet donne des grains d'expérience pour développer des modèles de systèmes de télécommunication et de réseaux. L'emploi{le travail} de souris ressemble à une fonction de détoureur de réseau. L'exemple de vie réelle de modèle d'Ethernet échangé est mis dans les Appendices. Mais comprendre comment il travaille beaucoup de connaissance recueillie dans les sections suivantes est exigée.

2. La destination et les Fonctions Fondamentales d'Instruments CPN

2.1. Destination d'Instruments CPN

Les Instruments de CPN sont visés au design de modèles et à l'analyse. C'est un système essentiel dans le développement d'objets compliqués dans les champs différents d'ingénierie. Il est largement utilisé pour la production et l'administration d'affaires, en planifiant et le contrôle d'opérations militaires, le contrôle de systèmes de production et robots aussi bien que véhicules et missiles. La liste complète d'applications de vie réelle vous trouverez à la page d'accueil d'Instruments CPN <<http://www.daimi.au.dk/CPNTools/>>. Les Instruments de CPN sont exécutés tant sur Windows de MME que sur plates-formes Unix maintenant et constituent essentiellement une nouvelle génération de premier Design-CPN de système utilisé.

Quant aux télécommunications, les Instruments de CPN sont utilisés pour la spécification et la vérification de protocoles, l'estimation de débit de réseaux et de QoS, le design d'artifices de télécommunication et de réseaux. Récemment, la Société de Nokia est utilisée les Instruments CPN dans le développement guidé par modèle de nouvelles générations de ses téléphones mobiles. Cette direction est la plus féconde pour les artifices compliqués de construction mécanique. Tôt un modèle a été utilisé seulement pour l'estimation des caractéristiques d'artifices ou réseaux dans le processus de leur développement. Dans le développement guidé par modèle un modèle simple initial est consécutivement transformé à la spécification finale du système. Le processus de développement constitue le processus de donner de plus en plus de détails du système de vie réelle au modèle jusqu'à ce qu'il devienne comme la minute comme une spécification technique exigée pour sa production ou installation. L'avantage de cette approche est la possibilité pour l'analyse d'un système sur chaque stade de son design et estimation de ses caractéristiques. C'est toujours approprié aux exigences ? Il permet le design de systèmes qui sont très près de l'optimal parce que pour la vie réelle a compliqué des objets la solution formelle de tâche d'optimisation est tout à fait dure et dans la plupart des cas est pratiquement infaisable.

Quant aux filets Petri hiérarchiques chronométrés colorés d'Instruments CPN ils sont un système algorithmique universel donc ils permettent la description d'un objet arbitraire. De plus, la langue de filets Petri colorés est convenable pour la spécification de systèmes surtout pour les systèmes avec l'action réciproque compliquée entre les composantes. Le concept d'événements asynchrones permet la voie de description préservant le parallélisme naturel de la conduite de systèmes. C'est très convenable pour l'implémentation de plus sur les unités centrales parallèles ou les architectures d'écoulement de données d'ordinateurs.

La plupart d'avantage d'application d'Instruments CPN est gagné quand spécial (le matériel ou le logiciel) les unités centrales de filets Petri sont utilisées. Dans ce cas-là les spécifications finales d'un système dans la forme de filet Petri coloré peuvent être mises directement à une telle unité centrale. Il y a quelques types connus d'unités centrales de matériel de filets Petri, indique par exemple des unités centrales dans les contrôleurs de compagnie Klashka.

2.2. Fonctions Fondamentales d'Instruments CPN

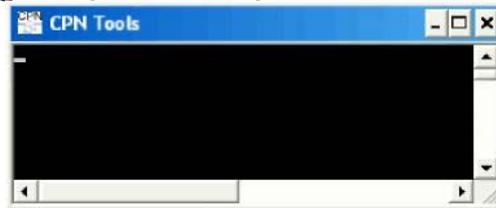
Les fonctions fondamentales d'Instruments CPN se composent à : - la création (révisante) de modèle;

- l'analyse de conduite de modèles via sa simulation;
- la création et l'analyse de l'espace public de modèle. Pour la création de modèles le rédacteur en chef graphique spécial de filets Petri colorés est pourvu que. Le rédacteur en chef permet le dessin de filets Petri sur l'écran de l'ordinateur et l'inputting les attributs des éléments de filets et des déclarations supplémentaires écrites dans la langue de MILLILITRE CPN. Le modèle peut se composer de quelques pages. Les pages sont raccordées l'un avec l'autre pour fournir une structure hiérarchique. Pour les modèles assez simples la génération de son espace public complet (le graphique d'accessibilité) est possible. C'est la meilleure voie, par exemple, pour la vérification de protocoles de télécommunication. Les Instruments de CPN y fournissent la création de rapport spatial et automatique public où les conclusions des propriétés standard de filets Petri comme le fait d'être limité et vivant sont présentées. De plus, la langue spéciale sur la base de MILLILITRE CPN est fournie à la description de requêtes des propriétés non standard de l'espace public auquel l'utilisateur s'intéresse. Malheureusement, pour les modèles compliqués l'espace public peut être énorme et sa création est infaisable. La seule voie pour l'analyse de modèles compliquée est la simulation de sa conduite. Les Instruments de CPN fournissent peu à peu la simulation à déboguer de la simulation modèle aussi bien qu'automatique de nombres indiqués de pas. La simulation sur de grands intervalles de temps est la voie pour l'analyse statistique de la conduite de modèle. C'est utile pour l'estimation des caractéristiques de réseaux comme le débit et QoS.

3. Organisation d'interface d'Instruments CPN

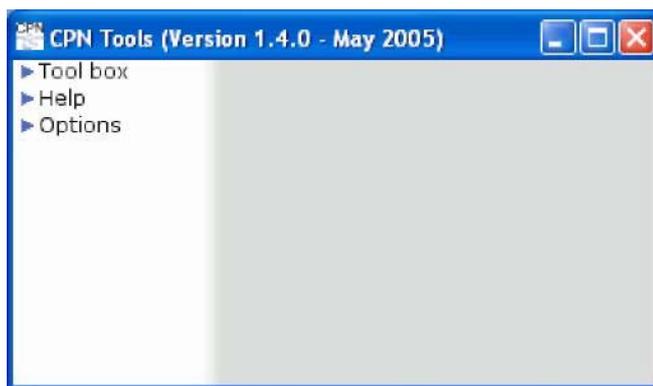
Dans les Instruments CPN un nouveau concept d'action réciproque graphique basée sur les caractéristiques de Mme Open GL est exécuté. Il permet inputting rapide et le fait de réviser d'instruments d'utilisation de modèles des boîtes à outils et des menus sensibles contexte. La facilité spéciale de travail avec deux artifices de souris est fournie. La souris dans ce cas-là gauche est utilisée pour l'action réciproque avec le menu et pour la sélection d'instruments des palettes pendant que la souris juste est utilisée pour tirer et réviser des filets Petri.

3.1. Régions{Domaines} de Fenêtre Principale

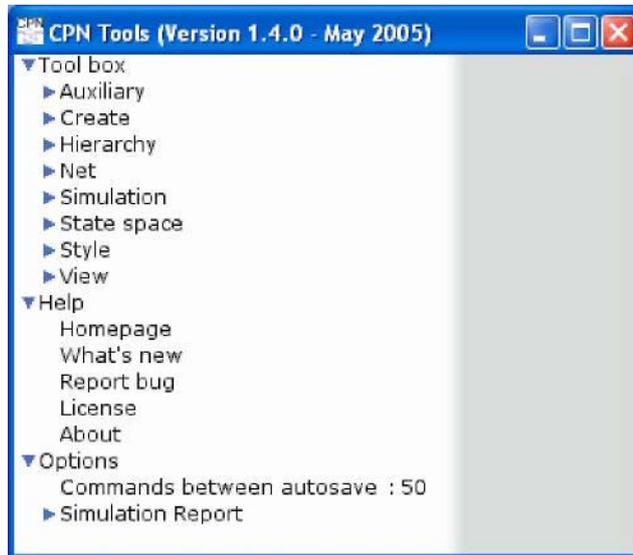


La deuxième fenêtre est la fenêtre principale d'Instruments CPN :

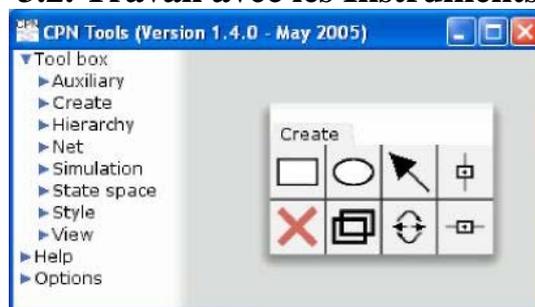
Après le lancement deux fenêtres d'Instruments CPN apparaissent sur l'écran. Le premier d'entre eux est la fenêtre noire; c'est auxiliaire et sert pour la production de messages quand soustraité sont commencés :



Il contient deux régions{domaines} : workspace - gris et l'index - blanc. L'index se compose de la boîte d'Instruments, l'Aide et les Options; au-dessous d'eux les descriptions de filets sont mises; dans le susdit exemple il n'y a aucun filet chargé. Dans workspace les pages de filets sont visualisées. Il y a le curseur graphique dans la fenêtre principale pour l'action réciproque avec les Instruments CPN. Toujours dans le système le petit triangle signifie un article qui peut être ouvert en y cliquant. Par exemple, nous pouvons ouvrir tous les articles dans l'index :



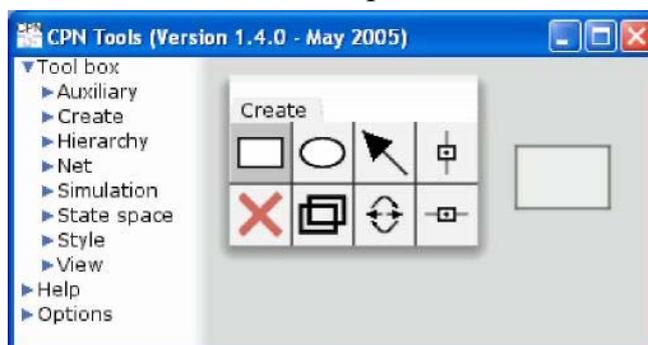
3.2. Travail avec les Instruments



La palette de l'instrument a apparu dans la fenêtre.

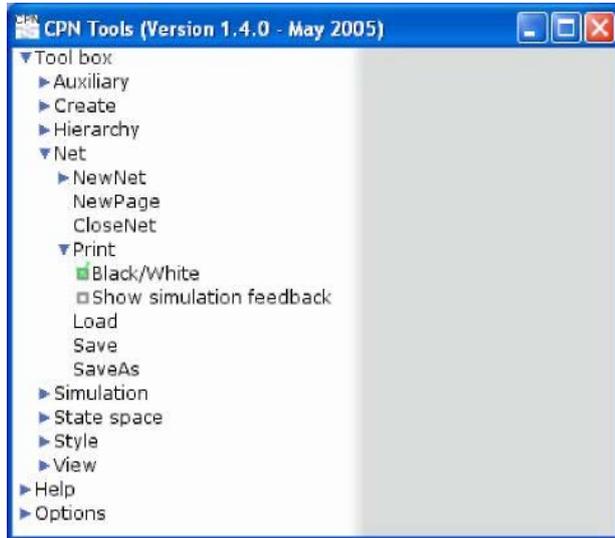
La façon d'ouvrir la palette d'un instrument est de le tirer avec la souris de l'index au workspace. Permettez-nous de vous ouvrir Créez l'instrument :

Pour prendre un instrument de la palette d'instrument nous devrions y cliquer. Alors le curseur prend une forme d'instrument correspondant. Par exemple, nous choisissons l'instrument de transition de la palette Créez :



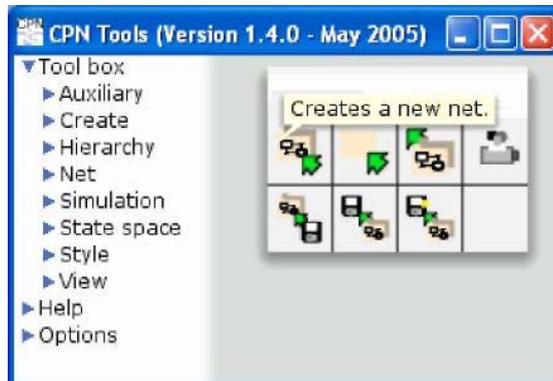
Pour abandonner l'instrument nous devrions le traîner à reculons sur la palette et cliquer sur la souris ou pousser le fond Esc sur le clavier.

Chaque instrument a ses options spéciales qui peuvent être montrés et changés en cliquant sur le rectangle correspondant dans l'index. Par exemple, dans la palette Netto nous pouvons montrer l'option d'impression pour imprimer le filet en noir et blanc :



3.3. Menus Sensibles contexte

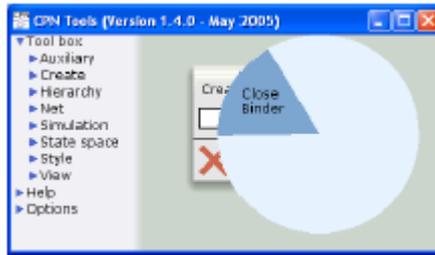
Pour l'action réciproque convenable les Instruments de CPN fournit beaucoup de menus sensibles contexte apparaissant sur l'écran avec le fait de pousser le bouton juste de souris. Les menus ont la forme d'un cercle avec les secteurs appelés. Pour garder le menu sur l'écran vous devriez tenir le bouton poussé en déplaçant la souris pour choisir l'article exigé. Dans la plupart des articles de cas de menus sensibles contexte copie des instruments dans les palettes. Par exemple nous pouvons créer le nouveau filet en utilisant l'instrument le nouveau filet de la palette Nette :



Cela peut être fait aussi avec le menu sensible contexte :

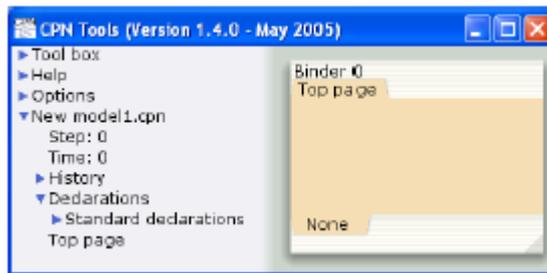


Les menus sensibles contexte rendent l'action réciproque plus naturelle et rapide. Vous devriez seulement appuyer sur le bouton juste de souris sur un objet et choisir l'action exigée. De cette manière vous pouvez fermer la boîte à outils :



3.4. La Structure de Modèle

Les modèles sont appelés des filets dans les Instruments CPN. Leurs descriptions sont situées dans l'index sous les articles standard. Permettez-nous de considérer le nouveau filet après sa création :



Chaque filet dans les Instruments CPN a :

- Le nom - le nom du dossier correspondant avec le type .cpn;
- Le pas - le nombre de pas qui ont exécuté dans une simulation;
- Temps - le temps modèle actuel;
- L'histoire - la liste d'ordres qui ont été exécutés sur le filet;
- Les déclarations - les déclarations de jeux en couleur, fonctions, les valeurs constantes;
- Les pages - les noms des pages de filet. Dans la susdite fenêtre le nom de filet est modell.cpn, les nombres de pas et de temps

sont égaux au zéro, le filet se compose de la seule page appelée "la page Supérieure". Permettez-nous de remarquer que "la page Supérieure" a apparu dans workspace; nous pouvons tirer le filet à l'intérieur de cela les instruments d'utilisation. Pour ouvrir une page d'un filet nous devrions le traîner de l'index à workspace. Pour la création de nouvelles déclarations et de nouvelles pages les menus sensibles contexte sont utilisés :

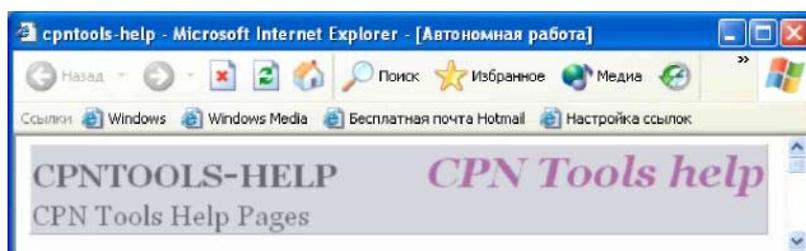


3.5. Organisation de Système d'Aide

Les Instruments de CPN ont trois sortes d'aide : les bulles d'air de discours, aidez hors ligne et l'aide en ligne. Les bulles d'air de discours apparaissent sur l'écran quand vous gardez le curseur sur un article correspondant depuis quelques secondes. Il décrit l'objet pointu :



Le fait de cliquer sur l'article d'aide dans l'index commence le navigateur avec l'aide d'hypertexte d'Instruments CPN :



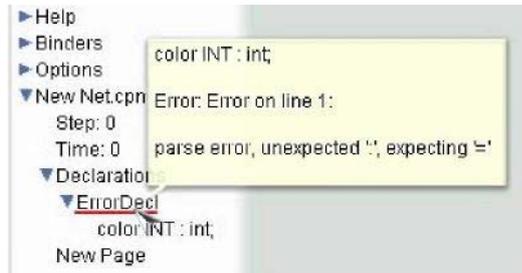
Il contient beaucoup de renseignements sur les Instruments CPN accomplis par la considération d'exemples de filets. Les détails plus particuliers et les renseignements récents sont situés sur CPN

Pages d'accueil d'instruments dans Aarhus. En cas du besoin, le système d'aide appelle ces renseignements mais il peut être atteint seulement dans le cas votre ordinateur est raccordé à Internet.

3.6. La Réflexion du Feed-back d'Instruments CPN

Les Instruments de CPN fournissent le feed-back graphique qui reflète l'état actuel de système. Il y a de telles sortes de feed-back graphique comme :

- Bulles d'air de discours;
- Bulles d'air de statut;
- Auras;
- Icône de curseur changeante. **Une bulle d'air de discours** est un rectangle jaune qui fournit sensible contexte renseignements. Quelques bulles d'air de discours apparaissent automatiquement, pendant que d'autres apparaissent après un retard faible quand le curseur est serré un objet approprié. Par exemple, le mouvement du curseur sur une déclaration avec une erreur de syntaxe fera une bulle d'air de discours contenant un message d'erreur apparaître.



Les bulles d'air de discours sont utilisées pour montrer :

- Messages d'erreur pendant le contrôle de syntaxe.
- Les messages d'erreur en simulant des filets.
- Les bouts d'instrument pour les instruments dans les palettes et toolglasses.
- Renseignements détaillés pour les bulles d'air de statut.
- Le résultat d'appliquer l'instrument de MILLILITRE Évalue.
- Le sentier complet à un filet sauvé. Pour voir le sentier complet, déplacez le curseur sur le nom du filet dans l'index.

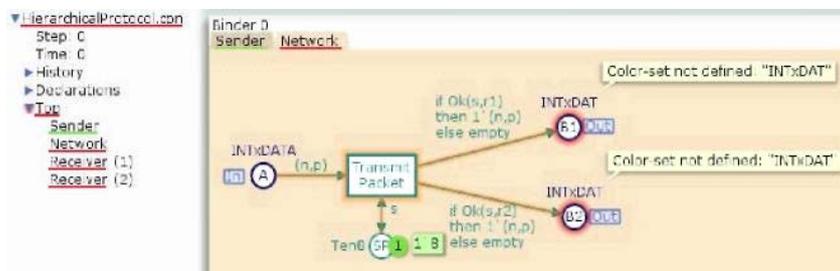
Les bulles d'air de statut sont codées de couleur les bulles d'air qui apparaissent de temps à autre en bas de l'index. Déplacez le curseur sur une bulle d'air de statut pour voir la bulle d'air de discours correspondante :



Les bulles d'air de statut ont une des couleurs suivantes :

- Vert indique qu'une opération a été accomplie avec succès.
- Rouge indique qu'une erreur s'est produite en exécutant une opération.
- Clair pourpre indique qu'une opération consommante temps, comme une longue simulation, est actuellement exécutée.

Les auras codées de couleur sont utilisées pour accentuer des objets avec les caractéristiques particulières ou indiquer de différentes sortes de rapports entre les objets. Les auras sont associées aux endroits, les transitions, les arcs, les inscriptions, les déclarations, les étiquettes de page et les entrées d'index, comme les noms de page et les noms nets :



Les auras ont les couleurs suivantes :

- (Brillant) Rouge indique des objets avec les erreurs pendant le contrôle de syntaxe et en simulant des filets.
- Les auras de replat sombres indiquent des noms non-uniqes d'endroits et de transitions quand le contrôle de syntaxe.
- Vert indique a permis des transitions en simulant des filets.

- Bleu foncé indique la dépendance entre les déclarations et d'autres éléments, comme les endroits, les transitions et les pages.
- Aqua indique qui s'opposent qu'une inscription appartient à.
- L'orange indique que le contrôle de syntaxe d'un objet n'a pas encore commencé.
- Jaune indique que le contrôle de syntaxe d'un objet est actuellement exécuté.
- Rose indique que les endroits de fusion appartiennent à un jeu de fusion.
- Aqua indique des attributions de port/douille et des rapports super-/subpage en travaillant avec les filets hiérarchiques.

L'icône de curseur change pour indiquer que les actions peuvent être, ou sont, exécutées. Par exemple :

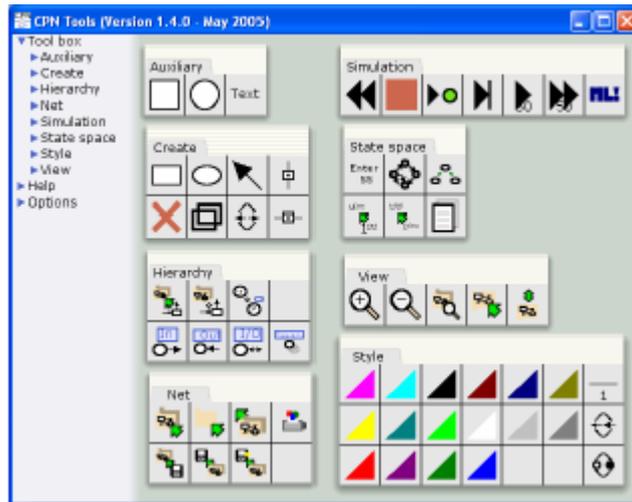
- Le curseur standard est une flèche ou juste une marante ^
- Le curseur B_ de mains indique qu'un article peut être déplacé.
- Le curseur de barre transversale indique qu'il est possible de réviser le texte.
- Le curseur de flèche double-été à la tête indique qu'un article peut être changé les dimensions. Les directions des têtes de flèche indiquent que la direction l'article peut être changé les dimensions

horizontalement "*" , verticalement, ou tous les deux simultanément.

- Après le fait de ramasser un instrument d'une des palettes, le curseur changera pour indiquer que l'instrument a été ramassé.
- Pour les instruments polyphasés, c'est-à-dire les instruments qui sont appliqués en cliquant sur plus qu'un objet, le curseur indiquera que la phase de l'instrument sera appliquée ensuite. Les exemples d'instruments polyphasés sont l'instrument de douille de port alloue et l'instrument de sous-page de jeu.

4. Boîte à outils d'Instruments CPN

La boîte à outils fournit les palettes suivantes d'instruments :



Instruments nets : car les opérations avec les filets entiers Créent l'instrument : pour tirer et réviser les filets Petri Simulent des instruments : pour la simulation de l'État de conduite de filet les instruments Spatiaux : pour la création et l'analyse d'instruments de Hiérarchie spatiaux publics : pour la création d'instruments de Style de filets de multiniveau : pour les particularités des instruments de Vue d'aspect de filets : pour le choix d'échelle et les groupes accentuants les instruments Auxiliaires : pour l'amélioration de la lisibilité de filets

4.1. Instruments Nets



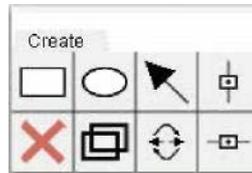
Les articles de la palette ont le sens suivant (de gauche au droit et de jusqu'à en bas) :

- crée un nouveau filet;
- crée une nouvelle page;
- ferme un filet;
- charges dans un filet;
- sauve un filet;
- sauve un filet avec un nouveau nom;
- imprime un filet.

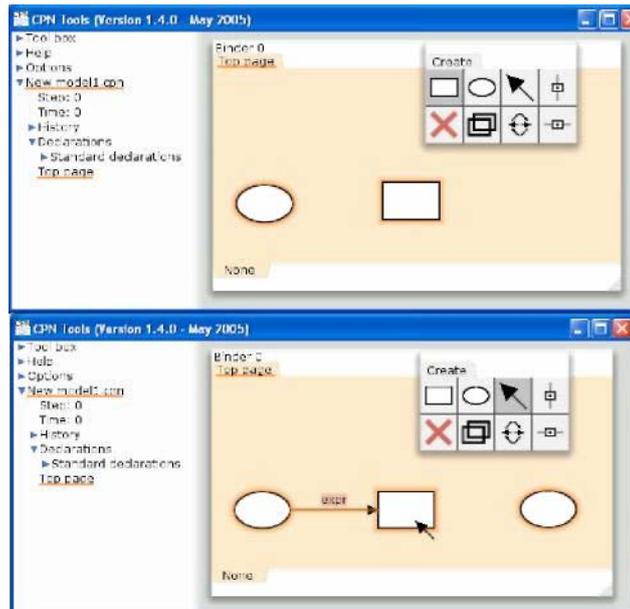
Pour créer un nouveau filet vous devriez commencer avec “crée un nouveau” article net et la fin avec “sauve un ” article net. Pour ouvrir un filet existé vous devriez commencer avec les "charges dans un filet”. Les filets sont imprimés au dossier dans .eps (le Script Post Prolongé {Étendu}) formatent et peut être inséré, par exemple, comme les peintures dans les

documents de Mme Word. De nouvelles pages sont créées surtout pour les filets hiérarchiques.

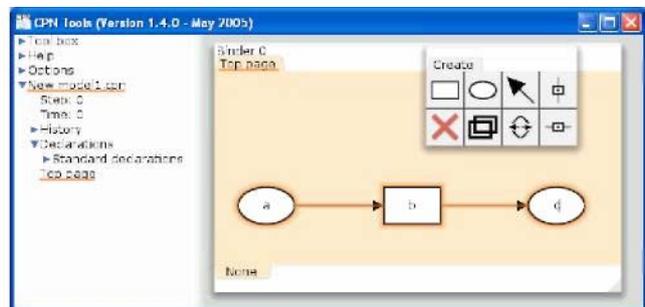
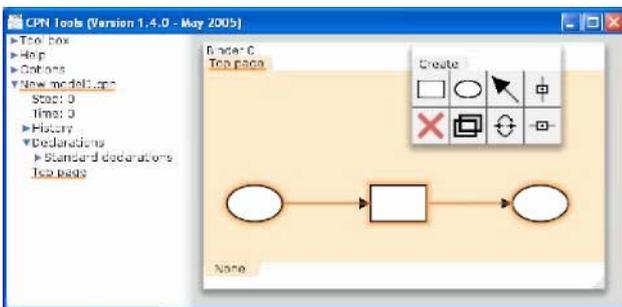
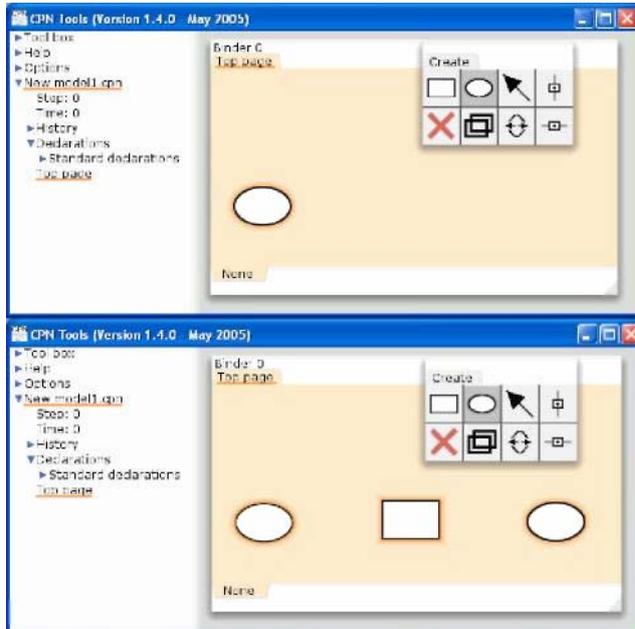
4.2. Créer des Instruments



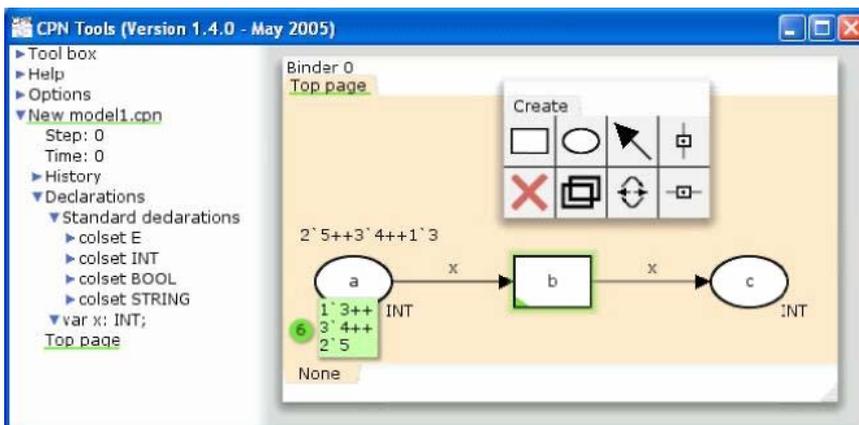
Les articles de la palette ont le sens suivant :



- crée une transition;
- crée un endroit;
- crée un arc;
- crée une directive aimantée verticale;
- efface un élément;
- clone un élément;
- les cycles entre les directions possibles d'arc;
- crée une directive aimantée verticale. Permettez-nous de commencer avec cette palette à tirer notre premier filet :



Le filet Petri simple a été tiré mais il n'est toujours pas correct parce que ses éléments n'ont aucun attribut. Nous utiliserons le type INT de la déclaration standard pour faire cet exemple travailler et ajouter une variable x dans les déclarations :



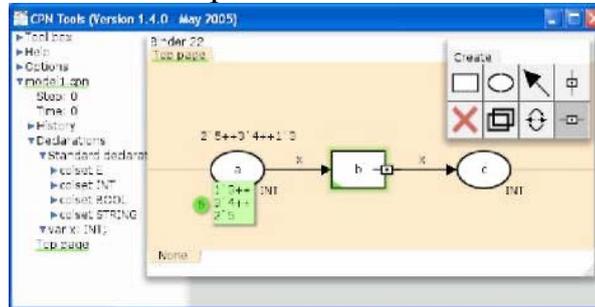
Le filet est correct maintenant. Remarquez que placent le fait de contenir 6 jetons : 1 de 3 gentils, 3 de 4 gentils et de 2 de 5 gentils. Permettez-nous de montrer plus méticuleusement la voie aux attributs de contribution des éléments de filets. Chaque noeud a son propre ensemble des attributs. Après le fait de montrer un élément vous pouvez échanger parmi ses attributs en utilisant la clé d'Étiquette de clavier :

(NOM)
TACHE INITIALE
GARDE

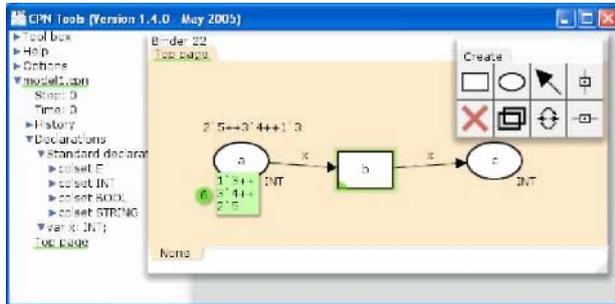
NOM
 RETARD DE TEMPS
 TYPE D'ENDROIT

ACTION

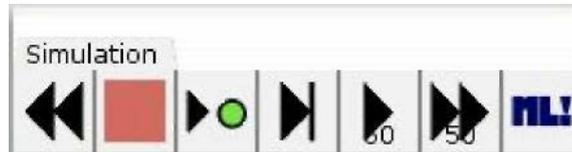
Dans les susdits attributs d'exemple de transition ne sont pas utilisés. La tâche actuelle de l'endroit est écrite dans la couleur verte par les Instruments CPN automatiquement.



Les directives aimantées sont très utiles d'arranger des éléments de filet pour. Les éléments sont déplacés automatiquement à la directive la plus proche. Par exemple :



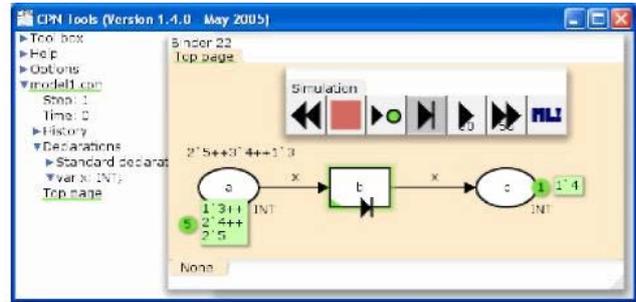
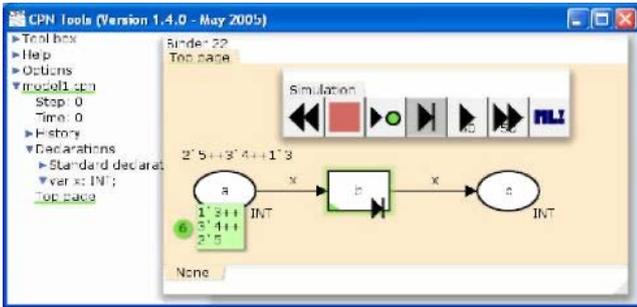
4.3. Instruments de Simulation



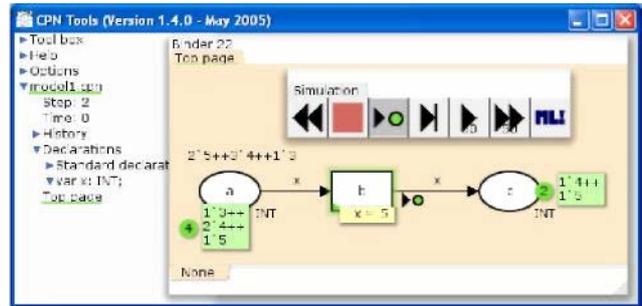
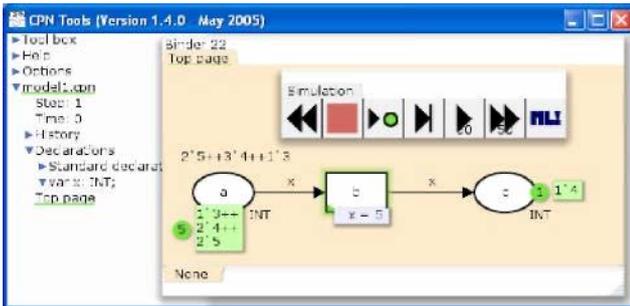
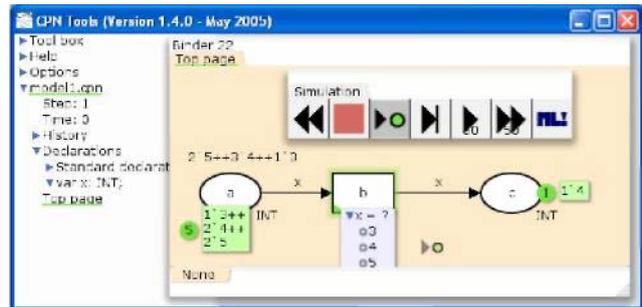
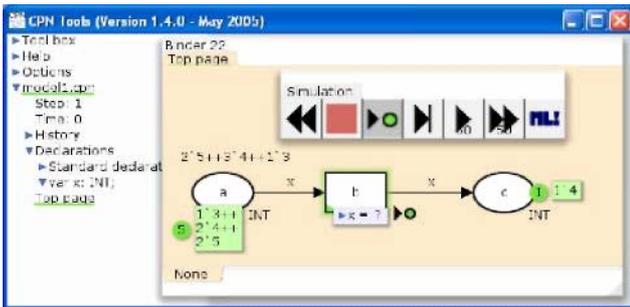
Les articles de la palette ont le sens suivant :

- va à l'état initial;
- arrête la simulation en cours;
- exécute une transition avec le fait d'attacher choisi;
- exécute une transition;
- exécute le nombre indiqué de transitions en montrant des taches intermédiaires;
- exécute le nombre indiqué de transitions sans montrer des taches intermédiaires;
- évalue un texte comme le code de MILLILITRE.

Les articles qui “exécutent une transition” sont visés au fait de déboguer de filets avec peu à peu la simulation. Nous pouvons cliquer sur une transition fiable pour le choisir ou sur la tache vide d'un classeur pour permettre le choix de transition aux Instruments CPN. Permettez-nous de considérer le processus de simulation :

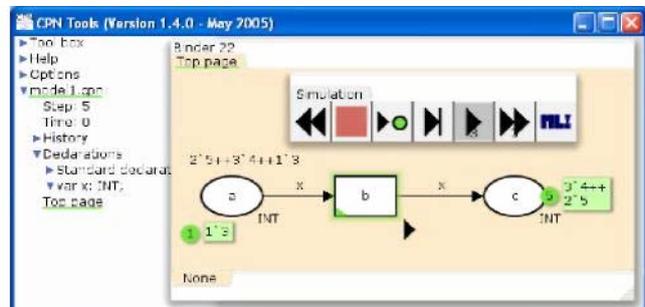
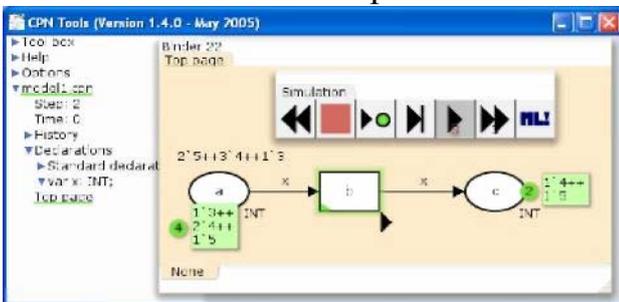


Le jeton 4 a été choisi par la variable x d'une façon au hasard de l'endroit a et déplacé par la transition "avec des " services se liant choisis pendant la minute en déboguant. Dans ce cas-là vous pouvez choisir manuellement un jeton qui est satisfaisant à l'inscription de l'arc de contribution de transition :



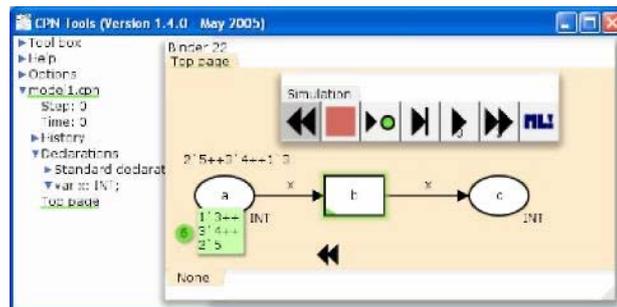
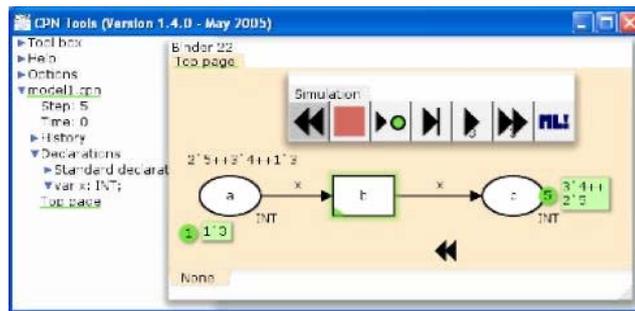
Dans cet exemple le choix a été proposé entre les jetons 3, 4, 5 et le jeton 5 a été choisi manuellement.

Quant à la "exécution de nombre indiqué de transitions", sont-ils choisis au hasard par les Instruments CPN. Vous pouvez entrer dans le nombre voulu de transitions :



Le nombre de trois transitions était inputted dans le susdit exemple. La seule différence entre deux modes est que les arrêts d'Instruments CPN et montrent la tâche intermédiaire dans le premier cas et montrent seulement la tâche finale dans le deuxième cas. Le résultat est le même, mais le mode sans montrer que les tâches intermédiaires sont beaucoup plus rapides. Il est utilisé pour la simulation sur de grands intervalles de temps pour l'accumulation de renseignements statistiques.

L'article “s'arrête la simulation sortante” permet l'interruption de processus de simulation quand quelque chose tourne mal ou cela dure aussi la longue période. L'article “va à l'état initial” permet le retour à l'état initial :



L'évaluation d'un texte comme le code de MILLILITRE est tenue de forcer la syntaxe en enregistrant des constructions de langue.

4.4. Aperçu d'Autres Instruments

D'autres instruments sont complice aussi Auxiliaire, Style, Vue ou plus compliqué que la Hiérarchie, l'Espace d'État. La description méticuleuse de hiérarchie et d'instruments spatiaux publics sera donnée dans les sections suivantes.

Les instruments auxiliaires permettent la création de boîtes, cercles et étiquettes de texte qui n'ont pas de sens sémantique, mais peut atténuer la lisibilité du filet.

Les instruments de style sont utilisés pour souligner des structures nettes importantes avec les couleurs, l'épaisseur de ligne, la grandeur de la tête d'arc (la flèche), en se remplissant des éléments pour améliorer la lisibilité. Aucun de ces instruments n'a aucun effet sémantique sur le filet.

Les instruments de vue sont utilisés pour changer la vue d'une page et de ses éléments par le groupement et le mouvement rapide.

Les instruments de hiérarchie sont utilisés pour réviser la structure hiérarchique du filet. La palette contient des instruments tant pour cul sec qu'une structuration supérieure en bas du filet.

Les instruments spatiaux d'État sont utilisés pour calculer des espaces publics d'un filet, transférer des états entre le simulateur et l'instrument spatial public et produire des rapports spatiaux publics.

5. Principes fondamentaux de MILLILITRE CPN

Les Instruments de CPN utilisent la langue de MILLILITRE CPN des déclarations et des inscriptions nettes. Le MILLILITRE de CPN fournit des déclarations de jeux en couleur (les types de données), les variables, les fonctions, (constants) de valeurs. Chaque endroit de filet Petri coloré devrait avoir un jeu en couleur bien déterminé comme son attribut; il peut contenir des jetons seulement du jeu en couleur indiqué. Les variables et les fonctions sont utilisés comme les inscriptions de transitions et d'arcs.

Les déclarations sont situées dans l'index comme une partie de filet. Il y a des déclarations prédéterminées standard de tels jeux en couleur comme : E - élémentaire, INT - le nombre entier, BOOL - Booléen, la FICELLE{CHAÎNE} - la ficelle{chaîne}. Les déclarations d'utilisateur peuvent être ajoutées après la déclaration standard en utilisant le menu sensible contexte. De plus, pour les filets compliqués les Instruments de CPN fournissent des déclarations externes qui peuvent être chargées d'un dossier.

Les Instruments de CPN automatiquement la syntaxe vérifie vos filets comme vous les créez ou quand vous chargez dans un filet. Vous pouvez voir par les indications de couleurs à quelle distance le chèque est arrivé. Les indications de couleurs sont montrées dans l'index, en soulignant le nom de la page où la couleur appartient. Si la page est ouverte dans un classeur, la couleur est aussi montrée à l'étiquette de page au sommet de la page et sur l'élément NET DE PC où la couleur appartient. L'aura orange indique qu'un élément n'est pas actuellement vérifié. Quand vous chargez un filet, le chèque de syntaxe prend deux ou trois minutes pour accomplir. Pendant cette phase, les éléments changeront l'aura de l'orange à jaune à aucune aura (ou rouge, s'il y a une erreur). Si l'aura orange reste, il est probablement parce qu'il y a quelque chose les disparus ou il y a une erreur sur un élément net lié.

Les déclarations sont vérifiées en commençant du haut. Si une déclaration dépend d'une déclaration dernière, cela recevra une erreur en disant que l'autre déclaration n'est pas définie. Les déclarations avec les erreurs sont revérifiées quand un changement est fait dans n'importe quelle déclaration. Si

il y a une erreur dans les déclarations, la déclaration avec l'erreur sera soulignée avec rouge. L'entrée nette et toutes les pages affectées seront aussi soulignés avec rouge.

Une aura rouge signifie que l'élément a été vérifié, mais avait une erreur. Une bulle d'air de discours devrait apparaître avec le message d'erreur exact{précis}. Les éléments raccordés à l'élément avec l'erreur ne sont pas vérifiés jusqu'à ce que l'erreur ne soit fixée.

5.1. Jeux En couleur Simples

Le MILLILITRE de CPN fournit de tels jeux en couleur simples comme : l'Unité, Booléenne, le Nombre entier, la Ficelle{Chaîne}, Énumérée, l'Index.

Le jeu de couleur **d'unité** comprend un élément simple. La déclaration a la syntaxe :

```
colset appellent = l'unité [avec new_unit];
```

Sans option le nom de jeton coïncide avec le nom de jeu en couleur. Dans l'exemple de Cendrillon nous avons utilisé de telles unités que :

```
colset p=unit avec la citrouille; colset  
c=unit avec Cendrillon; colset m=unit avec  
la souris; colset f=unit avec la Fée;
```

Les valeurs **booléennes** sont vraies et fausses. La déclaration a la syntaxe : **colset**

```
appellent = bool [avec (new_false, new_true)];
```

L'option permet les nouveaux noms pour vrai et faux, par exemple, oui et non : **colset**

```
Répondent = bool avec (pas, oui);
```

Les opérations suivantes peuvent être appliquées aux variables booléennes :

pas b	la négation de la valeur booléenne b
b1 andalso b2	conjonction booléenne et
b1 orelse b2	la disjonction booléenne, tout compris ou

Les nombres entiers sont des nombres sans un point décimal. La déclaration a la syntaxe :

```
colset appellent = int [avec int-exp1... Int-exp2];
```

L'option permet la restriction de la couleur de nombre entier montrée à un intervalle déterminé par les deux expressions dans int-exp1 et int-exp2 :

```
colset la Douzaine = int avec 1.. 12;
```

Les opérations suivantes peuvent être appliquées aux variables de nombre entier : +, -, div, mod, abs, Int .min, Int .max.

Les ficelles{chaînes} sont spécifiées par les ordres de caractères ASCII imprimables entourés avec les citations doubles. La déclaration a la syntaxe :

```
colset appellent = la ficelle{chaîne} [avec la  
ficelle{chaîne}-exp1.. Cordez-exp2 [et int-exp1.. Int-exp2]];
```

L'option spécifie les gammes de caractères valides :

```
colset Lower String = avec "a" .. "z";
```

Les opérations suivantes peuvent être appliquées pour corder des variables : ^ - la concaténation, String. size, la sous -ficelle{sous- chaîne}.

Les valeurs **énumérées** sont désignées explicitement comme les identificateurs dans la déclaration. La déclaration a la syntaxe :

```
colset appellent = avec id0 | id1 | ... | idn;
```

Dans l'exemple avec Cendrillon le jeu en couleur énuméré suivant a été utilisé :

```
colset g=with le riz | le blé | l'avoine;
```

Les valeurs **indexées** sont des ordres de valeurs comprises d'un identificateur et d'un index-spécifier. La déclaration a la syntaxe :

```
colset appellent = l'index id avec int-exp1.. Int-exp2;
```

Les valeurs indexées ont la forme : id je ou id (i) où je suis un nombre entier et $\text{int-exp1} \leq \text{je} \leq \text{int-exp2}$. Par exemple dans la tâche des philosophes dînant nous pouvons déclarer des philosophes et des fourchettes comme :

```
colset PH = l'index ph avec 1.. 5; colset  
FR = la fourchette d'index avec 1.. 5;
```

Et le philosophe ph (2) prend la fourchette de fourchettes (1) et la fourchette (2).

5.2. Jeux En couleur Composés

Les jeux en couleur composés constituent une combinaison de jeux en couleur simples. Le MILLILITRE de CPN fournit de tels jeux en couleur composés comme : les produits, les dossiers{archives}, les unions, les listes, les sous-ensembles et les faux noms. Comme les listes et les unions sont rarement utilisés et plus compliqué ils seront considérés dans la dernière section.

Les produits et les dossiers{archives} représentent des cortèges de données formées par les produits Cartésiens des jeux en couleur de composantes. La seule différence entre eux se compose à : les composantes de jeu de couleur de produit sont anonymes pendant que les composantes de jeu en couleur record ont leurs noms. Il y a la ressemblance proche avec le type de données record dans le langage de programmation de Pascal ou les structures dans la langue C.

La déclaration de jeu de couleur **de produit** a la syntaxe :

```
colset appellent = le produit name1 * name2 * ... * name n;
```

les Valeurs de ce jeu en couleur ont la forme :

(v1, v2..., vn) où v_i a le type name i pour $1 \leq i \leq n$. Pour extraire

l'élément ith d'un produit l'opération suivante est utilisée:

Nom #i

La déclaration de jeu en couleur **record** a la syntaxe :

```
le nom de colset = enregistre id1:name1 * id2:name2 * ... *  
id n:name n;
```

Les valeurs de ce jeu en couleur ont la forme :

{id1=v1, id2=v2..., id n=vn} où vi sont des valeurs de type name i pour 1 <=i <=n.

Pour extraire l'élément ith d'un produit l'opération suivante est utilisée :

Nom #idi

Permettez-nous de considérer les susdits jeux en couleur sur l'exemple de description de charpente d' Ethernet. La charpente d' Ethernet se compose de : l'adresse source, l'adresse de destination et les données. Nous représentons des adresses de MAC avec le jeu de couleur de nombre entier et les données de charpente avec le jeu de couleur de ficelle{chaîne}.

```
colset MAC = int;
DONNÉES de colset = ficelle{chaîne};
colset encadrent = le produit MAC * MAC *
colset frame1 = enregistrent src : MAC *
```

DONNÉES;

```
dst : MAC, d : DONNÉES;
```

Les charpentes d' Ethernet peuvent être représentées avec la charpente ou les jeux de couleur de frame1. Pour la charpente la couleur met la valeur x = (2, 4, "Bonjour"), par exemple, décrit la charpente envoyée par l'artifice 2 à l'artifice 4 entretien regardant fixement "Bonjour". La même valeur pour le jeu de couleur de frame1 a la forme x1 = {src=2, dst=4, d = "Bonjour"}.

Extraire la destination adresse dans le jeu de couleur de charpente que nous écrivons :

```
#2 x
```

et dans le jeu de couleur de frame1 :

```
#dst x1
```

Un jeu de couleur **de faux nom** a exactement les mêmes valeurs et les propriétés qu'un jeu en couleur auparavant déclaré. Il est présenté pour utiliser le différent nom de jeu en couleur. La déclaration a la syntaxe :

```
colset appellent = name0;
```

5.3. La déclaration de Variables et de Constants

Une variable est un identificateur dont la valeur peut être changée pendant l'exécution du modèle. Les variables sont utilisées dans les inscriptions d'éléments nets Petri. La déclaration **de variable** a la syntaxe :

```
var id1, id2..., id n : cs_name;
```

où id i est un identificateur, cs_name est le nom d'un jeu en couleur auparavant défini. Par exemple :

```
var f1, f2 : charpente; var f3,
f4 : frame1;
```

Une déclaration **de valeur** attache une valeur à un identificateur (qui travaille alors comme un constant). La déclaration de valeur a la syntaxe :

```
val id = exp;
```

où *id* est un identificateur et *exp* est une expression de MILLILITRE CPN. L'expression représente la valeur à être associée à l'identificateur. Par exemple :

```
val Check Frame = (3, 5, "le Tintement");  
val ResponseFrame1 = {src=5, dst=3, d = "bien"};
```

5.4. Fonctions

Les fonctions de MILLILITRE CPN exécutent des structures de contrôle standard d'un langage de programmation comme si et d'opérateurs "de cas". Mais comme le MILLILITRE constitue essentiellement une langue de programmation fonctionnelle la plupart de pouvoir de cela est révélé avec les fonctions récursives {récurrentes}.

La déclaration **de fonction** a la syntaxe :

```
l'amusement id pat1 = exp1 |  
id pat2 = exp2 | ... | id pat  
n = exp n;
```

où *pat1*, *pat2*, ..., *pat n* sont des dessins et *exp1*, *exp2*..., *exp n* tous ont le même type. La déclaration signifie que dans le cas les arguments réels satisfont le dessin *pat i* alors la valeur de la fonction est calculée comme l'*exp i*. Par exemple, la fonction suivante calcule factorial d'un nombre de nombre entier en utilisant recursion :

```
le fait d'amusement (0) = 1  
| le fait (i) = je * le fait (i-1);
```

"si alors d'autre" et les structures de contrôle **de cas** sont disponibles pour la description de fonctions : si *bool-exp* **alors** *exp1* **d'autre** *exp2* ;

où *exp1* et *exp2* ont le même type.

```
cas exp de  
pat1 => exp1 | pat2 => exp2  
| ... | pat n => exp n;
```

où *exp1*, *exp2*..., *exp n* tous ont le même type. Leur sens est ordinaire dans d'autres langages de programmation. Par exemple, la fonction qui calcule le signe d'un nombre peut être écrite :

```
le signe (x) d'amusement = si x > 0 alors 1 d'autre si x < 0 alors ~1  
d'autre 0;
```

La fonction qui rend le nom d'un nombre peut être écrite comme :

```
l'amusement n name (x) =  
le signe (x) de cas de  
1 => "positif" | ~1 => "négatif" | _  
=> "le zéro";
```

Le fait de souligner `_` à la dernière ligne indique que la ficelle {chaîne} "le zéro" sera

choisie pour toutes les autres valeurs d'expression à carreaux (le signe (x)).

La construction **laissée** permet la déclaration de localement variables dans une définition de fonction :

laisser

```
val pat1 = exp1 val pat2 =
exp2
```

```
val pat n = exp n
```

dans

fin d'exp;

Par exemple, dans le calcul de la grandeur dans les mètres sur les millimètres :

```
l'amusement meter (x) =
laisse
val m min=1000; dans
x div m min la fin;
```

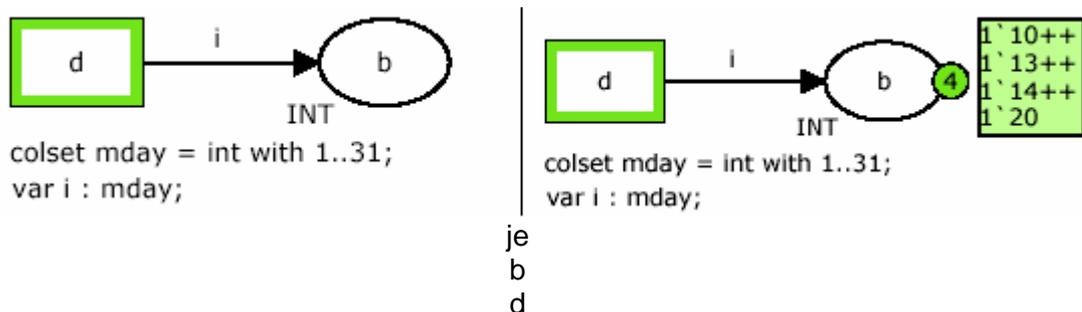
5.5. Fonctions Au hasard

Les fonctions au hasard fournissent l'équipement de poser des caractéristiques statistiques. Par exemple, ils permettent la description de l'intensité de circulation ou de la fréquence de fautes dans les systèmes de télécommunication. Il y a quelques voies pour la description de choix au hasard dans les Instruments CPN :

- variables libres;
- la fonction a couru;
- fonction de distribution au hasard spéciale; **les variables libres** sont des variables d'arc de production qui n'ont pas été attachées sur une contribution

décrivez un arc ou dans la garde. Ils sont alloués les valeurs au hasard en exécutant un FILET DE PC. Le type de variables libres doit être de petits jeux en couleur. Les jeux en couleur peuvent être classifiés comme grands ou petit. Cette distinction détermine qui a prédéterminé des fonctions sont expressifs pour un jeu en couleur particulier. Un jeu en couleur est grand s'il contient trop (le défaut 100) les éléments pour énumérer, autrement c'est petit. Les jeux de couleur d'unité, les jeux en couleur Booléens, les jeux de couleur d'index et les jeux en couleur énumérés sont petits.

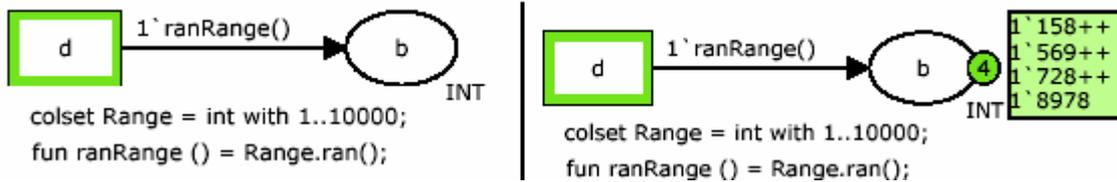
Dans l'exemple suivant la variable je suis une variable libre avec la gamme 1.. 31. Dans la deuxième peinture l'état après quatre pas est montré; quatre valeurs de j'ai été pris par les Instruments CPN d'une façon au hasard :



INT

colset m day = int avec 1.. 31; var je : m day;
colset m day = int avec 1.. 31; var je : m day;

La fonction **a couru** produit une valeur au hasard pour de grands jeux en couleur. Dans la fonction d'exemple suivante `ran Range ()` produit une valeur au hasard dans la gamme 1.. 10000 :



1`ran Range ()
d

la Gamme de colset = int avec 1.. 10000; l'amusement ran Range () = Range .ran ();
INT

d
1`ran Range ()

la Gamme de colset = int avec 1.. 10000; l'amusement ran Range () = Range .ran ();

4 INT

1`158 ++ 1`569 ++ 1`728 ++ 1`8978

Les Instruments de CPN fournissent aussi une série **de fonction de distribution au hasard** spéciale pour de telles distributions célèbres comme Bernoulli, le binôme, Erlanger, exponentiel, normal, Poisson, l'étudiant, l'uniforme (séparé et continu). Par exemple, fonction

Erlanger (n:int, r:real) : réel

où $n >= 1$ et $r > 0.0$, rend un dessin d'une distribution n-Erlang avec l'intensité r.

30

5.6. Multi jeux

Les multi jeux sont largement utilisés dans les Instruments CPN pour la représentation de tâche d'endroit et d'autres buts. Permettez-nous de rappeler au concept de multijeu. Malgré le jeu ordinaire il contient chaque élément avec une multiplicité bien déterminée autrement dit dans le nombre bien déterminé de copies. Les multi jeux sont aussi appelés des sacs.

Le revers- citation (') l'opérateur est le constructeur de multijeu. Par exemple,

3 `5 est le multijeu avec trois apparences de la couleur 5. La description d'un multijeu a la syntaxe :

je `c

Le nombre entier je doit être non- négatif. Si ce n'est pas le cas alors le multijeu vide sera rendu. L'opérateur de multijeu s'est combiné avec l'adjonction de multijeu (++) et la soustraction (-) fournissent une méthode succincte pour spécifier des multi jeux. Par exemple, dans le décrit dans la Section 1 Cendrillon pose l'endroit "le sac de mixture" a la tâche initiale :

1000 `riz ++ 2000 ` le blé ++ 3000 `avoine

Cela signifie que le sac contient 1000 grains de riz, 2000 grains de blé et de 3000 grains d'avoine. Faites s'il vous plaît votre attention au signe de constructeur de multijeu : c'est back quote, (`) mais pas l'apostrophe ('). Car l'exemple de charpentes d' Ethernet avec la couleur met frame1 le contenu d'un butoir peut être présenté comme :

```
1 ` {src=2, dst=5, d = "demande"} ++ 1 ` {src=5, dst=2, d = "la
réponse" }
```

Cela signifie deux charpentes : le premier avec les données "la demande" dirigée vers l'artifice 5 de l'artifice 2 et du deuxième avec les données "la réponse" dirigée vers l'artifice 2 de l'artifice 5.

Constants suivant, les Opérations et les Fonctions sont disponibles pour les multi jeux :

vide

les constructions constantes **vides** un multijeu vide qui est identique pour toutes les sortes de multi jeux

`ms1 == ms2` l'égalité de multijeu

`ms1 <> <> ms2` l'inégalité de multijeu

`ms1 >> ms2` multi mettent plus grand que

`ms1 >> == ms2` multi mettent plus grand qu'ou égal à

`ms1 <<ms2` multi mettent moins que

`ms1 <<== ms2` multi mettent moins qu'ou égal à

`ms1 ++ ms2` l'adjonction de multijeu

`ms1 - ms2`

la soustraction de multijeu (`ms2` doit être moins qu'ou égal à `ms1`), les augmentations Soustrait

l'exception si `ms2` n'est pas moins qu'ou égal à `ms1`. je **la grandeur** de

multiplication de scalaire de `Mme ** la grandeur de Mme` de multijeu la `Mme`

la `Mme` **au hasard** rend une couleur pseudo au hasard de la `Mme` **cf.** (`c`, la

`Mme`) rend le nombre d'apparences de couleur `c` dans la `Mme`

filtrez la `Mme` `p`

prend un prédicat `p` et un multijeu la `Mme` et produit le multi ensemble de toutes les apparences dans la `Mme` satisfaisant le prédicat

alors

Par exemple, laisser

```
m1 = 2 `5 ++ 3 ` 4 ++ 4 `5; m2 = 1 `
5 ++ 2 `4 ++ 3 ` 5;
```

```
m1 ++ m2 = 3 `5 ++ 5 ` 4 ++ 7 `5 m1 -
m2 = 1 ` 5 ++ 1 `4 ++ 1 ` 3 m1 >> m2
est la vraie grandeur m1 = 9 cf. (4,
m1) = 3
```

Dans les instruments CPN la tache initiale et actuelle d'un endroit est représentée avec le multi ensemble de l'ensemble en couleur de l'endroit. Et au choix d'un jeton par une variable dans l'inscription de l'arc de production d'endroit les Instruments de CPN fournit un choix au hasard comme avec la fonction `au hasard`.

5.7. Multi jeux Chronométrés

Les multi jeux chronométrés sont utilisés dans les Instruments CPN pour représenter des retards chronométrés dans le modèle. La déclaration de jeu en couleur correspondant devrait être accomplie par le modificateur chronométré. Le, + et @@ + les opérateurs sont utilisés pour ajouter des timbres de temps aux couleurs. En ajoutant *un retard de temps* de x à une couleur c attachera un timbre de temps avec une valeur qui est égale *au temps modèle actuel* + x à la couleur c . Les opérations suivantes sont valides pour les multi jeux chronométrés :

$c \ t, \ t \ \text{Time.time}$

attachez le timbre de temps (avec le type) à la couleur

ajoutez le retard de temps de nombre entier à chacune des couleurs du multijeu,

rend un multijeu chronométré $tms1 \ +++ \ tms2$ l'adjonction de

multijeu chronométrée

$la \ Mme \ + \ je$

Par exemple la déclaration

```
la teinte de closed = int chronométré;
```

```
var t : teinte;
```

```
t = 1 `2@100 ++ 1 ` 3@200 ++ 1 `4@300;
```

les moyens que le jeton pourrait 2@100 être pris par les Instruments CPN seulement après l'égalisation de cas de temps modèle à 100, le jeton 3@200 - seulement après l'égalisation de cas de temps modèle à 200 etc. Avant le temps d'activation un jeton ne peut être pris par aucune transition d'un modèle.

6. La Langue de la Description de Modèles

Dans les Instruments CPN chaque élément de filet Petri fait décrire ses attributs dans la langue de MILLILITRE CPN. L'Utilisation Crée la palette nous mettons un élément sur une page du modèle. Alors

les attributs d'élément devraient être ajoutés. Pour ce but vous devriez faire un clic par la souris sur l'élément correspondant et utiliser la clé d'Étiquette d'échanger parmi les attributs. La clé d'Esc de Pression vous permet de quitter{laisser} l'élément choisi; le même résultat peut être obtenu en cliquant la souris à l'autre tache du modèle. Permettez-nous de considérer des attributs de chaque élément séparément.

6.1. Inscriptions d'Endroit

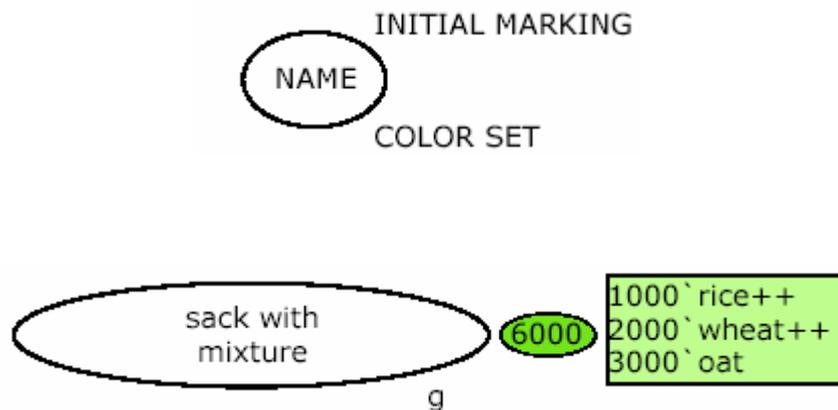
Il y a trois inscriptions qui peuvent être associées à un endroit. Deux sont optionnels et on est exigé :

- . Inscription de jeu en couleur - exigé
- . Inscription de tache initiale - optionnel
- . Inscription de nom d'endroit - optionnel

Sur la tache initiale les Instruments de CPN créent automatiquement la tache de courant qui

est écrite dans la couleur verte et montre le nombre total des détails de tâche et des jetons. Par exemple, dans l'exemple de Cendrillon :

1000 `riz ++ 2000 ` le blé ++ 3000 `avoine

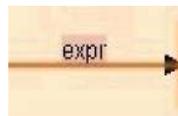


sac avec la mixture
g

(6000
1000 `riz ++ 2000 ` le blé ++ 3000 `avoine

6.2. Inscriptions d'Arc

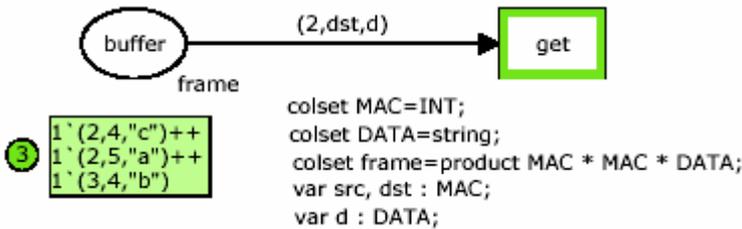
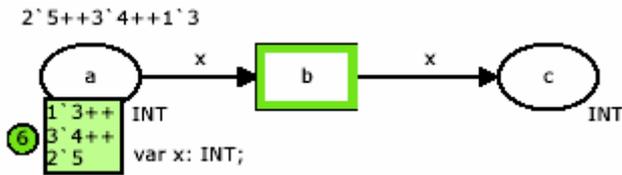
L'inscription a la forme :



L'ensemble en couleur de l'expression d'arc *expr* doit correspondre à l'ensemble en couleur de l'endroit attaché à l'arc. Si l'ensemble en couleur d'une expression d'arc ne correspond pas à l'ensemble en couleur de l'endroit attaché à l'arc, un message d'erreur apparaîtra près de l'arc pendant le contrôle de syntaxe. Il y a la différence essentielle entre les inscriptions de contribution et d'arcs de production d'une transition.

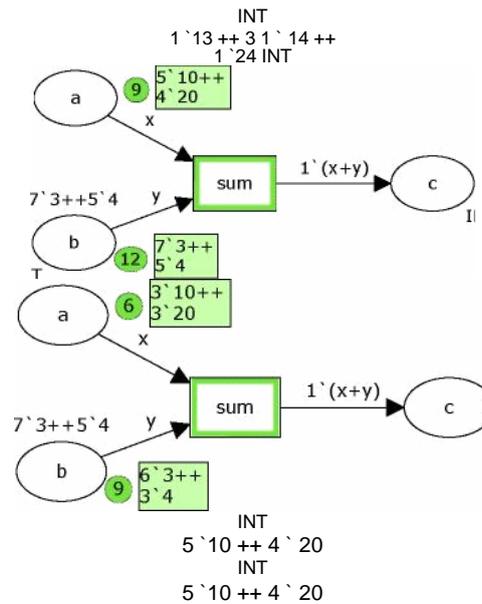
L'expression d'arc de contribution de la transition constitue un dessin pour le choix de jeton. Ce dessin est décrit par un prédicat qui peut être appliqué dans le *filtre* de fonction pour le jeu de couleur de correspondance. Dans le cas le plus simple ce prédicat se compose d'une variable simple du jeu en couleur correspondant comme dans les susdits exemples. Dans le filet

n'importe lequel de 6 jetons peut être choisi par la variable *x*. Le cas plus compliqué constitue le choix de charpentes avec l'égalisation d'adresse source à 2 pour les charpentes d'Ethernet :

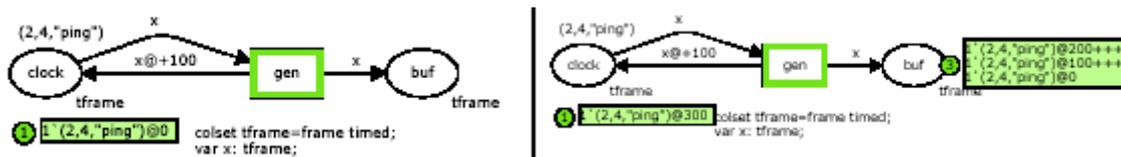


N'importe laquelle de charpentes (2, 5, un) et (2, 4, "c") peut être prise par l'inscription (2, dst, d).

L'expression d'arc de production de la transition constitue un constructeur pour la nouvelle création de jetons. Ce constructeur utilise souvent des variables d'inscriptions d'arcs de contribution et dans les cas simples peut coïncider avec un d'entre eux. Dans l'exemple suivant la somme de transition calcule la somme de jetons de contribution :



De plus, les retards de temps peuvent être appliqués aux jetons de production. Dans l'exemple suivant nous fournissons la génération d'une charpente toutes 100 unités de temps modèle :



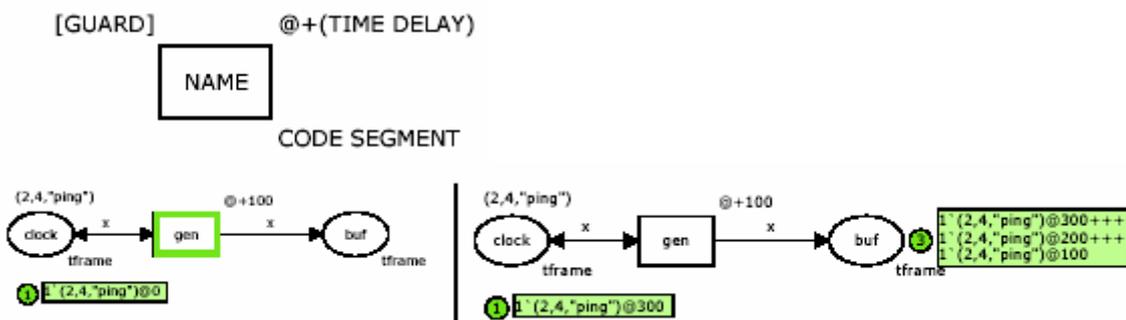
(2,4, "le tintement")

6.3. Inscriptions de Transition

Il y a quatre inscriptions qui peuvent être associées à une transition. Tous sont optionnels :

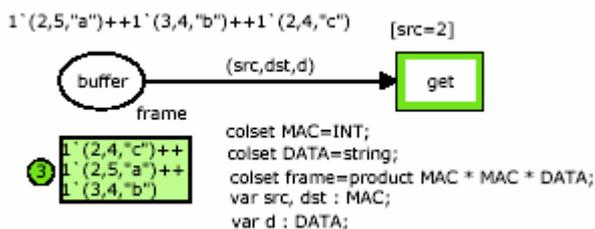
- Inscription de nom de transition
- Inscription de garde
- Inscription de temps
- Inscription de segment codée

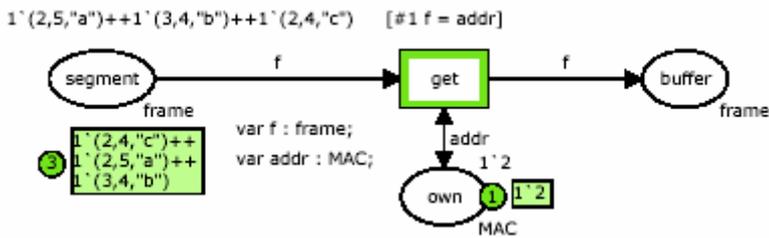
Un retard de transition doit être une expression de nombre entier positive. L'expression est précédée par + et cela signifie que l'inscription de temps a la forme + le retard-expr. Avant qu'une inscription de temps a été ajoutée, le texte implicite pour l'inscription est +. Le retard de temps est toujours ajouté par rapport au temps actuel. Par exemple, si le temps actuel est 10 et le retard de temps est +2, donc le timbre de temps de jetons envoyés aux endroits de production sera 12. Une inscription de temps manquante est équivalente à un retard zéro. Malgré le retard d'arcs le retard de transition est appliqué à tous les jetons de production de transition. En cas d'un arc de production c'est le même. Par exemple, comparez le filet suivant avec l'exemple dans la section 6.2 :



Une garde est une Expression booléenne de MILLILITRE CPN qui évalue à vrai ou faux. Avant qu'une garde a été ajoutée, le texte implicite pour l'inscription est []. La garde peut être une Expression booléenne simple ou une liste d'Expressions booléennes [b-exp1, b-exp2 . . . , b-expn]. La transition tire seulement dans le cas sa garde est vraie et la garde restreint le choix de jetons de contribution. Par exemple, le contrôle de charpentes de contribution présentées dans la section 6.2 peut être écrit comme :

De plus, la garde permet la comparaison de paramètres de jetons de différents endroits en utilisant leur combinaison dans les expressions. Le fragment suivant modèle le processus de l'extraction de charpentes du segment d'Ethernet :





La propre adresse de poste de travail est conservée dans l'endroit propre. Il a vérifié seulement donc bidirection l'arc est utilisé.

Chaque transition peut avoir **un segment codé** attaché qui contient le code de MILLILITRE. Les segments codés sont exécutés quand leur transition parentale se produit. Les segments codés peuvent utiliser des variables CPN et peuvent attacher des variables CPN trouvées sur les arcs de production qui ne sont pas attachés ailleurs. Chaque segment codé peut contenir :

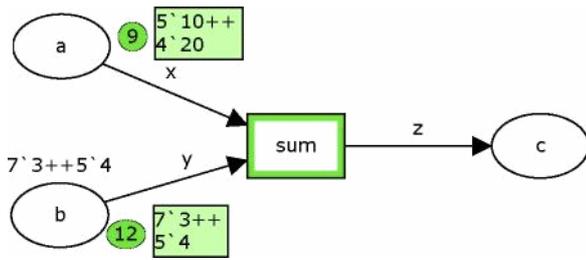
- Dessin de contribution (optionnel)
- Dessin de production (optionnel)
- Action codée (obligatoire)

Un dessin de contribution est un tuple de variables CPN, précédées par la contribution de mot clé. Le dessin de contribution énumère les variables CPN qui peuvent être utilisées dans l'action codée. L'action codée peut utiliser les valeurs de ces variables CPN mais il ne peut pas les changer. Les variables CPN énumérées dans le dessin de contribution peuvent être utilisées dans l'action codée même si vous avez déclaré un identificateur de MILLILITRE avec le même nom dans le noeud de déclaration. Si la clause de contribution est omise, il implique qu'aucune variable CPN ne peut être utilisée dans l'action codée.

Un dessin de production est un tuple de variables CPN, précédées par la production de mot clé. Le dessin de production énumère les variables CPN à être changées à la suite de l'exécution de l'action codée. Un dessin de production doit être une variable CPN ou un tuple de variables CPN sans répétitions. Si la clause de production est omise, il implique qu'aucune variable CPN n'est calculée.

Une action codée est une expression de MILLILITRE, précédée par l'action de mot clé. L'action codée ne peut pas contenir de déclaration de jeux en couleur, variables de CPN, ou se référer aux variables. Il peut, pourtant, appliquer constants déclaré d'utilisateur et pré déclaré, des opérations et des fonctions. En plus, de nouvelles fonctions et constants peuvent être définis pour l'utilisation locale au moyen laissé-dans-fin. L'action codée est exécutée comme une déclaration locale dans un environnement contenant les variables CPN spécifiées dans le dessin de contribution. Cela garantit que l'action codée ne peut pas directement changer de variables CPN, mais copies seulement locales d'entre eux. Quand l'action codée a été exécutée, son résultat est appliqué pour attacher les variables CPN dans le dessin de production. L'action codée, quand évalué dans un environnement contenant les variables de dessin de contribution doit produire un résultat du même type que le dessin de production. Si aucun dessin de production n'est donné, son type est supposé pour être l'unité.

Les segments codés sont utilisés pour le traitement plus compliqué de jetons de contribution. L'exemple pour la somme de jetons décrits dans la section 6.2 peut être représenté en utilisant le segment codé comme :

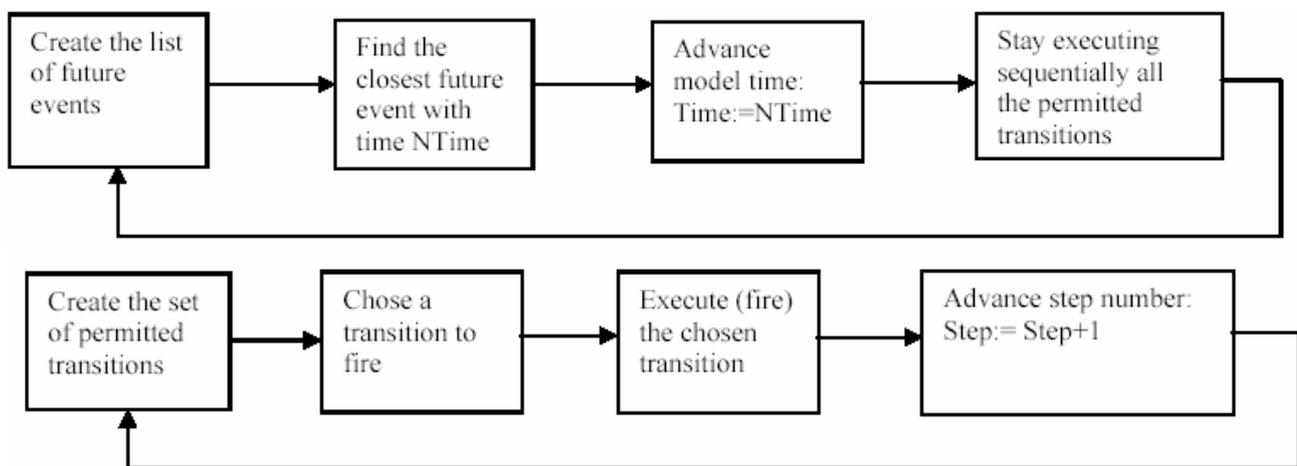


7. Les particularités de Filets Chronométrés dans les Instruments CPN

Les Instruments de CPN fournissent tous les deux : le filet de Petri sans temps et filets de Petri chronométrés. Si aucun d'ensembles en couleur d'un modèle ne fait chronométrer le modificateur alors le filet est considéré comme non chronométré. Dans ce cas-là les Instruments de CPN utilisent la variable de Pas seulement intérieure qui signifie le nombre de transitions exécutées. L'algorithme de simulation d'Instruments CPN peut être représenté de la manière suivante(7,2)

Remarquez que, le choix de la transition peut être exécuté manuellement à peu à peu la simulation ou automatiquement d'une façon au hasard par les Instruments CPN à l'exécution de nombre indiqué de pas.

Pour les filets Petri chronométrés l'algorithme est plus compliqué parce que la voie de temps en avançant (7,1):

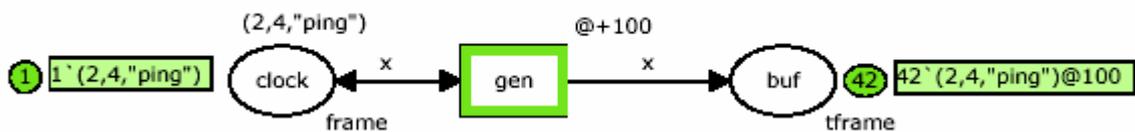


(7,2)

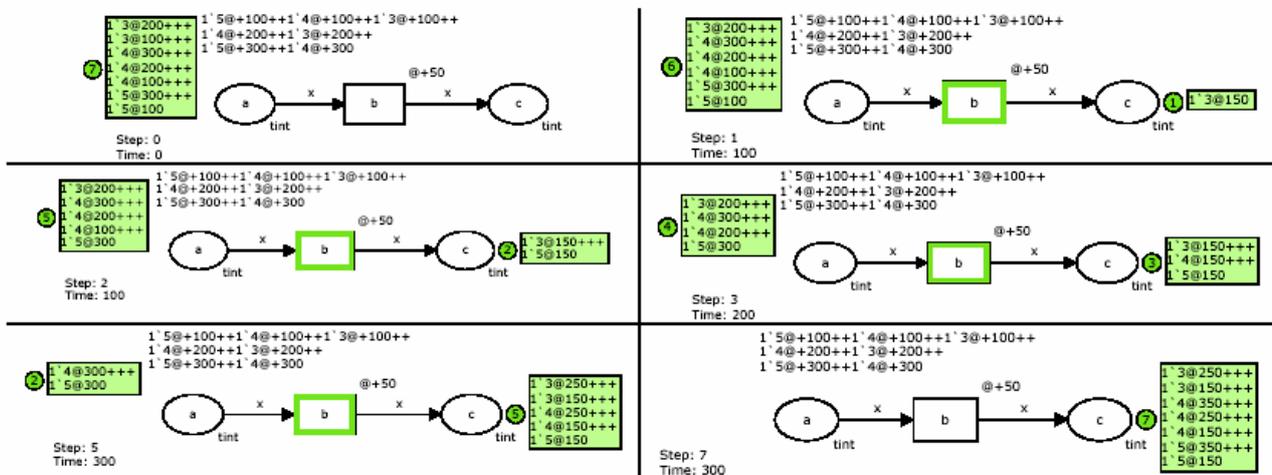
L'instant suivant du temps modèle ne sera pas le Time+1 immédiat. Le système avance le temps à l'événement le plus proche dans le Temps futur : = "le temps d'événement futur le plus proche" et exécute ensuite tous les événements qui peuvent se produire dans cet instant de temps en avançant le Pas variable dans le décrit au-dessus de la voie. Donc nous devrions être la combinaison prudente les filets chronométrés et non

chronométrés parce que permis des feux de transitions avant que l'ensemble des transitions permises ne devienne vide. Il peut provoquer{causer} le donc a appelé looping infini dans la conduite de modèles. Par exemple, dans la fois nette suivante ne bouge pas et le nombre de charpentes produites augmente constamment(7,3)

Il devrait être remarqué que les Instruments CPN exécutent la classe très simple et puissante de filets Petri Chronométrés dus de chronométrer l'usage de timbres. Chaque jeton est fourni son t de timbre de temps ($k@t$). Pendant les moments de Temps de Temps modèle $<t$ le jeton n'est pas traité par le système de simulation; il est dans l'état nul ainsi appelé et ne prend pas part au tir de transitions. Après le moment de temps t le jeton k se réveille et participe au tir de transition. Cette voie de représentation de temps permet le tir instantané de transitions. Les jetons de production fournis les retards de temps ($k@t+d$) attendent leur temps d'activation à l'intérieur des endroits de production correspondants. L'exemple suivant de localiser les spectacles la voie de temps en traitant dans les Instruments CPN (7,4)



(7,3)



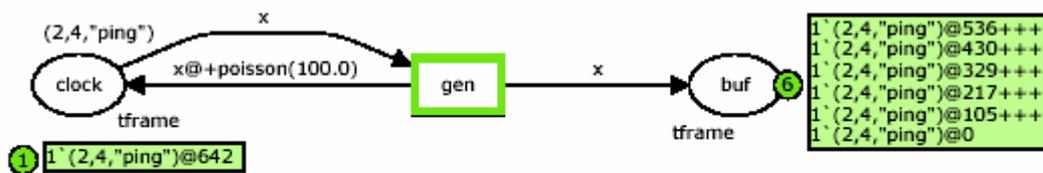
(7,4)

Dans le cas de temps 0 aucune transition n'est permise ainsi aucun jeton n'a le timbre de

temps 0. Le cas suivant de temps égale à 100. Les Instruments de CPN exécutent 3 pas à ce moment de temps en déplaçant 3 jetons pour placer c; tous ces jetons ont des timbres de temps initiaux égalant à 100. Dans le cas de temps 200 il déplace 2 jetons avec les timbres de temps égalant à 200 et finalement dans le cas de temps 300 il déplace 2 jetons restés.

Pour la description le temps retarde retards de transition ou les retards d'arcs peuvent être utilisés. Les retards de transitions sont la plupart du temps plus compréhensibles parce que les transitions modèlent des actions d'un objet. Mais l'usage des retards d'arcs nous donne plus de flexibilité à la construction de modèles.

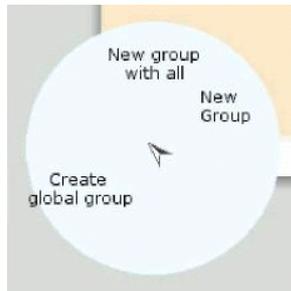
Pour modeler la circulation c'est convenable l'usage de fonctions au hasard comme les retards de temps. Le large choix de fonctions de distribution au hasard décrites dans la section 5.6 permet la description de particularités de la circulation. Dans l'exemple suivant l'écoulement de Poisson de charpentes est produit :



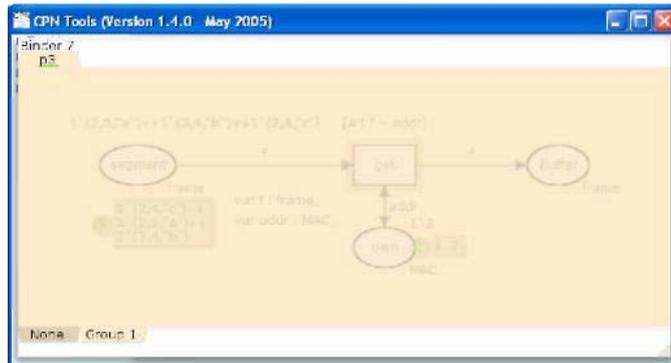
8. Travail avec les Fragments de Fichiers

Le travail avec les fragments est considéré comme une opportunité standard d'un rédacteur en chef graphique. La plupart des rédacteurs en chef graphiques (par exemple, l'Attraction{le Match nul} de Corel) fournissent aux opérations des fragments rectangles surlignés d'une peinture. Le concept des fragments de fichiers est tout à fait généralisé dans les Instruments CPN et formulé dans les termes de groupe d'éléments. Un groupe peut avoir n'importe quelle forme et il est donné en échangeant (togglng) les éléments y appartenant. Alors le fragment peut être copié et déplacé à n'importe quel endroit en utilisant l'instrument de Clone de la palette Créent.

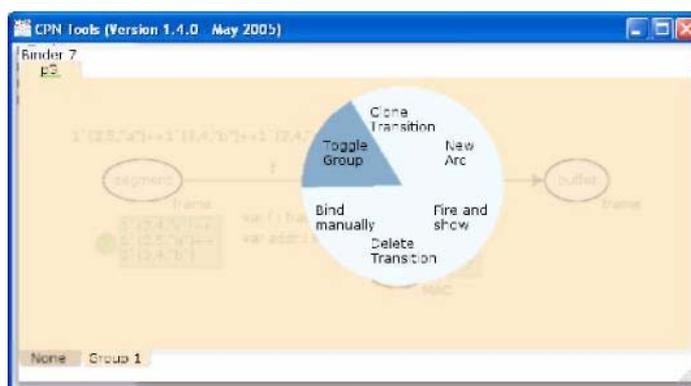
Pour créer un groupe, utilisez le Nouvel instrument de groupe. Le menu correspondant apparaît au fait de cliquer sur l'étiquette de groupe au gauche fond du classeur :



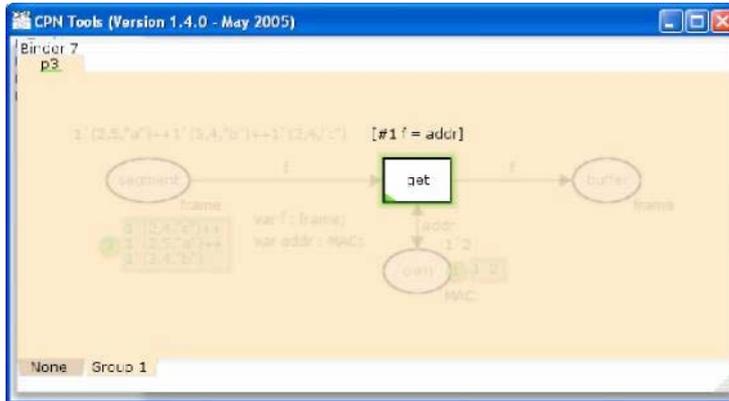
Choisissez le "Nouveau groupe" l'entrée. Maintenant une nouvelle étiquette de groupe apparaît et le nouveau groupe est mis comme le groupe actif. Tous les objets sur la page sont baissés pour montrer qu'il n'y a aucun membre dans le nouveau groupe :



Pour changer le groupe actif, cliquez juste sur l'étiquette de groupe du groupe que vous voulez activer. L'étiquette de groupe au lointain quitté (la première étiquette de groupe, appelée PERSONNE) les travaux différemment - claquant cette étiquette ne veut dire de désamorcer tous les groupes. Quand cette étiquette est claquée, tous les objets sur la page semblent normaux et travaillent normalement. Pour ajouter un objet au groupe actif, utilisez l'instrument de groupe de Bouton de duffel-coat. Par exemple, abordez le menu se tachant sur l'objet et choisissez "entrée" de groupe de Bouton de duffel-coat :



Si l'objet n'est pas dans le groupe actif, il est ajouté au groupe (et accentué). Les inscriptions, etc. autour d'un objet sont automatiquement ajoutées au groupe :



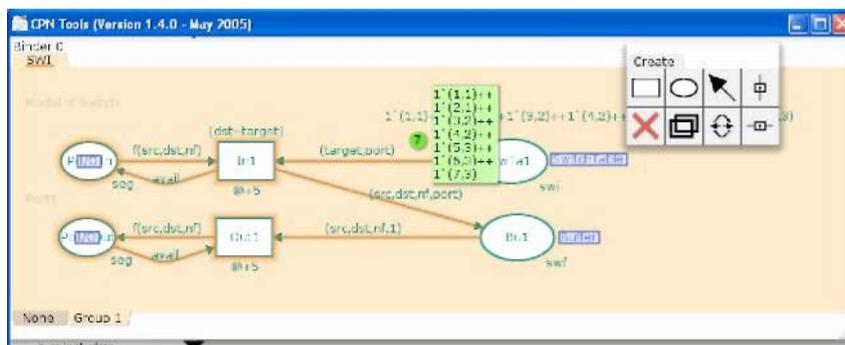
Pour enlever un objet du groupe actif, utilisez l'instrument de groupe de Bouton de duffel-coat. Par exemple, abordez le menu se tachant sur l'objet et choisissez "entrée" de groupe de Bouton de duffel-coat. Si l'objet est un membre du groupe actif, il est enlevé du groupe (et baissé).

Les groupes peuvent être utilisés pour plusieurs différents buts :

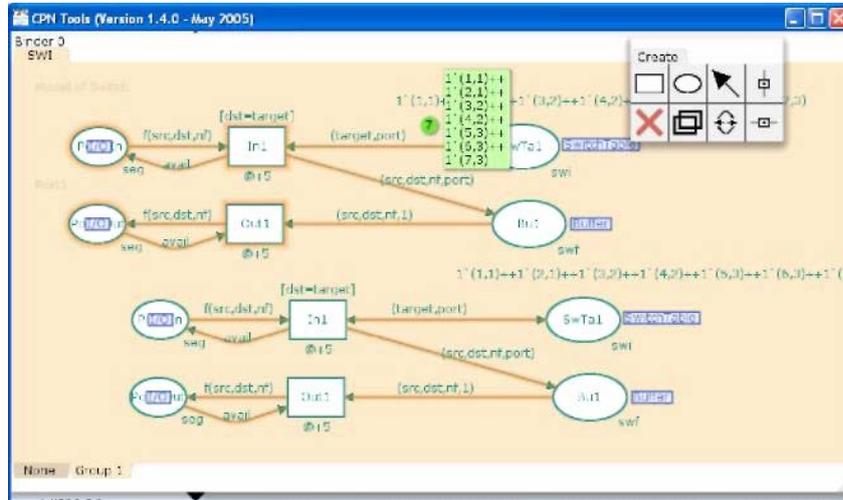
- Changement des attributs
- Le mouvement des groupes d'éléments
- Le fait de cloner des groupes d'éléments
- Groupes effaçants d'éléments

Les groupes peuvent être utilisés pour changer des attributs sur plusieurs objets en même temps. Si, par exemple, un certain nombre d'endroits, transitions et arcs sont placés dans un groupe, vous pouvez changer la couleur d'entre tous en même temps. Les groupes peuvent aussi être utilisés pour déplacer plusieurs différents objets une fois. Pour déplacer un groupe d'objets, traînez simplement un des objets dans le groupe et tous les autres objets dans le groupe seront déplacés en même temps. Le fait d'effacer les éléments de membre d'un groupe travaille de la même façon aux autres opérations. Les groupes normaux s'étendent seulement sur une page simple, mais avec les groupes globaux est cela possible de manipuler des éléments à travers toutes les pages dans le filet.

Le fait de cloner de groupes d'éléments est une extension du fait de cloner fondamental, où plus qu'un élément est cloné en même temps. Si un groupe est choisi et la cible de l'instrument de clone est un membre du groupe choisi, donc *les éléments dans le groupe* seront clonés. Comme avec le fait de cloner d'éléments individuels, le résultat est un curseur avec les éléments clonés attachés qui peut être utilisé pour les insérer une ou plusieurs fois. Le fait de cloner



Et clonez-le simplement pour créer des modèles d'autres ports :



des groupes est une opération très utile pour la création de filets avec une structure régulière ou une réutilisation de premiers filets créés. Dans l'exemple de modèle d'Ethernet dans les Appendices il est très convenable de rassembler le modèle de Changement en clonant des sous-modèles d'un port simple. Nous togglé le fait de tripoter avec les éléments du premier port :

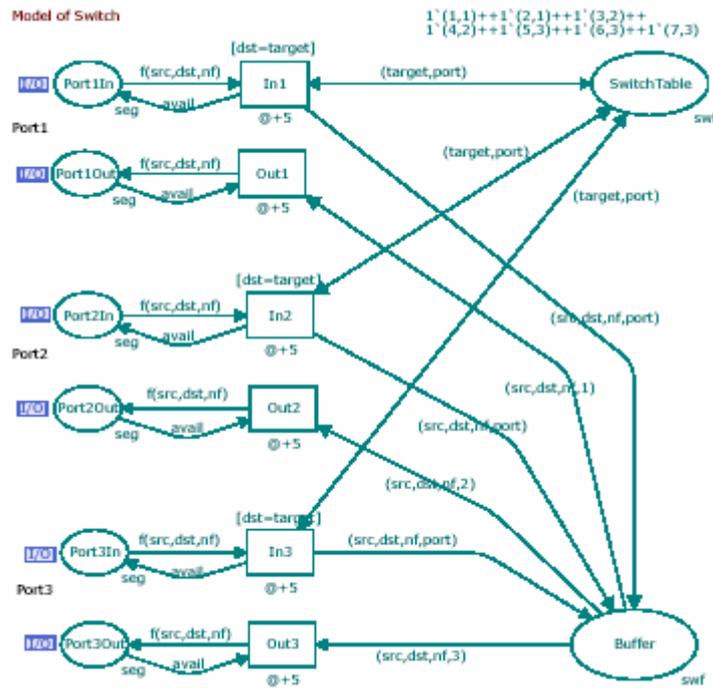
La seule chose dont nous avons besoin est de déplacer le groupe dans l'endroit approprié et corriger les noms d'éléments.

Remarquez que, chaque élément cloné peut être placé dans un filet ouvert arbitraire. Les éléments de cette manière clonés peuvent être transportés à travers le filet. Le même va pour les groupes d'éléments, en signifiant que vous pouvez cloner des groupes entiers d'éléments à d'autres filets.

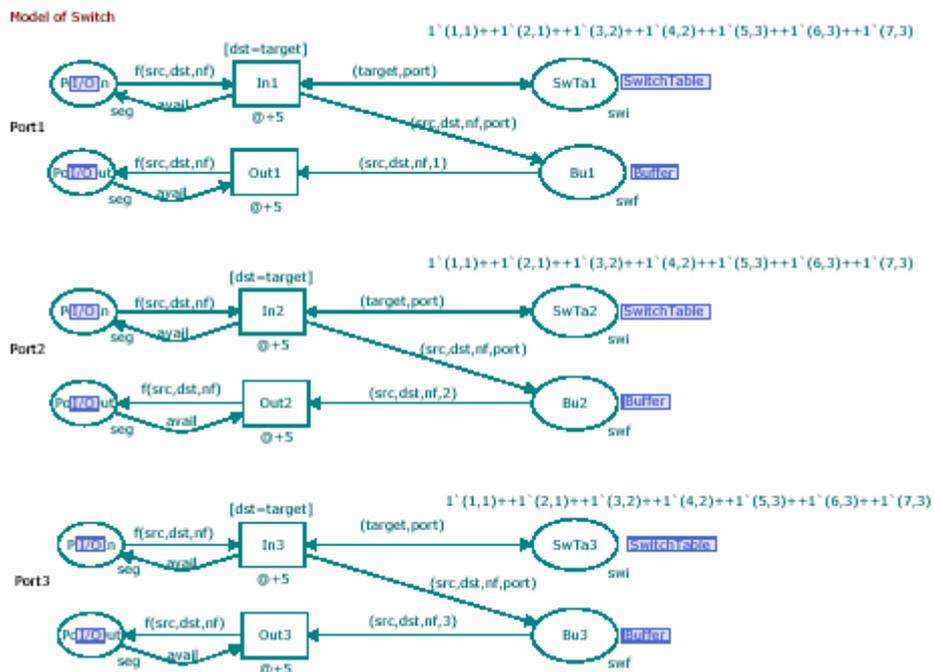
9. Endroits de Fusion

Les endroits de fusion fournissent les deux opportunités : rendre votre modèle plus vivant et installer des connexions entre les pages de filet. Les endroits de fusion peuvent être considérés comme un premier pas aux filets Petri hiérarchiques donc l'article "la Fusion" est situé dans la palette de Hiérarchie.

Chaque endroit d'un jeu de fusion est fourni l'étiquette de fusion du même nom; tous les endroits dans un jeu de fusion sont considérés par les Instruments CPN comme le même endroit. Visuellement le changement de tache pour un des endroits provoque {cause} dans le changement d'autre tache d'endroits de fusion. Les endroits de fusion devraient avoir du même jeu en couleur. Permettez-nous de considérer l'exemple de modèle de changement d'Ethernet :



Les charpentes sont extraites du canal de contribution d'un port source Port*In, mises au Butoir et dirigées ensuite vers le canal de production de Port*Out de port de destination. Pour trouver le nombre de port de destination échangeant la table SwitchTable est utilisé. Le modèle contient beaucoup de lignes traversées et à l'augmentation du nombre de ports devient illisible. Le même modèle est construit dans l'Appendice A2 en utilisant deux jeux de fusion : SwitchTable et Butoir.



Le modèle peut être facilement développé pour un nombre arbitraire d'utilisation de ports clonant le groupe de port. Les endroits de fusion sont créés en utilisant l'instrument de jeu de fusion Alloue des instruments de Hiérarchie. Après le fait d'appliquer l'instrument, une

étiquette de fusion est ajoutée à l'endroit. L'étiquette est mise dans une position implicite avec un nom implicite pour le jeu de fusion. L'étiquette peut être remplacée et le nom du jeu de fusion peut être changé en révisant le texte dans l'étiquette de fusion. Les membres d'un jeu de fusion peuvent être trouvés en plaçant le curseur sur une étiquette de fusion. Une aura aqua indique qui placent l'étiquette de fusion appartient à. Les auras roses et le résumé indiquent d'autres endroits dans le même jeu de fusion et les pages qui contiennent ces endroits. Les jeux de fusion peuvent contenir des endroits de plusieurs différentes pages.

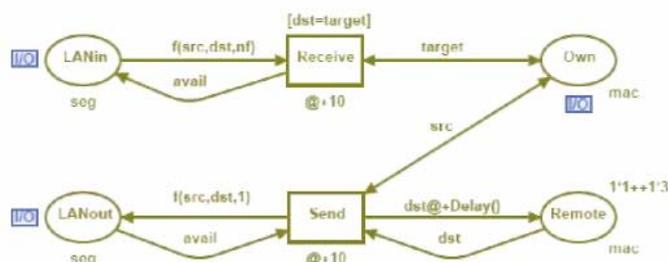
10. La Construction de Modèles Hiérarchiques

L'usage de hiérarchie est très commun pour l'ingénierie. Un artifice de télécommunication se compose des blocs, les blocs se composent des conseils {planches}, les conseils {planches} se composent des frites, les capacités, les résistances etc. Dans la programmation d'un programme est rassemblé des modules (les procédures, les fonctions). Le modèle hiérarchique signifie une construction nichée : filet intérieur net. Généralement n'importe quel élément de filet Petri peut être substitué par le filet niché mais les Instruments CPN utilise la substitution de transitions seulement.

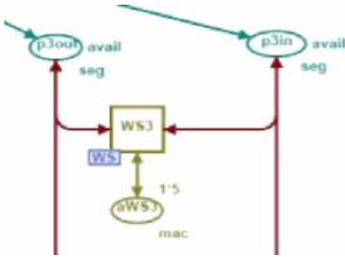
10.1. Principes fondamentaux de Substitution de Transition

À la substitution de transition nous avons une paire de filets au moins. Une transition de filet de niveau supérieur est substituée par le filet de niveau plus bas. Permettez-nous de considérer le modèle de LAN décrit dans les Appendices. À la page supérieure la transition de LAN WS3 est substitué par WS net :

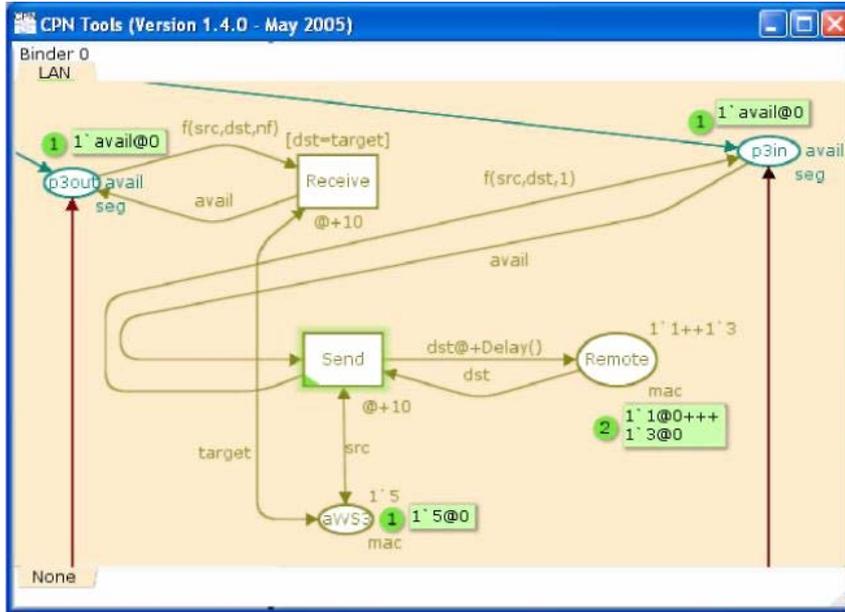
Model of Workstation (WS)



Fragment de Modèle de LAN



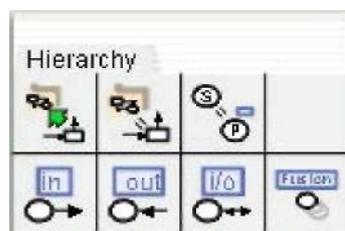
La substitution est montrée par l'étiquette WS tiré de la transition WS3 . Logiquement, la conduite d'un filet entier est le même comme WS sousnet a été mis à l'intérieur de LAN net :



Les endroits de filet de niveau plus bas qui sont utilisés dans la connexion avec le filet de niveau supérieur sont appelés des endroits de contact ou *des ports* et marqués avec l'étiquette spéciale (E/S). Les endroits correspondants de filet de niveau supérieur sont appelés *des douilles*. Dans le susdit exemple nous avons des ports LANin, LANout, Propre dans la page WS et les douilles p3out, p3in, aWS3 dans la page LAN.

Pour préparer la substitution de transition nous devrions :

- créez tant niveau supérieur que filets de niveau plus bas situés dans les pages séparées de modèle (LAN, WS);
- montrez des ports de filet de niveau plus bas (LANin, LANout, Propre);
- fournissez le nombre de douilles égalant au nombre de ports (3). Pour faire la substitution de transition nous devrions :
- allouez le filet à la transition (wS3-> WS);
- allouer des ports aux douilles (LANin-> p3out, LANout-> p3in, Propre-> AWS3).



Les ports de filet de niveau plus bas sont montrés en utilisant la palette de Hiérarchie :

Trois types d'étiquettes sont disponibles : Dans , Dehors , E/S. Les ports de type In sont utilisés quand l'endroit correspondant a seulement des arcs de contribution dans le niveau supérieur net et seulement les arcs de production dans le filet de niveau plus bas. Les ports de type Out sont utilisés quand l'endroit correspondant a seulement des arcs de production dans le niveau supérieur net et seulement les arcs de contribution dans le filet de niveau plus bas. Ils peuvent être considérés comme les variables d'entrée/sortie dans la routine de langage de programmation. Quand il n'y a aucune restriction des arcs, le port d' E/S de type est utilisé. Un tel endroit peut avoir des arcs accessoires des deux directions dans le filet de niveau supérieur aussi bien que dans le filet de niveau plus bas.

Désigner la page de traverser le deuxième instrument de palette de Hiérarchie est utilisé. Vous devriez faire un clic avec cela sur la transition (WS3) et ensuite sur la sous-page (WS). L'étiquette correspondante de sous-page sera attachée à la transition.

L'attribution de ports aux douilles est plus compliquée parce que l'opération devrait être exécutée pour chaque port de sous-page. Le troisième instrument de palette de Hiérarchie "alloue un port à une douille" est utilisé. Vous devriez avoir les deux pages sur l'écran. Pour faire l'attribution d'un port vous devriez y cliquer et cliquer ensuite sur la douille correspondante.

Remarquez que l'usage de filets hiérarchiques rend le développement de modèles considérablement facile comme l'usage de modules dans les langages de programmation. Au début il permet la feintise de détails et de l'administration de la complexité de modèles. À la seconde, il fournit le réusage de sous-modèles. Par exemple, dans l'exemple de modèle de LAN il y a 5 postes de travail et 2 serveurs mais nous avons des sous-pages simples pour le poste de travail (WS) et le serveur (S).

10.2. Cul sec Développement

En créant un filet hiérarchique "cul sec", vous commencez en créant des pages séparées. À la différence du développement supérieur en bas, cette approche implique de créer les parties les plus détaillées du filet d'abord. Plus tard, les pages existantes sont mises comme les sous-pages pour les transitions de substitution comme il a été décrit dans l'article précédent. Il ressemble à l'usage de bibliothèques dans les langages de programmation.

Par exemple, dans l'exemple LAN vous devriez créer des pages WS, S, MWS, SWI créent alors la page supérieure LAN et allouent ensuite la substitution de transitions (wS1-WS4-> WS, s1-S4-> S, wS5-> MWS) et la cartographie de port/douille correspondante.

10.3. Développement Supérieur en bas

En créant "un haut en bas" net hiérarchique, vous commencez en créant la page au plus haut niveau qui montre l'aperçu des sous-pages et comment ils sont raccordés. Par exemple, dans l'exemple LAN nous devrions créer la page supérieure LAN d'abord. Il y a l'opération spéciale "déplacent une transition à une sous-page" dans la palette de Hiérarchie (le premier instrument). Comme l'étiquette de sous-page de résultat est ajoutée à la transition, qui est maintenant une transition de substitution. Une nouvelle page est créée avec une copie des endroits entourant la transition prévue. La page est appelée comme la transition prévue. Cette page est un dessin pour la création de filet de niveau d'amant. Par exemple appliqué WS3 dans l'exemple LAN il crée le dessin .

Vous devriez réviser le dessin pour créer le sous-modèle de poste de travail. Par exemple, rebaptisez la page WS3 dans WS, rebaptisez ses endroits p3out dans LANin, p3in dans LANout, aWS3 dans Propre, effacez la transition WS3 et tirez le WS net l'utilisation des ports créés. L'instrument décrit exécute l'attribution d'étiquette de sous-page, étiquettes de type de port et attribution de ports aux douilles automatiquement. Donc il vous permet l'évasion de beaucoup d'opérations de routine.

Remarquez que, le développement de modèles exige tant cul sec que les approches supérieures en bas comme l'instrument "bouge une transition à une sous-page" peut être appliquée seulement une fois pour chaque sous-page voulue. Par exemple d'une telle façon nous pouvons créer SWI , MWS alors WS pour WS1 et S pour S1 . Mais pour WS2-WS4 et S2 nous utilisons WS tôt créé et S de cul sec la façon.

11. Le fait d'analyser un FILET DE PC

Les Instruments de CPN fournissent deux voies fondamentales de l'analyse de modèles : la simulation de conduite nette et de génération d'espace public. De plus, vous devriez être confiants que le modèle est adéquat à l'objet et travaille de la façon nécessaire. Cela implique le stade préliminaire très commun pour les langages de programmation et le fait de déboguer d'habitude appelé. À ce stade vous acquérez la confiance que vos travaux modèles correctement et corrigent des erreurs. Nous proposons aussi une voie spéciale pour l'analyse de modèles appelée en mesurant des fragments. Pour l'estimation des caractéristiques de modèles nous créons des fragments spéciaux de filets qui calculent des caractéristiques pendant la simulation. Un tel fragment est créé dans l'Appendice A5 pour l'estimation de temps de réponse Ethernet.

11.1. Le fait de déboguer de Modèles

Le fait de déboguer de modèles implique le contrôle de syntaxe et peu à peu la simulation. Les Instruments de CPN automatiquement la syntaxe vérifie vos filets comme vous les créez ou quand vous chargez dans un filet. Vous pouvez voir par les indications en couleur à quelle distance le chèque est arrivé. Les indications en couleur sont montrées dans l'index, en soulignant le nom de la page où la couleur appartient. Si la page est ouverte dans un classeur, la couleur est aussi montrée à l'étiquette de page au sommet de la page et sur l'élément NET DE PC où la couleur appartient. L'aura orange indique qu'un élément n'est pas actuellement vérifié. Quand vous chargez un filet, le chèque de syntaxe prend deux ou trois minutes pour accomplir. Pendant cette phase, les éléments changeront l'aura de l'orange à jaune à aucune aura (ou rouge, s'il y a une erreur). Si l'aura orange reste, il est probablement parce qu'il y a quelque chose les disparus ou il y a une erreur sur un élément net lié. Un rougeoiement jaune indique que l'endroit/transition/arc/page/filet est actuellement vérifié. Les déclarations sont vérifiées en commençant du haut. Si une déclaration dépend d'une déclaration dernière, cela recevra une erreur en disant que les autres déclarations ne sont pas définies. Les déclarations avec les erreurs sont revérifiées quand un changement est fait dans n'importe quelle déclaration. Une aura rouge signifie que l'élément a été vérifié, mais avait une erreur. Une bulle d'air de discours devrait apparaître avec le message d'erreur exact{précis}. Les éléments raccordés à l'élément avec l'erreur, par ex. les transitions raccordées à un endroit avec les erreurs, ne sont pas vérifiées jusqu'à ce que l'erreur ne soit fixée. S'il y a une erreur dans les déclarations, la déclaration avec l'erreur sera soulignée avec rouge. L'entrée nette et toutes les pages affectées seront aussi soulignés avec rouge. Pour voir le message d'erreur pour une déclaration avec une erreur, déplacez la souris sur la déclaration.

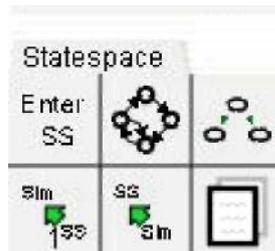
Peu à peu la simulation décrite dans la Section 4.3 est utilisée pour localiser la voie de jetons dans votre modèle. Par exemple, vous pouvez localiser des charpentes dans le modèle d'Ethernet décrit dans les Appendices sur leur voie du poste de travail au serveur et à reculons. Vous pouvez aussi choisir manuellement le bindings de paramètres de transition tirants, par exemple, faites le choix de jeton de contribution parmi disponible. Pour davantage déboguer l'exécution de nombre indiqué de transitions est utile d'estimer la conduite du modèle sur de plus grands intervalles de temps.

11.2. Analyse Spatiale d'État

L'espace d'État de filet Petri coloré est plus compliqué que le jeu d'accessibilité ou le graphique d'accessibilité de filet Petri classique. Dans la tâche nette Petri classique d'endroits est représenté par le vecteur de nombres naturels, mais dans le filet Petri coloré par le vecteur de multijeux (les multijeux chronométrés).

L'analyse d'espace public est possible pour les modèles assez petits ou simples à cause de l'effet célèbre d'explosion spatiale publique. Le nombre d'états pour l-bounded Petri le filet avec les endroits de m est estimé comme lm . Dans les télécommunications l'analyse d'espace public est appliquée surtout à la vérification de protocoles quand nous avons besoin de la connaissance des propriétés formelles de filets comme le fait d'être limité, sûr, vivant etc.

La palette Spatiale d'État a la forme :



Il contient de tels instruments que :

- Entrez dans l'Espace d'État;
- Calculez l'Espace d'État;
- Calculez le graphique SCC;
- Espace d'État à Sim;
- Sim à l'Espace d'État;
- Sauvez le Rapport. Avant qu'un espace public peut être calculé et analysé, il est nécessaire de produire

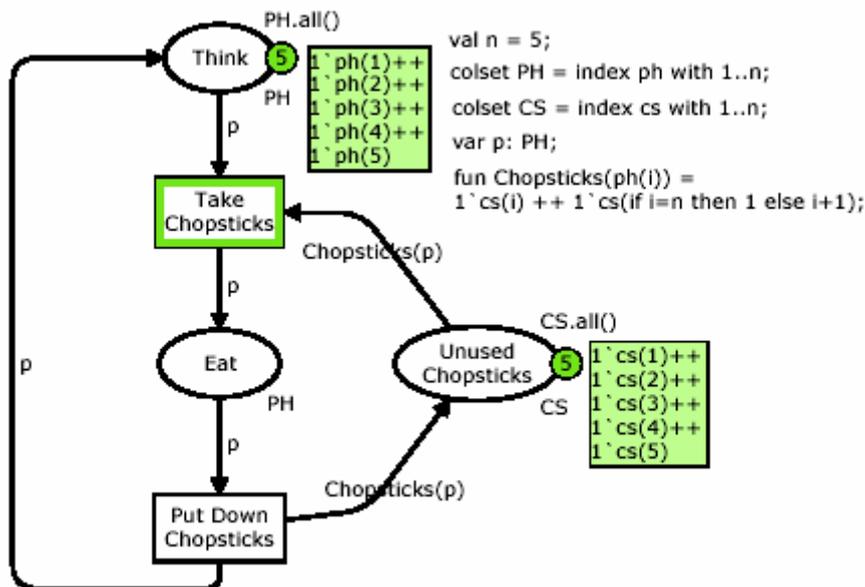
le code spatial public. Ce code est produit quand vous faites une demande `Entrent` dans l'instrument `spatial public`. Le fait d'entrer dans l'instrument `spatial public` prendra un temps. Alors, si on s'attend à ce que l'espace public soit petit, vous pouvez simplement appliquer l'instrument `spatial public Calcule` à un drap contenant une page du filet. Si on s'attend à ce que l'espace public soit grand, vous pouvez devoir changer les options pour l'instrument `spatial public Calcule`. Les options pour l'instrument `spatial public Calcule` vous permettent de déterminer quand le calcul d'un espace public s'arrête. En plus les composantes fortement connectées (SCC) de graphique spatial public peuvent être calculées en utilisant l'instrument correspondant. L'espace public calculé est conservé dans les Instruments CPN les dossiers temporaires. Il y a deux façons de l'analyser :

- sauvez le rapport dans un dossier;
- créez des requêtes Spatiales d'État. Pour sauver un rapport, vous avez appliqué l'instrument de `rapport spatial public Sauve` à un drap contenant une page du filet. Vous entrez dans le nom de dossier de rapport. Les contenus du rapport sont déterminés par les options pour le `rapport spatial public Sauve`

instrument. Les requêtes sont utilisées pour enquêter sur les propriétés d'un FILET DE PC en écrivant des fonctions de MILLILITRE CPN spéciales. Ils sont tout à fait compliqués et

utilisent des fonctions prédéterminées spéciales. L'Aide de CPN contient une référence au Manuel de Requêtes d'Espace d'État.

Permettez-nous de considérer l'exemple célèbre de philosophes dînant :



Le modèle dans les Instruments CPN a la représentation compacte en raison des jeux en couleur indexés d'usage pour la description de philosophes (PH) et les baguettes (CS) et la fonction `Chopsticks` qui rend les nombres de brindilles utilisées par le philosophe `ph(i)`. Le rapport sauvé a la forme :

Statistique

Noeuds Spatiaux d'État
 : 11 Arcs : 30 Secs : 0
 Statut : Complet

Noeuds de Graphique
 de Scc : 1 Arcs : 0
 Secs : 0

Propriétés de Fait d'être limité

Les Meilleurs Nombres entiers	Limites	Supérieur	Plus bas
Page'Eat	1	2	0
Page'Think	1	5	3
Page'Unused_Chopsticks	1	5	1

Page'Eat Le mieux Supérieur 1
 ph (1) ++
 ph (2) ++
 ph (3) ++
 ph (4) ++
 ph (5)
 ph (1) ++
 ph (2) ++
 ph (3) ++
 ph (4) ++
 ph (5)

Limites de Multijeu

```

Page'Think 1
1 `cs (1) ++
Page'Unused_Chopsticks 1

1 `cs (2) ++ 1 ` cs (3) ++ 1 `cs (4) ++
1 ` cs (5)

Le mieux Plus bas Limites de Multijeu

Page'Eat 1 vide
Page'Think 1 vide
Page'Unused_Chopsticks 1 vide

Propriétés de Famille

Taches de Famille : Toutes

les Propriétés Vivantes

Taches Mortes : Personne

Cas de Transitions Morts : Personne

Cas de Transitions Vivants : Tous

Propriétés d'Honnêteté

Page'Put_Down_Chopsticks 1
Page'Take_Chopsticks Impartial 1
Impartial

```

La section de statistique décrit la grandeur d'espace public et de graphique SCC. La section de fait d'être limité donne supérieur et les limites d'amant de taches dans numérique et de formes de multijeu. La section de propriétés de famille énumère des taches de famille. La section de propriétés vivante décrit des impasses et des transitions vivantes. La section de propriétés d'honnêteté décrit le type de l'honnêteté de filet.

Remarquez que les Instruments CPN ne donnent pas de façon de sauver l'espace public produit complet. Il est gardé à l'intérieur dans les Instruments CPN les dossiers temporaires. Pour y enquêter au-delà des limites du rapport standard vous devriez écrire des requêtes spéciales pour exposer l'espace dans la langue de MILLILITRE CPN.

11.3. Simulation de Conduite Nette

Les Instruments de CPN peuvent être utilisés comme un système de simulation typique. Quand la conduite du filet est plutôt compliquée nous pouvons le simuler sur de grands intervalles de temps et faire des conclusions des caractéristiques du système modelé. Surtout quand les fonctions au hasard sont largement utilisées dans un modèle nous nous intéressons plus à ses propriétés statistiques que dans son espace public. Par exemple, nous pouvons simuler la conduite de modèle d'Ethernet pendant un jour de temps réel et faire des conclusions de telles ses caractéristiques comme le temps de réponse moyen, le pourcentage de collisions etc.

Du point de vue de système de simulation standard les Instruments de CPN nous donne l'équipement rare d'une telle analyse. Il n'a aucun instrument pour l'administration de temps sauf de l'exécution rapide d'un nombre donné de pas dans la palette de Simulation.

Mais nous pouvons choisir l'assez énorme nombre de pas pour fournir des durées de temps conforme aux heures de temps réel. De plus, les Instruments de CPN ne calcule pas de renseignements statistiques élémentaires comme maximum, minimal et fait en moyenne le nombre de jetons dans les endroits, les fréquences de

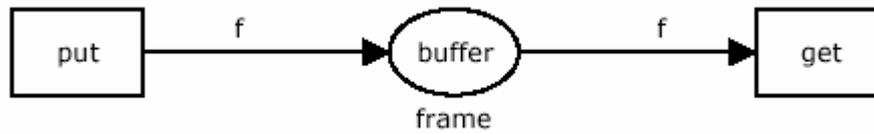
le tir de transitions etc. Mais il nous donne la langue pour décrire les processus d'accumulation et de calcul de caractéristiques. C'est la même langue de filets Petri colorés et il peut être appliqué pour l'estimation de caractéristiques statistiques de modèles. De tels filets supplémentaires sont appelés en mesurant des fragments et étudiés dans la Section suivante.

Mais la simulation lui-même implique la considération spéciale d'expériences avec le modèle. La première chose est *le fait d'escalader de temps*. Le temps dans les Instruments CPN est mesuré dans les Unités de Temps Modèles (MTU) qui n'a aucune dimension et représenté comme un nombre naturel. C'est pour cela que nous nous intéressons au fait d'escalader de temps pour rendre le modèle réaliste. L'exemple de temps en escaladant est décrit dans l'Appendice A7 pour le modèle d'Ethernet. Nous acquérons des temps dans les unités réelles (la Mme, ns) de la description du matériel et du logiciel. Alors nous choisissons MTU comme la plus petite durée de temps. Mais pour le développement futur du modèle il est raisonnable de choisir MTU plus petit. Pour la représentation l'équipement plus rapide dans l'avenir. Par exemple, le plus petit retard pour le modèle d'Ethernet est 500 ns, mais MTU l'égalisation à 100 ns a été choisie. Alors tous les temps du modèle ont été recalculés dans MTU. Par exemple, 200 Mme correspond à $200000 \text{ ns} / 100 \text{ ns} = 2000$ MTU. Après le fait d'obtenir les temps de résultat devrait être recalculé dans les unités en temps réel. Par exemple, le temps de réponse moyen égale à 389 MTU ou 38900 ns ou 38.9 Mme.

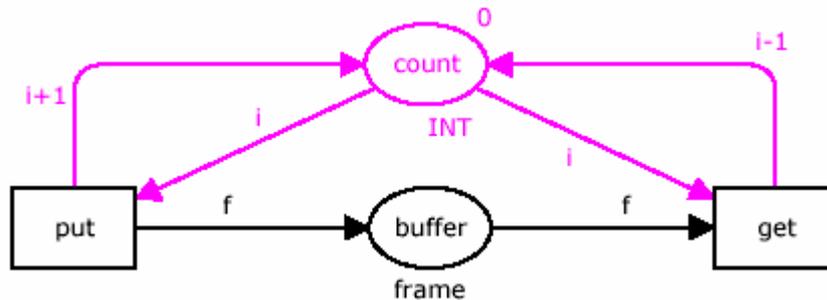
La deuxième chose est l'existence *du mode ferme{stable} public* de la conduite de modèle. Si le mode ferme{stable} public existe le modèle est équilibré. L'augmentation du fait de modeler la durée de temps ne provoque{cause} pas le changement significatif de ses caractéristiques statistiques. La façon la plus simple de déterminer le mode ferme{stable} public est l'élargissement séquentiel du fait de modeler la durée de temps. Si les caractéristiques ne changent pas après un moment certain de temps modèle alors le mode ferme{stable} public a été accompli. Remarquez que le mode ferme{stable} public ne peut pas exister parce que le réseau source est déséquilibré; par exemple, 100 écoulement de Mbps dirigé vers 10 réseau Mbps.

La troisième chose est *l'estimation de moyennes* de caractéristiques dans le mode ferme{stable} public. Supposons que notre modèle calcule des caractéristiques. Mais les résultats pris dans une expérience simple avec le modèle ne sont pas de valeur. Quelques expériences devraient être fournies avec le modèle et selon la statistique mathématique son nombre devrait être environ 20. Dans les estimations plus compliquées l'intervalle de confiance devrait être pris en considération.

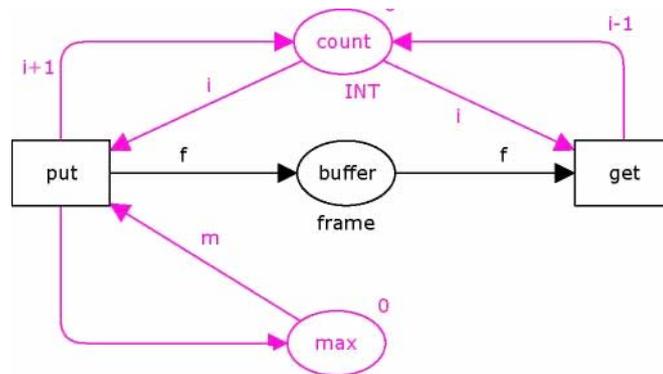
11.4. Mesurage des Fragments



Comme la langue de filets Petri colorés constitue un système algorithmique complet cela le mai par demandé l'accumulation et le calcul de caractéristiques statistiques. Les parties supplémentaires de filet ajouté au modèle source pour l'accumulation et le calcul de caractéristiques statistiques sont appelées *en mesurant des fragments*. Permettez-nous d'étudier quelques fragments de mesurage simples. Permettez-nous d'avoir un butoir et la transition mise en augmentant sa tâche et transition reçoit la diminution de sa tâche. Nous pouvons facilement calculer le nombre actuel de jetons dans le butoir avec le fragment suivant



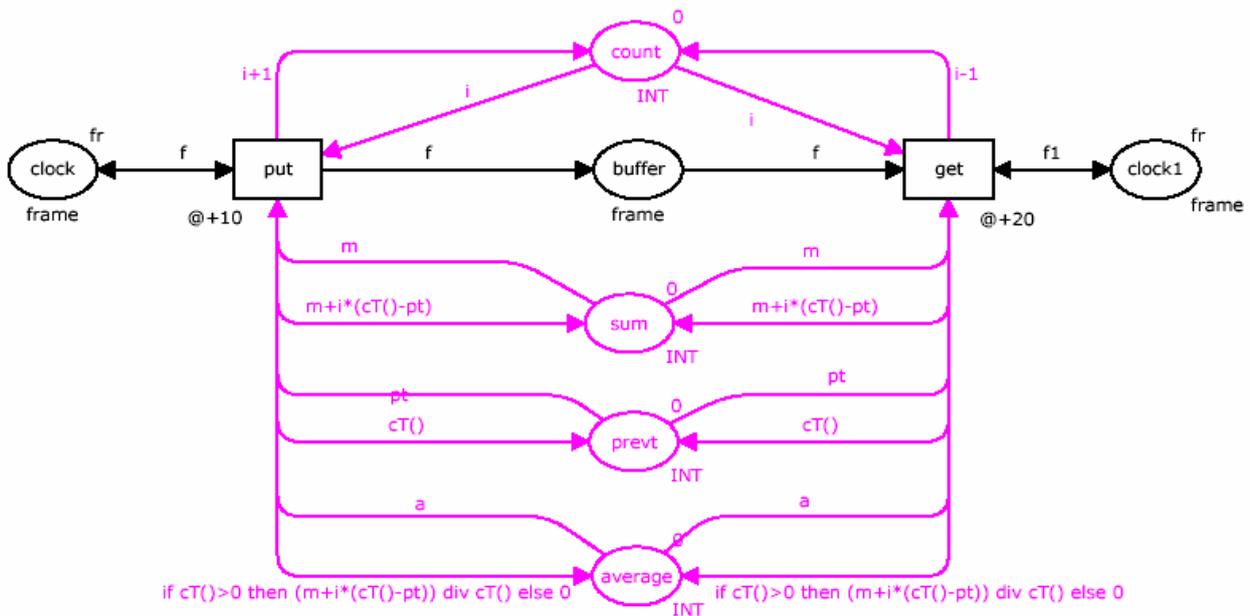
Pour calculer le nombre maximum de jetons dans le butoir d'endroit le fragment suivant peut être utilisé :



Pour calculer le nombre moyen de jetons, les intervalles de temps devraient être pris en considération parce que la moyenne de distribution est calculée avec la formule :

$$ac = (c_1 * dt_1 + c_2 * dt_2 + \dots + c_k * dt_k) / dt$$

où ac est la moyenne, c_i est la valeur à temps l'intervalle dt_i et dt est l'intervalle total de temps. Le fragment suivant calcule le nombre moyen de jetons dans le butoir d'endroit :



Les recalculs sont commencés tous les deux : à l'augmentation (mise) et à la diminution (arrivent) du nombre de jetons. La fonction $cT()$ comme décrit dans l'Appendice A2 rend la valeur actuelle de temps modèle. La somme d'endroit garde la somme actuelle de produits. L'endroit `prevt` garde la valeur de dernier moment de temps où la tâche de butoir d'endroit avait été changée. La moyenne d'endroit garde le nombre moyen de jetons dans le butoir d'endroit. L'exemple plus intéressant de fragment mesurant pour l'estimation de temps de réponse Ethernet est décrit dans l'Appendice A5. Le mesurage des fragments peut être conçu à l'estimation du débit de réseaux aussi bien que les caractéristiques QoS.

12. Caractéristiques Supplémentaires d'Instruments CPN

Il y a beaucoup de caractéristiques plus spécifiques d'Instruments CPN décrits dans l'aide en ligne aussi bien que dans les documents séparés, par exemple, dans le manuel sur la langue de MILLILITRE. Cette section contient un aperçu des plus significatifs d'eux pour poser des systèmes de télécommunication.

12.1. Unions

Une couleur d'union met est une union disjointing de jeux en couleur auparavant déclarés. C'est la restriction très dure que l'endroit contient des jetons du même jeu en couleur; le jeu de couleur d'union spécial vous aide à surmonter cette restriction. Dans l'union la couleur vous met peut combiner de différents ensembles en couleur des jetons que vous voulez recueillir dans le même endroit.

La déclaration a la syntaxe :

colset appellent = **l'union** id1 [:name1] + id2 [:name2] + ... + idn [:namen];

Si `namei` est omis alors `idi` est traité comme une nouvelle valeur et on peut y renvoyer simplement comme `idi`. Les opérateurs simples sont utilisés pour récupérer des valeurs de

jeu en couleur concret dans l'union :

`idi v` ou `idi (v)`

où `v` a le type `namei`.

Dans l'exemple de réseau Ethernet décrit dans la couleur d'union d'Appendices le jeu est utilisé pour modeler des segments d'Ethernet. Si les collisions ne sont pas estimées qu'est le cas commun dans Ethernet complètement échangé, donc un segment est paresseux ou émettant d'une charpente. Pour le distinguer les cas l'union spéciale `seg` a été décrite :

```
colset seg = l'union f:frm + le profit chronométré;
```

Le profit d'unité signifie que le segment est libre et disponible pour la transmission. Dans d'autre cas le segment transmet une charpente `f`. Il n'y a aucune voie simple dans les Instruments CPN pour vérifier un endroit sur l'absence de jetons (les arcs d'inhibiteur) donc `seg` de jeu de couleur est utilisé. Permettez-nous de considérer le sous-modèle de changement (la figure 4). Chaque canal de contribution de changement transporte la charpente d'extraits de `Port*In f` et met au lieu de cela le profit d'étiquette. Cela signifie cette transmission de

la charpente a fini et le segment est disponible et prêt pour la transmission d'une autre charpente. Chaque canal de production de changement transporte `Port*Out` attend le profit d'étiquette avant la transmission, extrait cette étiquette et met la charpente émettante au lieu de cela.

12.2. Listes

Le jeu de couleur de liste constitue l'ordre d'éléments du même jeu en couleur. La liste est un jeu de couleur de longueur variable. Les fonctions standard permettent l'approche aux deux fins d'une liste. Traiter les éléments énumèrent à l'intérieur des fonctions récursives {récurrentes} devrait être utilisé.

La déclaration de liste a la syntaxe :

nom **de colset**

énumérez name0 [**avec** int-exp1.. Int-exp2];

L'avec la clause spécifie la longueur minimale et maximum des listes. Les valeurs de jeu de couleur de liste ont la forme :

[v1, v2..., vn] où `vi` a le type `name0` pour `i=1 .. n`.

Les opérations suivantes sont disponibles pour les listes :

zéro

e: : l

l 1 1 ^^ l 2

hd l

tl l

longueur l

révérend l

faites la carte de f l

Liste. **énième** (l, n)

Liste. **prendre** (l, n)

Liste. **la goutte{baisse}** (l, n)

Liste. **existe** p l

Liste. zéro l

videz la liste (même comme [])

l'élément de prepend e comme la tête de liste l

concaténez les deux listes l_1 et l_2

la tête, le premier élément de la liste l

la queue, énumérez avec l'exception de premier élément

la longueur de liste l

faites marche arrière énumèrent l

utilisez la fonction f sur chaque élément dans la liste l et rend une liste avec tous les résultats

l'élément de th dans la liste, où $0 \leq l$ la longueur l

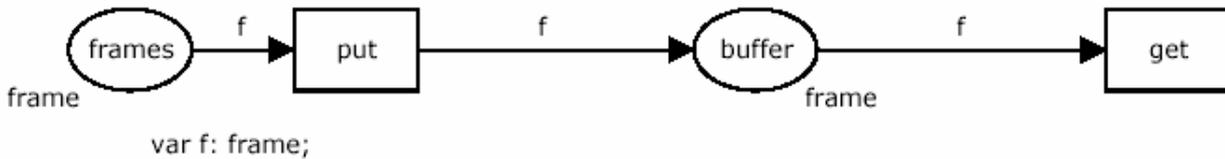
nn

les retours d'abord n les éléments de liste l

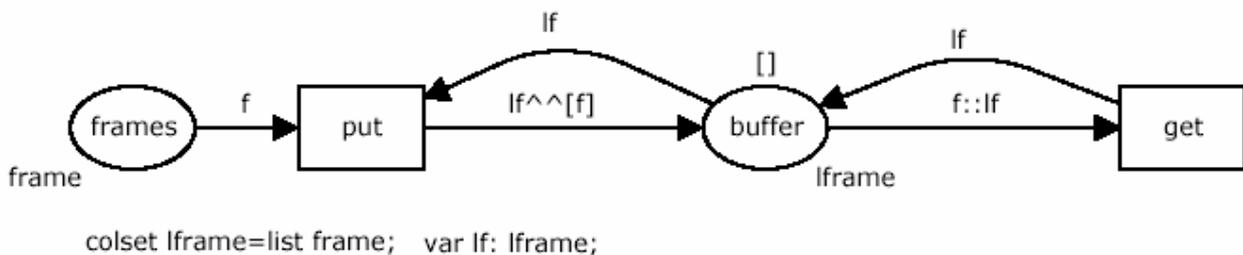
les retours ce qui est quitté {laissé} après le fait de laisser tomber d'abord n les éléments de liste l

des retours vrais si p est vrai pour un élément dans la liste l des retours vrais si la liste l est vide

L'endroit ordinaire d'instruments CPN fournit la discipline d'accès aléatoire parce qu'un jeton valide arbitraire peut être pris par la transition :



Mais les artifices de télécommunication utilisent largement des queues avec FIFO et les disciplines de priorité, les meules avec la discipline de LIFO etc. Le jeu de couleur de liste nous aide à organiser la discipline voulue. Permettez-nous de considérer un exemple de création de queue FIFO :



Vous pouvez mettre des charpentes concrètes dans les charpentes d'endroit et localiser la conduite de ce filet pour acquérir la compréhension de jeu de couleur de liste. Remarquez que dans le dernier cas placent le butoir contient seulement un jeton et ce jeton est la liste de charpentes. Dans la tâche initiale de la liste est vide [] .

Dans LIFO d'aide d'Instruments CPN et la priorité les disciplines sont considérées. La liste permet aussi la représentation d'arcs d'inhibiteur; les exemples correspondants sont présentés dans l'aide d'Instruments CPN. Les exemples plus compliqués avec l'usage de fonctions récursif {récurrent} sont étudiés dans le papier [5].

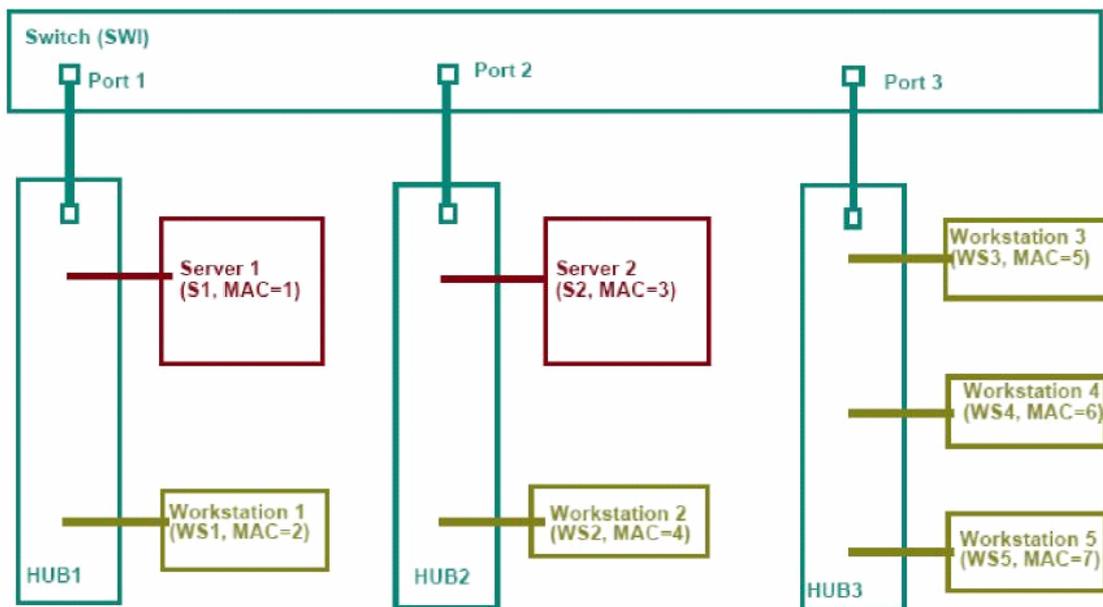
Appendices :

Une Évaluation de Temps de Réponse de Réseau en utilisant un Modèle Net Petri Coloré de LAN Échangé

A1. LAN Échangé

Récemment l'Ethernet est devenu LAN le plus étendu. Avec la technologie gigabit il a commencé un nouveau stade de popularité. Et ce n'est pas la limite encore. Les moyeux sont l'équipement passif muet visé seulement à la connexion d'artifices comme les fils. L'élément basé du Réseau local d'entreprise (LAN) Ethernet (IEEE 802.x) est un changement de charpentes. Logiquement un changement est constitué d'un ensemble de ports. Le segment de LAN (par exemple, inventé via le moyeu) ou l'équipement terminal comme le poste de travail ou le serveur peut être attaché à chaque port. La tâche d'un changement est l'expédition de charpente entrante au port auquel l'artifice prévu est raccordé. L'usage d'un changement tient compte d'une diminution dans la quantité de collisions donc chaque charpente est transmise seulement au port prévu et s'ensuit dans une bande de fréquence augmentée. De plus la qualité de protection d'information monte avec une réduction de capacité d'entendre par hasard la circulation. Le projet de réseau échangé d'échantillon est présenté dans la Figure 1.

Scheme of sample switched LAN



La figure 1. Le projet d'échantillon a échangé LAN

Généralement, les travaux d'Ethernet dans un mode duplex-complet maintenant, cela permet la transmission simultanée dans les deux directions. Pour déterminer le nombre de port prévu pour la charpente de l'arrivée une table échangeante statique ou dynamique est utilisée. Cette table contient le nombre de port pour chaque Contrôle d'Approche de Mass-média connu (MAC) l'adresse. Les tables échangeantes seulement statiques seront modélées dans le présent papier.

A2. Modèle de LAN

Un modèle de LAN de promotion avec topology, montré dans la Figure 1, est représenté dans la Figure 2. Permettez-nous de décrire le modèle construit. Remarquez que le modèle est représenté avec le filet Petri coloré et se compose des endroits, tirés comme les cercles (les ellipses), les transitions, tirées comme les bars et les arcs. Les éléments dynamiques du modèle, représenté par les jetons, sont situés dans les endroits et le mouvement à la suite du tir des transitions.

Les éléments de ce modèle sont des modèles de sub de : le Changement (**SWI**), le Serveur (**S**), le Poste de travail (**WS**) et le Poste de travail Mesurant (**MWS**). **WS1-WS4** de postes de travail sont le même type exactement **WS**, alors que le poste de travail **WS5** est le type **MWS**. Il exécute le mesurage de temps de réponse de réseau. Les serveurs **S1** et **S2** sont le même type exactement **S**. Les moyeux sont un équipement passif et n'ont pas de représentation modèle indépendante. La fonction de moyeux est modélée par l'utilisation commune des endroits correspondants **p*in** et de **p*out** par tous les artifices attachés. Le modèle ne représente pas les collisions.

Chaque serveur et poste de travail ont c'est la propre adresse de MAC représentée dans les endroits **comme** *, **aWS***. Un changement a des endroits séparés pour la contribution (**p*in**) et la production (**p*out**) les charpentes pour chaque port. Il représente le mode duplex-complet de travail. Les arcs de Bidirected sont utilisés pour modeler les procédures de détection de camionneur. Un des arcs vérifie l'état du canal, pendant qu'un autre exécute la transmission.

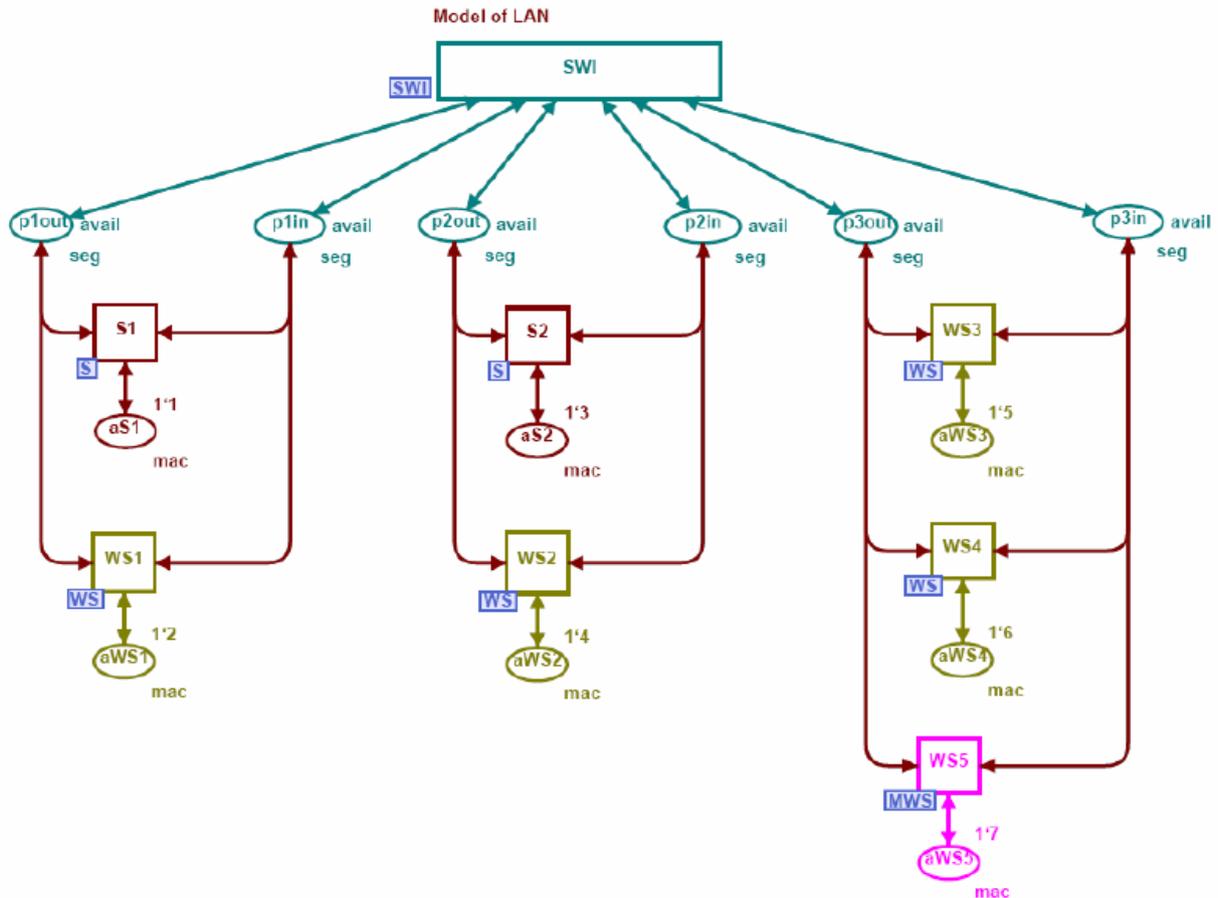


Fig. 2. Model of sample LAN

La figure 2. Modèle de LAN de promotion

Toutes les déclarations de jeux en couleur (**colset**), les variables (**var**) et les fonctions (**l'amusement**) utilisé dans le modèle sont représentées dans la Figure 3. L'Ethernet MAC l'adresse est modélé avec le nombre de nombre entier (coloriez **mac**). La charpente est représentée par **frm** triple, qui contient la source (**src**) et la destination (**dst**) les adresses et aussi un champ spécial **nfrm** pour énumérer les charpentes pour le calcul de temps de réponse. Nous abrégeons d'autres champs de charpente stipulée par la norme d'Ethernet. La couleur **seg** représente le canal unidirectionnel et peut être disponible pour la transmission (**le profit**), ou occupé de la transmission d'une charpente (**f.frm**). Il est représenté avec un type **d'union** de couleur. Remarquez que le descripteur **chronométré** est utilisé pour les jetons, qui prennent part aux opérations chronométrées comme les retards ou timestamps.

```

colset mac = INT chronométré;
colset portnum = INT;
colset nfrm = INT;
colset sfrm = le produit nfrm * INT chronométré;
colset frm = le produit mac * mac * nfrm chronométré;
colset seg = l'union f:frm + le profit chronométré;
colset swi = le produit mac * portnum;
colset swf = le produit mac * mac * nfrm * portnum chronométré;
colset remsv = le produit mac * nfrm chronométré;
var src, dst, la cible : mac;
port de var : portnum;
var nf, rnf : nfrm;
var t1, t2, s, q, r : INT;
le Delta de colset = int avec 1000.. 2000;
le Retard d'amusement () = Delta.ran ();
colset dex = int avec 100.. 200;
l'amusement Dexec () = dex.ran ();
colset dse = int avec 10.. 20;
l'amusement Dsend () = dse.ran ();
colset nse = int avec 10.. 20;
l'amusement Nsend () = nse.ran ();
l'amusement cT () =IntInf.toInt (! CPN'Time.model_time)

```

La figure 3. Déclarations

La tâche d'endroits est représentée avec les multijeu dans les Instruments CPN. Chaque élément appartient à un multijeu avec la multiplicité définie, autrement dit - dans quelques copies. Par exemple, la tâche initiale de l'endroit **aWS2** est **1`4**. Cela signifie que l'endroit **aWS2** contient 1 jeton avec une valeur de 4. L'union de jetons est représentée par un double plus le signe (++). Les jetons de couleur chronométrée ont la forme **x t** qui signifie que le jeton **x** peut être impliqué seulement depuis un moment de temps **t**. Ainsi la notation **+d** est utilisée pour représenter le retard avec l'intervalle **d**.

A3. Modèle de Changement

Permettez-nous de construire un modèle pour une table échangeante statique donnée. Nous considérons la contribution séparée et les butoirs de production de charpentes pour chaque port et butoir commun des charpentes échangées. Le modèle de changement (**SWI**) est présenté dans la Figure 4. La disposition des hôtes selon la Figure 1 a été utilisée pour la tâche initiale d'une table échangeante.

La couleur **swi** représente des dossiers{archives} d'échanger la table. Il fait la carte de chacun l'adresse de MAC connue (**mac**) au nombre de port (**nport**). La couleur **swf** décrit les charpentes échangées, attendant l'allocation de butoir de production. Le champ **portnum** conserve le nombre du port prévu. Les endroits **Port*In** et **Port*Out** représentent la contribution et les butoirs de production des ports par conséquent. L'endroit de fusion **SwitchTable** modèle la table échangeante; chaque jeton dans cet endroit représente le record{procès-verbal} de la table échangeante. Par exemple, le jeton **1` (de 4,2)** de la tâche initiale signifie que l'hôte avec MAC adresse 4 est attaché au port 2. **Le Butoir** d'endroit de fusion correspond au butoir des charpentes échangées. Remarquez qu'un endroit de fusion (comme **SwitchTable** ou **le Butoir**) représente un ensemble d'endroits. L'endroit de fusion **SwitchTable** est représenté avec les endroits **SwTa1, SwTa2, SwTa3**. **Le Butoir** d'endroit de fusion est représenté avec les endroits **Bu1, Bu2, Bu3**. Il permet le fait de modéliser convenable de changements avec un nombre arbitraire de ports évitant de nombreuses lignes fâchées.

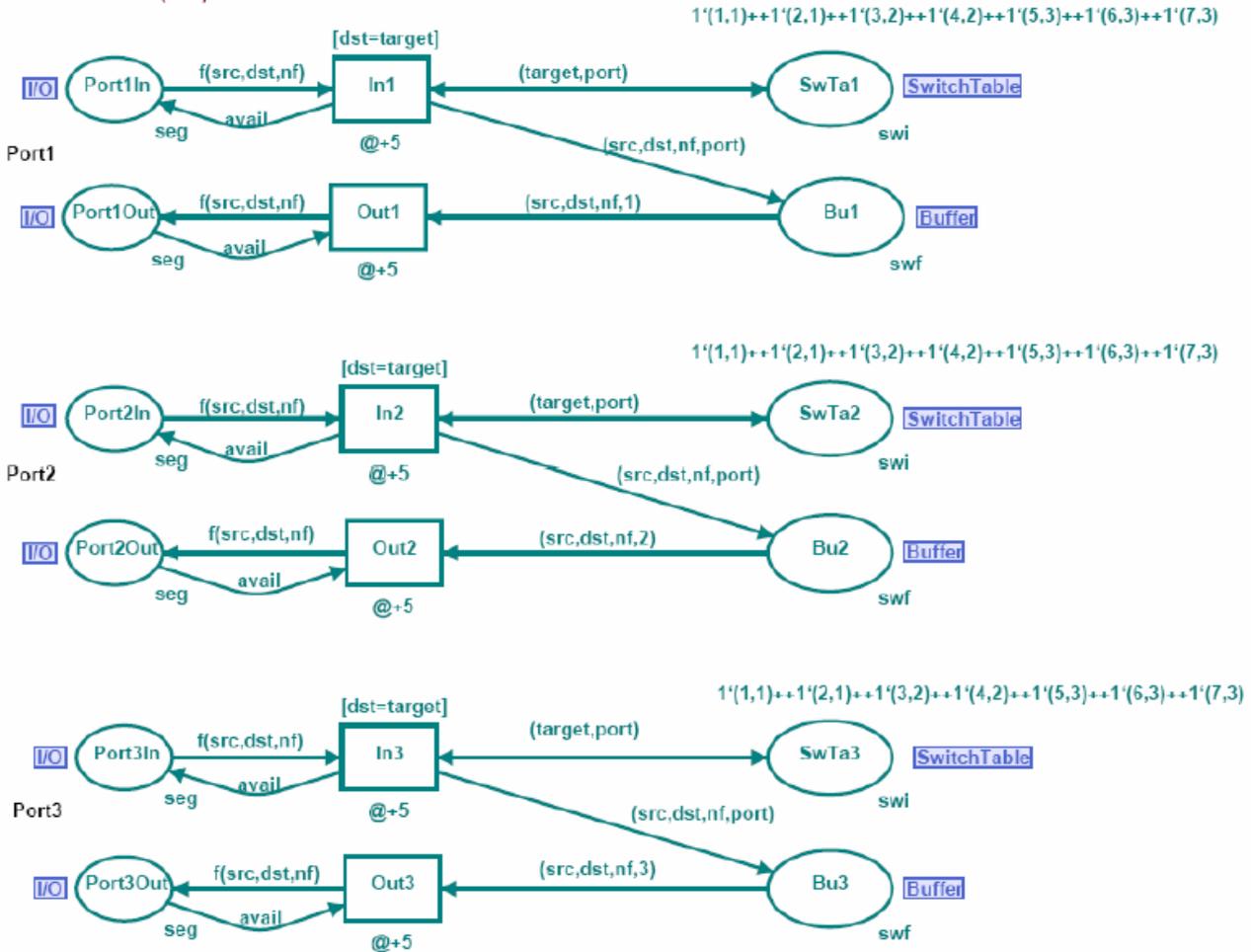
Les transitions **In*** modèlent le traitement de charpentes de contribution. La charpente est extraite du butoir de contribution seulement dans les cas où la table échangeante contient un record{procès-verbal} avec une adresse qui égale à l'adresse de destination de la charpente (**dst=target**); pendant le déplacement de charpente le nombre de port prévu (**le port**) est conservé dans le butoir. Les transitions **Out*** modèlent le déplacement de charpentes échangées aux butoirs de ports de production. Les inscriptions d'arcs de contribution vérifient le nombre du port. Le temps fixé

les retards (+5) sont alloués aux opérations du fait d'échanger et de l'écriture de la charpente au butoir de

production.

Le modèle de Changement (SWI)

Model of Switch (SWI)



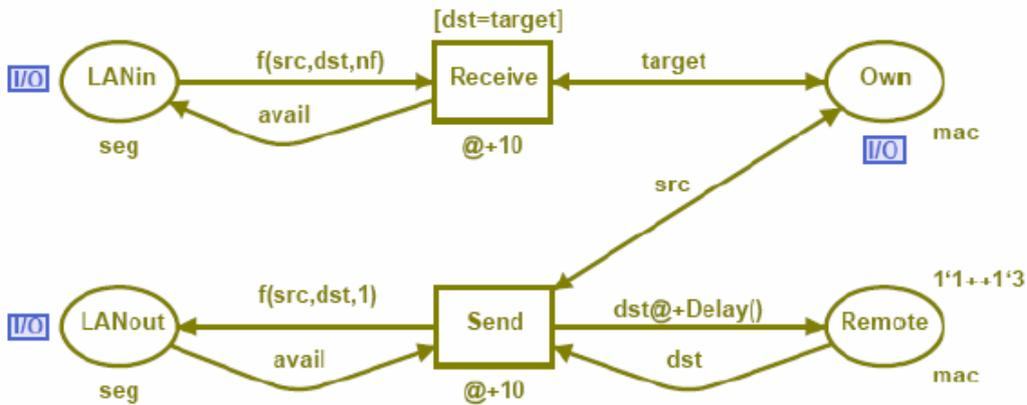
La figure 4. Modèle de changement

Il est nécessaire d'expliquer les procédures CSMA d'approche LAN plus en détail. Quand une charpente est extraite du butoir de contribution par la transition **Dans ***, il est remplacé avec **le profit** d'étiquette. **Le profit** d'étiquette indique que le canal est libre et disponible pour la transmission. Avant la transition **Out*** envoie une charpente dans un port, il analyse si le canal est disponible en vérifiant **le profit** symbolique. Remarquez que les endroits **Port*In** et **Port*Out** sont des de contact. Ils sont montrés avec une étiquette **d'E/S**. Les endroits de contact sont utilisés pour la construction de filets hiérarchiques avec la substitution de transition. Par exemple, la transition **SWI** dans la page au plus haut niveau de modèle (la Figure 2) est substituée par **un SWI** net entier représenté dans la Figure 3. Les Endroits **Port*In** et **Port*Out** sont faits la carte dans les endroits **p*in** et **p*out** par conséquent.

A4. Les modèles de Poste de travail et de Serveur

Pour enquêter sur l'écoulement des charpentes émettant par LAN et estimer le temps de réponse de réseau il est nécessaire de construire les modèles d'artifices terminaux attachés au réseau. Concernant la particularité de la forme de la circulation nous séparerons des postes de travail et des serveurs. Pour un degré accepté d'élaboration nous considérons des demandes périodiquement répétées de postes de travail aux serveurs avec les retards au hasard uniformément distribués. Sur la réponse à une demande acceptée un serveur envoie quelques paquets à l'adresse du poste de travail demandé. Le nombre de paquets envoyés et des retards de temps est uniformément distribué les valeurs au hasard.

Model of Workstation (WS)



La figure 5. Modèle de poste de travail

Un modèle de poste de travail (**WS**) est représenté dans la Figure 5. Les endroits **LANin** et **LANout** modèlent la contribution et les canaux de production du réseau local d'entreprise par conséquent. Le poste de travail écoute le réseau au moyen de la transition **Reçoivent** cela reçoit des charpentes avec l'adresse de destination, qui est égale à la propre adresse du poste de travail (**dst=target**) sauvé dans l'endroit **Propre**. Le traitement de charpentes reçues est représenté par l'absorption simple d'entre eux. Le poste de travail envoie des demandes périodiques aux serveurs au moyen de la transition **Envoient**. Les adresses des serveurs sont tenues dans l'endroit **Lointain**. Après l'envoyant d'une demande l'usage de l'adresse du serveur est fermé par le retard de temps au hasard donné par le **Retard** de fonction (). L'envoyant de la charpente est exécuté seulement si le segment de LAN est libre. Il opère en vérifiant l'endroit **LANout** pour un profit symbolique. Dans une telle manière le poste de travail communique avec quelques serveurs tenant leurs adresses dans l'endroit **Lointain**.

Remarquez que le troisième champ de charpente, appelée **nfrm**, n'est pas utilisé par le poste de travail ordinaire **WS**. Le poste de travail y alloue seulement la valeur d'une unité. Ce champ est utilisé par un poste de travail de mesurage spécial **MWS**. Les copies du **WS** modèle décrit représentent des postes de travail **WS1-WS4**. Pour identifier chaque poste de travail de façon unique, l'endroit de contact **Propre** est utilisé. Cet endroit est montré aussi dans la page au plus haut niveau (la Figure 2) et contient l'adresse de MAC d'hôte.

Model of Server (S)

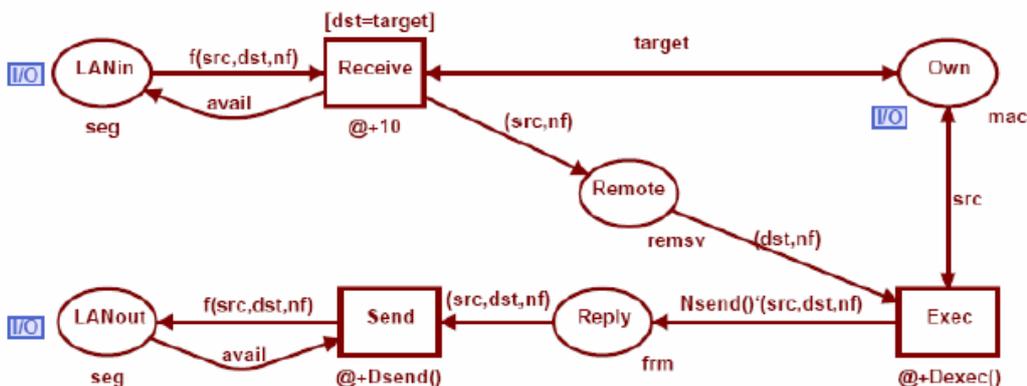


Fig. 6. Model of server

Une partie persistante des éléments mesurants calcule le temps de réponse moyen. **La somme** d'endroits et **quant** accumulent la somme de temps de réponse et de la quantité de réponses acceptées par conséquent. L'arrivée d'une nouvelle réponse est détectée par l'endroit **nouvel** et lance le recalcul de temps de réponse moyen avec la transition **Culc**. Le résultat est conservé dans l'endroit **NRTTime**.

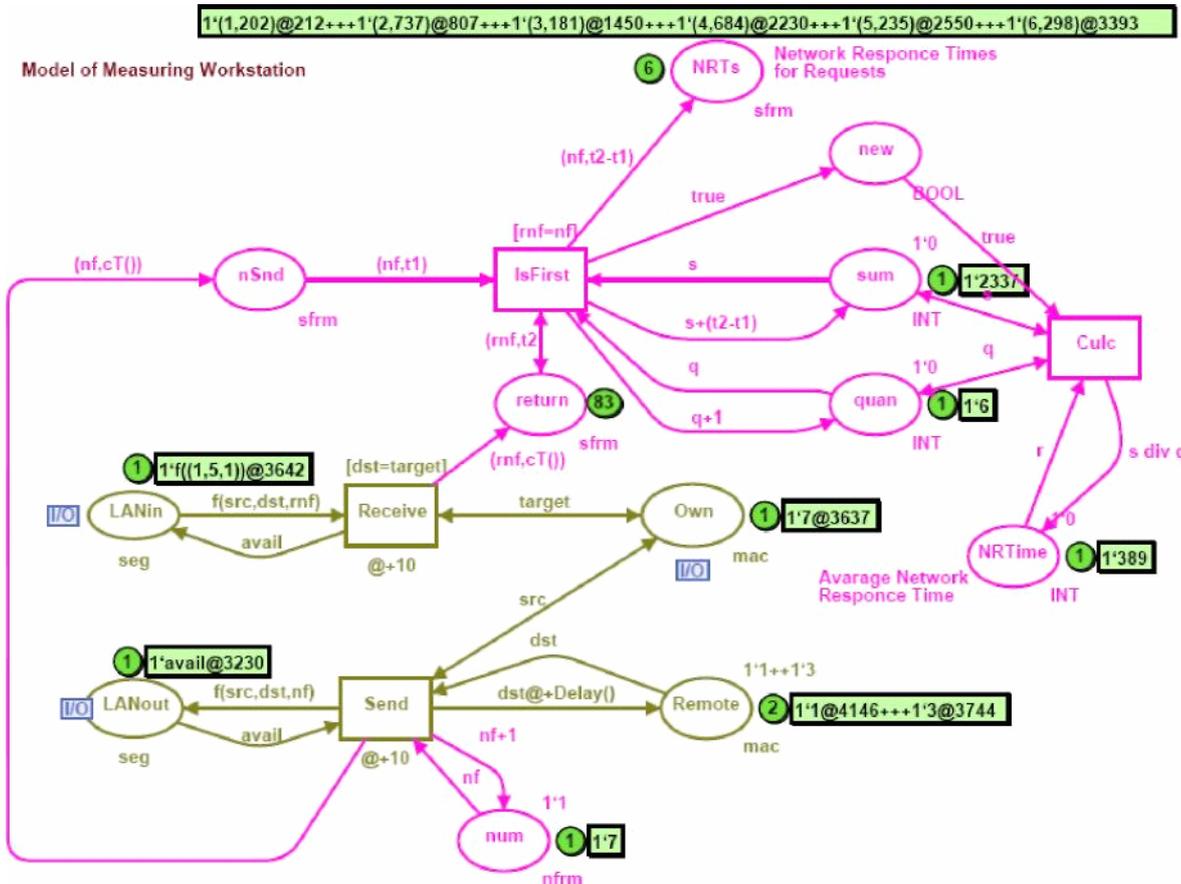
A6. Technique d'Évaluation

Le modèle construit a été débogué et évalué dans peu à peu le mode de simulation. Pour ces buts la charpente produite par le poste de travail a été localisée par le réseau au serveur et en arrière. Aussi nous avons observé la conduite du modèle dans le processus de simulation automatisée avec un étalage de la dynamique de filet - dans le mode du soi-disant jeu de jetons. Il nous permet d'estimer le modèle avec un coup d'oeil à la page au plus haut niveau et aux pages sub pendant la simulation.

Pour estimer le temps de réponse de réseau avec précision, d'assez énormes intervalles de temps modèle sont exigés. C'est convenable pour de tels buts d'utiliser le mode de simulation sans afficher la tâche d'intermédiaire visée à l'accumulation de statistique.

Un instantané du modèle de poste de travail mesurant est représenté dans la Figure 8. Les étiquettes rectangles (tiré dans le vert brillant) décrivent la tâche actuelle du système de simulation; les étiquettes circulaires contiennent le nombre de jetons. L'endroit **LANin** contient la charpente (1,5,1). L'endroit **LANout** représente l'état disponible **du profit** de canal. Le nombre de la demande suivante, selon la tâche d'endroit **num**, est 7. **Le retour** d'endroit indique que 83 charpentes de réponses sont arrivées. L'endroit **NRTs** contient les temps de réponse pour chacune des 6 demandes répondues. Par exemple, le temps de réponse de réseau pour la demande 5 égale à 235. Il devrait être calculé facilement, que le temps de réponse de réseau moyen 389 dans l'endroit **NRTTime** égale à 2337/6 selon les tâches **de la somme** d'endroits et **de quant**.

A7. Paramètres de Modèle



La figure 8. Estimation de temps de réponse de réseau

Le choix juste d'unité de temps pour la mesure de temps modèle est une question clé pour une construction modèle adéquate aussi bien que le calcul de retards chronométrés pour les éléments du modèle. Il exige une considération exacte du matériel de réseau réel et des caractéristiques de logiciel.

Le projet montré dans la Figure 1 représente un fragment de LAN de centre de dépêche de chemin de fer fourni le logiciel de CAME de chemin de fer spécial GID Ural. Le coeur du système constitue une paire **de serveurs** de miroir S1 et **de S2**. Les postes de travail **WS1-WS5** sont situés dans les lieux de travail de dispatchers de chemin de fer.

Nous devons considérer la performance du changement de LAN concret et des adaptateurs LAN pour calculer les retards chronométrés de transitions **Dans ***, **Dehors ***, **Envoyer**, **Recevoir**. De plus, les particularités d'action réciproque client-serveur de GID Ural le logiciel doivent être considérées pour l'estimation de tels paramètres que le retard entre **le Delta** de demandes et le temps d'exécution de demande **dex**. Comme l'unité de renseignements émettant par le filet est représentée avec une charpente, nous devons exprimer les longueurs de messages dans les nombres de charpentes. Pour ces buts la longueur maxima d'une charpente d'Ethernet égalant 1.5 Ko a été choisie.

Les types de matériel LAN utilisé sont représentés dans la Table 1.

Table 1(types of hardware)

device	Type
LAN adapter	Intel Ether Express 10/100
LAN switch	Intel SS101TX8EU
Server	HP Brio BA600
Workstation	HP Brio BA200

Dans la Table 2 les paramètres du modèle décrit sont représentés. Le changement de LAN et les opérations d'adaptateur sont modélés avec les retards fixés donc ils sont assez petits dans la comparaison avec les temps d'action réciproque client-serveur. De plus, dans les charpentes d'Ethernet sûres de longueur maxima sont transmis surtout, comme le temps du traitement de charpente est une valeur fixée. Les variables stochastiques sont représentées avec la distribution uniforme, qui correspond à Ural GID la conduite de logiciel. La plus petite valeur chronométrée est le temps de changement de LAN d'opération de charpente de lecture-écriture. Mais pour les buts de représentation future d'équipement plus rapide nous choisissons l'unité de temps modèle (MTU) l'égalisation de 100 ns.

Table 2. Paramètres de modèle

Paramètre modèle	Variable/Élément	Valeur réelle	Valeur
Changement de LAN retard de charpente lu	Dans *	500 ns	5
Le changement de LAN écrit le retard de charpente	Dehors *	500 ns	5
Adaptateur de LAN retard de charpente lu	Recevoir	1 Mme	10
L'adaptateur de LAN écrit le retard de charpente	Envoyer	1 Mme	10
Le temps de serveur de traitement de demande	Dex	10-20 Mme	100-200
Le retard de client entre les demandes	Delta	100-200 Mme	1000-2000
Longueur de demande		1.2 Ko	1
Longueur de réponse	Nse	15-30 Ko	10-20

Ainsi, le temps de réponse de réseau moyen obtenu égale 389 MTU ou environ 39 Mme Ce retard satisfait les exigences de régulation de la circulation de train.

Références

1. Jensen K. Colorié des Filets de Petri - des Concepts Fondamentaux, les Méthodes d'Analyse et l'Utilisation Pratique. - Springer-Verlag, 1997. - Vol. 1-3. - 673 p.
2. Albert K., Jensen K., Shapiro R. Design/CPN : un Paquet d'Instrument Soutenant l'Utilisation de Filets Colorés // Petri la Circulaire Nette. - avril de 1989. - P. 22-35.
3. Zaitsev D.A. La Simulation de LAN Échangée par les Filets Petri Colorés // les Mathématiques et les Ordinateurs dans la Simulation. - 2004. - Vol. 65, № 3. - P. 245-249.
4. Zaitsev D.A. Une Évaluation de Temps de Réponse de Réseau en utilisant un Modèle Net Petri Coloré de LAN Échangé // Proc. du Cinquième Atelier et de la Classe de travaux dirigés sur l'Utilisation Pratique de Filets Petri Colorés et des Instruments CPN, le 8-11 octobre 2004. - Aarhus (le Danemark). - 2004. - P. 157-167.
5. Zaitsev D.A., Shmeleva T.R. L'Évaluation de Temps de Réponse d'Ethernet Échangée via le Modèle Net Petri Coloré // Proc. de la Multiconférence internationale de L'est du Milieu de la Simulation et du fait de Modeler, le 28-30 août 2006. - Alexandrie (Égypte). - 2006. - P. 68-77.