

# SMIL-Net:modélisation formelle de présentations multimédias SMIL

BELKHIR Abdelkader\* et BOUYAKOUB-SMAIL Samia\*

\* *USTHB, Faculté d'Electronique et Informatique, Département Informatique  
BP 32 El-Alia – Alger - ALGERIE*

**belkhir@wissal.dz**

**bouyakoub.s@gmail.com**

**Résumé :** Depuis son apparition, le langage SMIL suscite un intérêt croissant, notamment dans le cadre de l'édition de documents multimédias synchronisés. Le standard SMIL, tel qu'il a été défini par le W3C, est un langage de description de documents multimédias synchronisés. L'aspect temporel est donc un point crucial pour de telles présentations. En plus de la dimension temporelle, SMIL intègre la dimension hyper temporelle. La complexité de la synchronisation temporelle et hyper temporelle des présentations SMIL rend difficile voire impossible de garantir la validité d'un scénario en se basant sur des méthodes informelles ou empiriques. Cet article présente un modèle formel pour les présentations SMIL baptisé SMIL-NET. Ce modèle permet de formaliser et valider des présentations SMIL ce qui contribue à leur production et diffusion.

**Mots clés:** Modélisation formelle, Réseaux de Pétri, SMIL, vérification de la cohérence.

## INTRODUCTION

De nos jours, la notion de document multimédia est devenue de plus en plus répandue et utilisée dans différents domaines. Ces documents sont caractérisés par l'intégration et la synchronisation de plusieurs médias (son, vidéo, image,...). Le standard SMIL [HOS 98] défini par le W3C (World Wide Web consortium) est un langage de description de documents multimédias synchronisés. L'aspect temporel est donc un point crucial pour de telles présentations. Ce langage permet aussi d'intégrer d'autres informations d'ordre spatial, hypermédia et des Meta informations.

Dans le cadre de l'hypermédia, l'apport majeur du langage SMIL est l'introduction de la notion de lien temporel i.e. un lien activable dans un intervalle temporel. Un modèle temporel pour le langage SMIL devrait permettre de représenter, en plus des éléments de synchronisation temporelle, les liens temporels associés aux éléments de la présentation.

La complexité de la problématique de la synchronisation multimédia est telle qu'il est nécessaire de développer des techniques de modélisation formelle adaptées aux besoins de telles applications. Un modèle formel pour les documents SMIL doit répondre, en plus des besoins classiques

des systèmes multimédias, aux besoins spécifiques issus des comportements temporels propres à ce langage [SAM 03].

Partant de la considération que les réseaux de Pétri offrent un des cadres formels les plus complets pour la modélisation de la synchronisation multimédia [SEN 95] [SEN 96a] [SEN 96b], nous avons adopté ce formalisme comme modèle de base, et nous nous sommes intéressés aux extensions temporelles qui lui ont été apportées. Dans le cadre du multimédia, les réseaux de Petri se prêtent bien à la modélisation des composants séquentiels et parallèles d'un document multimédia, ainsi que leurs interactions. Cependant, un réseau de Petri classique ne peut pas modéliser la composante temporelle essentielle pour la modélisation de la synchronisation multimédia. Pour cela, des extensions temporelles du modèle réseau de Petri ont été proposées [SEN 95][SEN 96a][YAN 00][HUI 02] afin d'enrichir le modèle de base par l'introduction d'une dimension temporelle lui permettant ainsi de modéliser le temps.

Des extensions temporelles des réseaux de Petri ont été utilisées pour modéliser des présentations SMIL [YAN 00][HUI 02]; Cependant, leur étude a montré qu'aucun de ces modèles ne permet de modéliser de manière complète et unifiée les contraintes de synchronisation temporelle et hyper-temporelle du langage SMIL [SMA 04], ce qui nous a

poussé à proposer un nouveau modèle, basé sur les extensions temporelles des réseaux de Petri, permettant de modéliser ces différents aspects.

Cet article présente un nouveau modèle, baptisé SMIL-Net, et définit des techniques de vérification qui lui sont associés. Nous décrivons le modèle SMIL-Net en section 1. La section 2 définit formellement le modèle proposé. La section 3 décrit le processus de modélisation d'une présentation SMIL en SMIL-Net. La section 4 caractérise les situations d'incohérence temporelles dans SMIL et présente les mécanismes de vérification permettant de détecter ces situations sur la base du SMIL-Net. La section 5 aborde la vérification de la cohérence des liens temporels et les mécanismes associés. Nous terminons par une conclusion synthétisant les contributions du modèle proposé.

## 1. SMIL-Net

Le modèle proposé, nommé SMIL-Net, permet la modélisation aisée et unifiée des aspects temporels et hyper-temporels d'un document SMIL [SMA 04].

SMIL-Net est un modèle formel basé sur les extensions temporelles des réseaux de Pétri. Nous adoptons l'approche P-Temporelle, qui consiste à associer les éléments temporels aux places du réseau de Pétri. Nous associons donc, à chaque place du réseau, un triplet  $[X_i, N_i, Y_i]$  (appelé *intervalle de validité temporelle*, abrégé en IVT) représentant, respectivement, le délai minimal, nominal et maximal associés à la présentation d'un objet ou à l'activation d'un lien.

Un SMIL-Net est composé d'arcs, de transitions et de places temporisées.

### 1.1. Les places

On distingue trois types de places dans SMIL-Net:

#### 1.1.1. La place ordinaire :

Cette place modélise un élément multimédia de base et la durée intrinsèque inhérente au média (nulle pour un média discret).

#### 1.1.2. La place lien :

Cette place modélise un lien de navigation dans la présentation SMIL (éléments *a* et *anchor*, *area* dans SMIL 2.0). Un intervalle de validité temporelle est associé à cette place selon les bornes de validité spécifiées par l'auteur, avec une date nominale indéterminée (puisqu'il s'agit d'une action de l'utilisateur).

#### 1.1.3. La place virtuelle :

Cette place permet de modéliser des décalages temporels induits par les attributs de synchronisation (*begin*, *end*, *dur*).



Figure 1. Les places de SMIL-Net

### 1.2. Les jetons

Le modèle proposé introduit une différenciation entre les jetons. On distingue deux catégories de jetons :

- Les jetons d'état permettant de définir l'état d'une place.
- Les jetons de contrôle permettant de véhiculer une information de contrôle.

#### 1.2.1. Les jetons d'état

Les jetons sont de deux types:

- Les jetons d'activation: l'arrivée (ou la présence) d'un tel jeton dans une place quelconque active la place en question, et active l'objet associé à cette place.
- Les jetons de pause: la présence de ce jeton dans une place la met dans l'état suspendu, il suspend l'exécution de l'élément en question jusqu'au retour à l'état actif.

#### 1.2.2. Les jetons de contrôle

Les jetons de contrôle sont des jetons virtuels dont le rôle est de transmettre une information de contrôle. Ces jetons sont véhiculés par les arcs virtuels, et ne sont jamais déposés dans les places du SMIL-Net. Les jetons de contrôle sont de deux types :

- Le jeton pause/resume: ce jeton permet de suspendre un élément actif, ou de reprendre l'exécution d'un élément suspendu.
- Le jeton kill : ce jeton permet d'arrêter les flux en retard, en neutralisant le premier jeton actif rencontré.

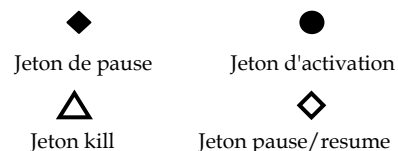


Figure 2. Les jetons de SMIL-Net

### 1.3. Les arcs

Le modèle SMIL-Net dispose des types d'arcs suivants:

#### 1.3.1. L'arc simple :

Il se comporte comme un arc ordinaire d'un RDP classique lorsqu'il est franchi en sens normal. Lorsqu'il est parcouru par un jeton de contrôle en sens inverse il se comporte comme un arc virtuel.

#### 1.3.2. L'arc virtuel :

Véhicule l'information de contrôle renfermée dans les jetons de contrôle. Il ne dépose pas de jetons dans les places cibles.

#### 1.3.3. L'arc dynamique :

Modélise le franchissement des liens de navigation.

#### 1.3.4. L'arc maître :

Désigne la place qui contrôle le franchissement

d'une transition Maître.

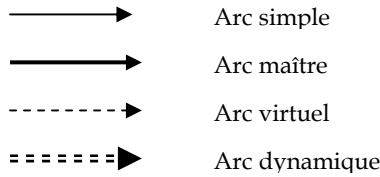


Figure 3. Les arcs de SMIL-Net

1.4. Les transitions

L'ensemble des transitions de SMIL-Net est un sous-ensemble des 9 sémantiques de synchronisation du modèle RDPFT [SEN 95] [SEN 96a] [SEN 96b]:

1.4.1. La transition simple :

Représente la sémantique de synchronisation "et-faible". Cette transition sera franchie lorsque toutes les places d'entrée de cette transition seront actives, et auront des jetons débloqués.

1.4.2. La transition Maître :

Représente la sémantique de synchronisation "ou-maître". Cette transition sera franchie dès que la place associée à l'arc maître (ou dynamique) sera active et aura un jeton débloqué.

1.4.3. La transition First :

Représente la sémantique de synchronisation "ou-fort". Cette transition sera franchie dès qu'une quelconque de ses places d'entrée sera active et aura un jeton débloqué.

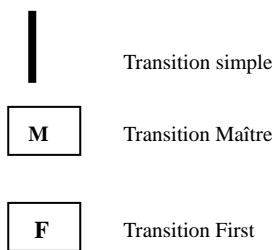


Figure 4. Les transitions de SMIL-Net

Les transitions du SMIL-Net peuvent émettre des jetons de contrôle transmis sur des arcs virtuels. Dans le cas des transitions First et Maître, cette information permet de mettre fin aux flux en retard suite au franchissement de ces transitions.

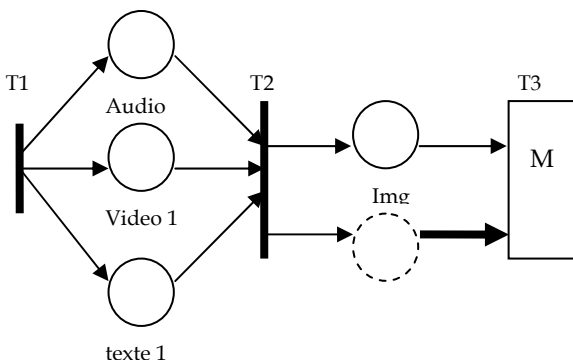


Figure 5. Un exemple de SMIL-Net

Un exemple de réseau SMIL-Net est donné par la figure 5 où : T2 sera franchie une fois le délai associé à toutes ses places d'entrée écoulé, et T3 sera franchie dès l'écoulement du délai associé à la place virtuelle 'dur' reliée à un arc maître, indépendamment de l'état de la place 'img'.

2. Définition formelle de SMIL.NET

Nous présentons dans ce qui suit une définition formelle de l'extension temporelle des réseaux de Pétri proposée, baptisée SMIL-Net.

Un SMIL-Net est un n-uplet:

( P , T , Pré , Post , M0 , A , IVT , TT , TP , E , TA ), avec:

– ( P , T , Pré , Post , M0 ) représente un réseau de Petri classique défini par un ensemble de places P, un ensemble de transitions T, une fonction d'incidence avant 'Pré' reliant les transitions aux places, une fonction d'incidence arrière 'Post' reliant les places aux transitions, et le marquage initial M0 du réseau.

– A est l'ensemble des arcs du réseau,

– IVT est la fonction qui associe un intervalle de validité temporelle à chaque place du réseau, cette fonction est définie de la façon suivante:

$$IVT: P \rightarrow \{Q^+ \cup \{*\} \} \times \{Q^+ \cup \{*\} \} \times \{Q^+ \cup \{*\} \}$$

$$\forall P_i, i=1..N \in P, IVT ( P_i ) = [ X_i, N_i, Y_i ],$$

Où: Q<sup>+</sup> dénote l'ensemble des nombres rationnels positifs, et la valeur \* exprime l'indéterminisme des éléments.

– TT est la fonction de typage des transitions, elle associe une sémantique de synchronisation à chaque transition du SMIL-Net. Elle est définie de la façon suivante:

$$TT: T \rightarrow \{ S , F , M \}$$

Où: S est la transition simple, F est la transition First et M est la transition Maître,

– TP est la fonction de typage des places du réseau, elle est définie de la façon suivante:

$$TP: P \rightarrow \{ \text{ordinaire, virtuelle, lien} \}$$

– E est la fonction déterminant l'état des places, cette fonction est définie de la façon suivante:

$$E : P \rightarrow \{ \text{Suspendue, Active, Inactive} \}$$

– TA est la fonction de typage des arcs du réseau, cette fonction est définie de la façon suivante:

$$TA : A \rightarrow \{ \text{Simple, Virtuel, Dynamique} \}$$

De plus, on associe à chaque place du réseau une horloge locale responsable du calcul des délais associés à la place. Une horloge globale est associée à tout SMIL-Net afin de vérifier les contraintes de synchronisation globales du modèle.

### 3. Modélisation d'un document SMIL

Le processus de traduction de documents SMIL suppose que le document source est syntaxiquement correct (au sens XML). Dans cette étude, nous nous intéressons aux aspects temporel et hypermédia d'un document SMIL.

Trois éléments de synchronisation temporelle doivent être modélisés par SMIL-Net: les éléments de composition temporelle *<seq>* et *<par>*, les éléments multimédias de base, et les attributs de synchronisation (*begin*, *end*, *dur*, *endsync* pour le groupe *<par>*). Dans le cadre de l'hypermédia, la navigation au sein d'un document SMIL est définie à l'aide des éléments *a* et *anchor* (ou *area* dans SMIL2.0).

Nous détaillerons dans ce qui suit le processus de conversion associé à chacun des éléments cités.

#### 3.1. Modélisation des éléments multimédias de base

Un élément multimédia sera modélisé dans le SMIL-Net par une place ordinaire dont la durée nominale correspond à la durée intrinsèque de l'objet, une transition de début Td et une transition de fin Tf.

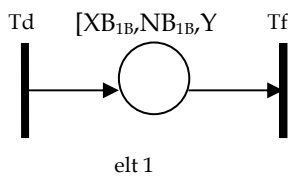


Figure 6. Modélisation d'un élément multimédia.

#### 3.2. Modélisation de l'élément <seq>

L'élément *<seq>* définit une séquence d'éléments joués les uns après les autres. Les éléments fils de *<seq>* formant un enchaînement temporel séquentiel, la transition de fin d'un élément sera confondue avec la transition de début de l'élément suivant dans le modèle SMIL-Net associé. Le début de l'élément *<seq>* correspond au début de son premier fils, et sa fin correspond à la fin de son dernier fils.

La représentation d'un élément *<seq>* ayant deux éléments fils *elt1* et *elt2* est donnée par le SMIL-Net de la figure 7, où: T1 représente la transition de début du bloc *<seq>*, et de *elt 1*. T2 représente la transition de fin de *elt 1*, et de début de *elt 2*. T3 représente la transition de fin de *elt 2*, et du bloc *<seq>*.

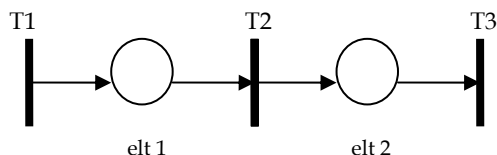


Figure 7. Modélisation de l'élément <seq>

Les éléments fils du groupe *<seq>* pouvant être à leur tour des éléments composites, les situations d'imbrication sont traitées par récursivité.

#### 3.3. Modélisation de l'élément <par>

L'élément *<par>* définit un groupe d'éléments qui peuvent être joués simultanément. Par conséquent, les éléments fils de ce groupe doivent être compris entre les transitions de début et de fin du groupe *<par>*.

Comme pour le groupe *<seq>*, le groupe *<par>* peut, à son tour, contenir des éléments composites, la modélisation se fait alors de manière récursive.

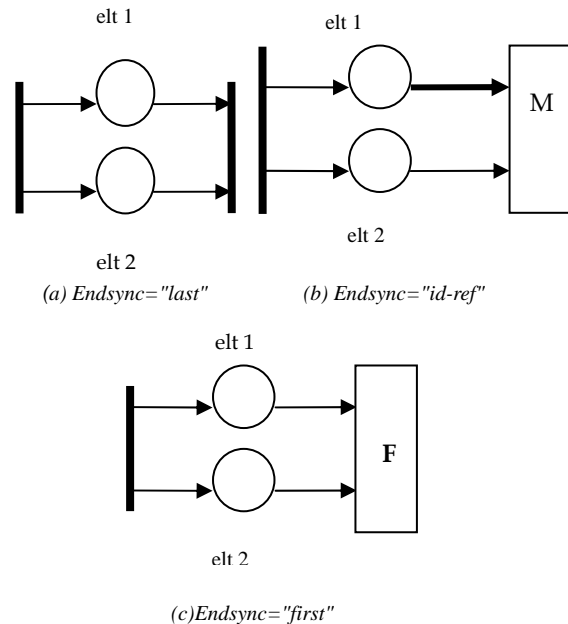


Figure 8. Modélisation de l'élément <par> pour les différentes valeurs de l'attribut "endsync"

Selon la valeur de l'attribut *endsync*, l'élément *<par>* admet trois sémantiques différentes:

- Lorsque *endsync="last"* (comportement par défaut), l'élément *<par>* se termine lorsque tous ses éléments fils seront terminés. Par conséquent, le franchissement de la transition de fin de l'élément *<par>* doit se faire lorsque tous ses éléments fils seront terminés, ce qui correspond au comportement associé à la transition simple.
- Lorsque *endsync="first"*, l'élément *<par>* se termine dès la fin d'un de ses fils. La transition de fin de l'élément *<par>* sera donc franchie dès la fin d'un des fils de cet élément, ce qui correspond à règle de franchissement associée à la transition *First*.
- Lorsque *endsync="id-ref"* où *id-ref* fait référence à un des éléments fils de l'élément *<par>*, la fin du *<par>* est conditionnée par la fin de l'élément fils désigné par *id-ref*. Dans ce cas, le franchissement de la transition de fin du bloc *<par>* se fait dès la fin de l'élément "id-ref", ce qui correspond à une transition Maître avec "id-ref" comme élément maître.

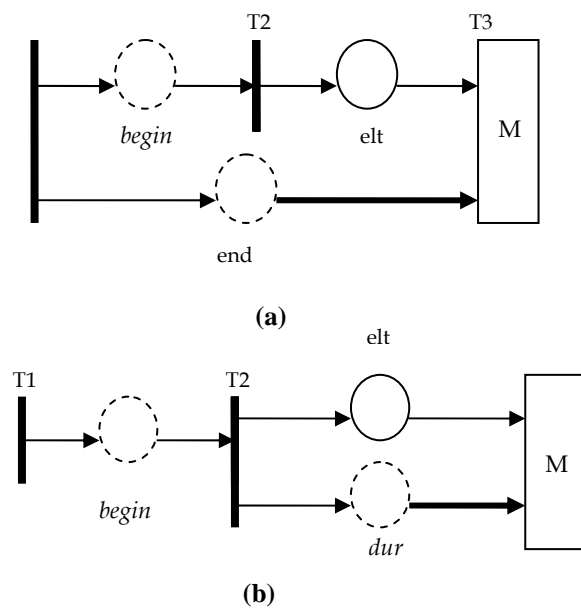
#### 3.4. Modélisation des attributs de synchronisation

Les attributs de synchronisation *begin*, *end* et *dur* permettent de modifier le comportement temporel de l'élément simple ou composite auquel ils sont associés.

L'attribut *begin* permet d'associer un décalage temporel au début de la présentation d'un élément. Il sera donc modélisé par une place virtuelle dont la durée est égale à la valeur de l'attribut, et qui précédera le début de l'élément associé.

L'attribut *end* permet de forcer la terminaison d'un élément, il sera modélisé par une place virtuelle dont la durée est égale à la valeur de cet attribut, et une transition de type *Maître*.

L'attribut *dur* permet de déterminer la durée d'un élément simple ou composite. Il sera modélisé par une place virtuelle dont la durée est égale à la valeur de l'attribut *dur*, dont la transition de début est la transition de début de l'élément, et la transition de fin la transition de fin de l'élément. La transition de fin sera de type *Maître* afin de forcer la terminaison de l'élément à la durée spécifiée.



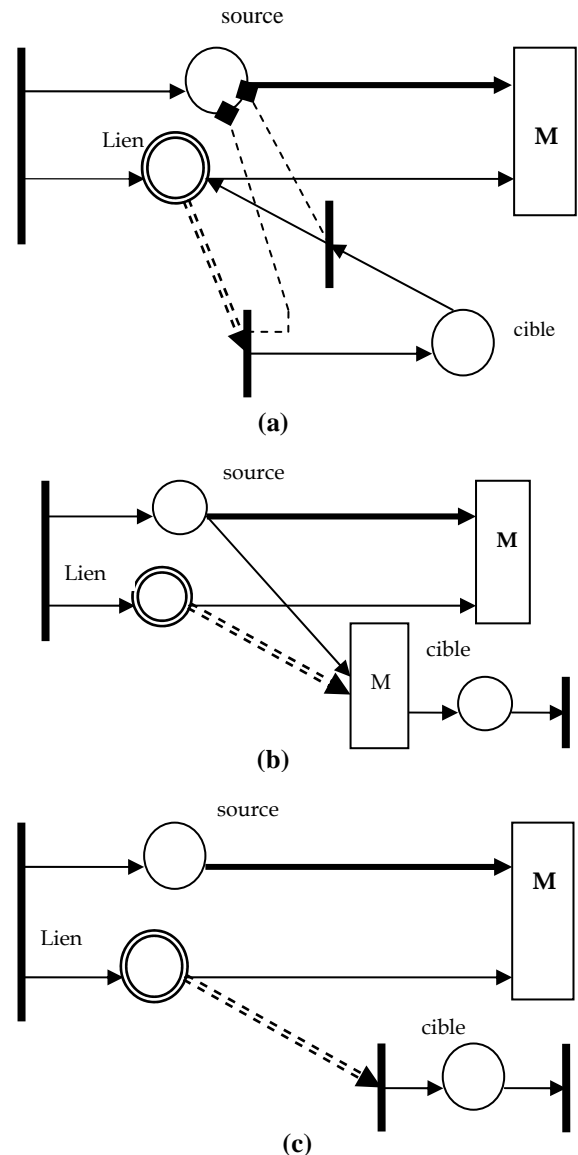
**Figure 9.** Modélisation des attributs temporels  
(a) association des attributs *begin* et *end*  
(b) association des attributs *begin* et *dur*

Les attributs de synchronisation peuvent être combinés afin de décrire des comportements plus complexes. Quelques cas de synchronisation possibles sont illustrés par la figure 9.

### 3.5. Modélisation de l'élément a

L'élément *a* définit un lien de navigation qui peut être activé par l'un de ses éléments fils sans influencer leur synchronisation. L'ancre de navigation *a* sera modélisé dans le SMIL-Net par une place lien avec un intervalle de validité temporelle  $[0, *, "durée\ source"]$ , ce qui signifie que si la place reçoit un jeton de pause (pour la première fois) à l'instant  $t$ , elle devient immédiatement sensible aux interactions, et le restera jusqu'à l'instant  $t + durée\ source$ , ou bien jusqu'à ce que le jeton soit neutralisé. La place lien est reliée à la place cible par un arc dynamique. L'activation du lien par l'interaction de l'utilisateur durant l'intervalle de validité temporelle associé à la place lien transforme

l'arc dynamique en arc simple, ce qui permet de lancer la cible du lien.



**Figure 10.** Modélisation de l'ancre *a* de SMIL  
(a) *show*="pause" (b) *show*="replace" (c) *show*="new"

Selon la valeur de l'attribut "*show*", l'élément *a* peut avoir l'un des trois comportements suivants:

- *Pause*: l'activation du lien suspend le composant source pendant l'exécution du composant cible, et permet de reprendre le composant source à partir de son point d'arrêt dès la fin de l'élément cible. Ce comportement est modélisé par la figure 10-a. Le rôle de l'arc virtuel ici est double: il permet, d'une part, de suspendre le composant source lors du franchissement du lien de navigation (exécution de l'élément cible), et de reprendre l'exécution de l'élément source dès l'arrêt de l'élément cible. Le processus de modélisation suppose que les états des éléments multimédias de la présentation (places du SMIL-Net) disposent d'une mémoire, permettant de reprendre l'exécution du média à son point d'arrêt. Notons aussi que l'horloge locale associée au média (responsable du respect des délais d'exécution) est suspendue durant l'intervalle de *pause* de la place.

– *Replace*: le composant cible remplace le composant source, le composant source est donc arrêté. Ceci est modélisé par la figure 10-b où l'activation du lien provoque l'arrêt de la présentation de l'élément source, et de la présentation.

– *New*: le composant cible commence dans un nouveau contexte, sans influencer le composant source. Ce cas sera modélisé par le SMIL-Net de la figure 10-c où l'élément cible s'exécute de manière autonome et indépendante du composant source.

### 3.6. Modélisation de l'élément anchor (ou area)

Contrairement à l'élément *a* qui fait référence à un objet, l'élément *anchor* (ou son équivalent *area* dans SMIL 2.0) permet de spécifier des sous-parties spatiales et/ou temporelles pouvant être sélectionnées pour activer un lien de navigation.

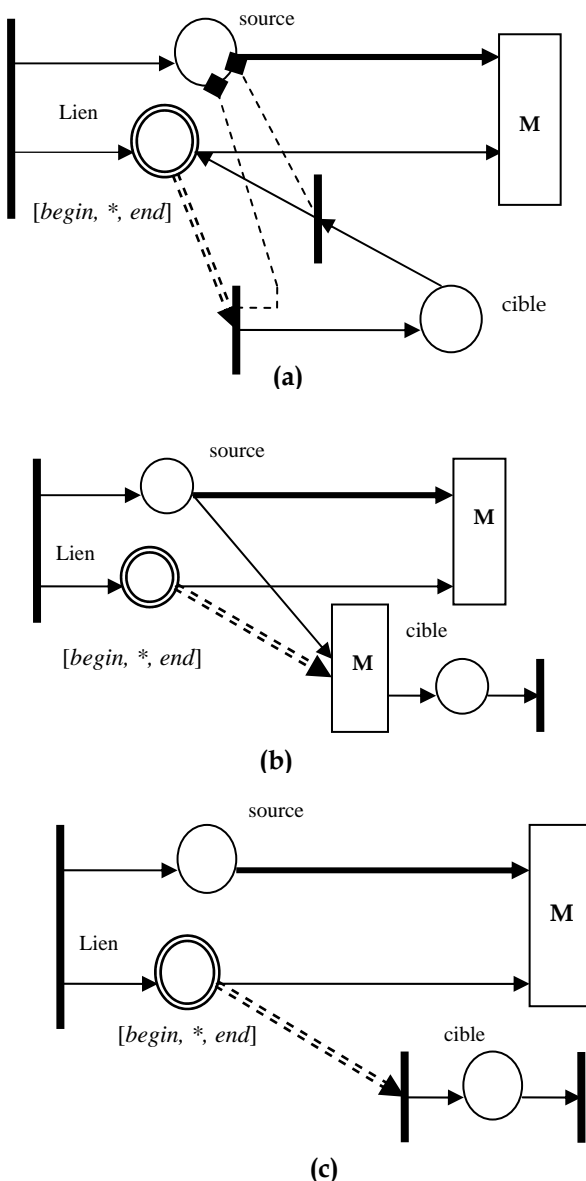


Figure 11. Modélisation de l'élément anchor de SMIL  
(a) *show="pause"*, (b) *show="replace"*, (c) *show="new"*

Le comportement temporel d'un élément *anchor* défini par une région spatiale est semblable au comportement de l'élément *a* (puisque'il est sensibilisé tout le long de l'intervalle temporel associé à l'objet).

Le comportement de l'élément *anchor* délimité par les attributs *begin* et *end* est semblable au comportement associé à l'élément *a*, en modifiant l'intervalle de validité temporelle de la place lien, permettant de délimiter l'intervalle de sensibilisation du lien (intervalle dans lequel le lien peut être activé).

L'intervalle de validité temporelle associé à un élément *anchor* est délimité par les valeurs *begin* et *end*, avec une durée nominale inconnue (notée '\*'). En d'autres termes, si l'élément *anchor* est défini par des attributs *begin* et *end*, la place lien associée aura un intervalle de validité temporelle égal à  $[begin, *, end]$ , ce qui signifie que si la place reçoit un jeton de pause à l'instant  $t$  elle ne sera sensibilisée que pendant l'intervalle  $[t+begin, t+end]$ , sauf si le jeton lui est retiré avant la date  $t+end$ .

Par défaut, si les valeurs des attributs *begin* et/ou *end* ne sont pas spécifiées, on reprend les mêmes valeurs que pour l'élément *a* ( $begin=0, end=duration\ source$ ).

Tout comme l'élément *a*, l'élément *anchor* définit trois comportements différents selon la valeur de l'attribut *show*. Ces comportements sont identiques à ceux définis ci-dessus pour l'élément *a*, en tenant compte de l'intervalle de validité temporelle de l'élément considéré.

Le SMIL-Net correspondant à chaque valeur de l'attribut *show* est donc identique aux cas illustrés par la figure 10, en associant à chaque place lien un intervalle de validité temporel délimité par les valeurs des attributs *begin* et *end* (voir figure 11).

## 4. Vérification de la cohérence temporelle sur la base du SMIL-Net

Une incohérence temporelle est la conséquence de la définition de relations de synchronisation temporelle qui ne peuvent être satisfaites simultanément au moment de la présentation. Les recherches menées en [YAN 00] ont montré que les incohérences temporelles en SMIL peuvent être définies comme des situations de conflit entre les valeurs d'attributs temporels associés aux éléments de la présentation.

Deux situations de conflit temporel peuvent se présenter dans un document SMIL [YAN 00]:

### 4.1. Le conflit temporel intra-élément :

Cette situation est due à un conflit entre les valeurs des attributs temporels associés au même objet. Cette situation est détectée dans le SMIL-Net par la présence d'une transition Maître ayant en entrée deux arcs Maîtres, ce qui est incohérent par rapport à la définition du modèle. Ce type d'incohérence peut être corrigé par le modèle, en appliquant la convention de

la spécification SMIL [AYA 01] [HOS 98] suivante: "Un élément multimédia possédant un temps de début explicite, une durée et un temps de fin explicite, a un temps de fin égal au minimum entre le temps de fin explicite et la somme (temps de début + durée)". En appliquant cette convention, nous retiendrons dans le SMIL-Net l'arc *Maître* induisant le plus petit temps de fin, l'autre arc *Maître* ainsi que la branche associée seront inhibés.

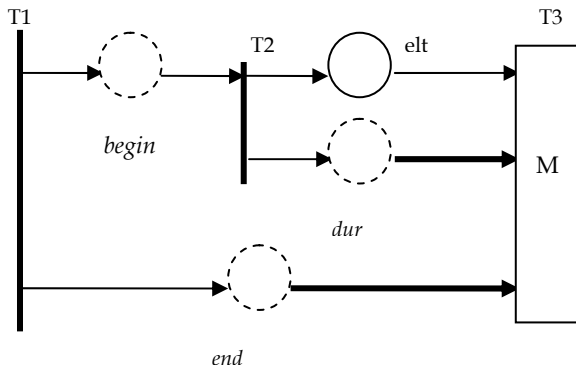


Figure 12. Détection du conflit temporel intra-élément

#### 4.2. Le conflit temporel inter-éléments :

Le conflit temporel inter-éléments correspond à une situation d'incohérence temporelle entre deux éléments différents d'une présentation [YAN 00]. Ce cas de conflit est plus difficile à détecter que le cas précédent, puisqu'il met en jeu plusieurs éléments. La détection d'une situation de conflit inter-éléments nécessite l'analyse de toutes les relations de synchronisation entre les éléments de la présentation.

La vérification de la cohérence temporelle sur la base du SMIL-Net est basée sur l'analyse de la progression temporelle des transitions du réseau. Afin de procéder à la vérification des propriétés temporelles, il est nécessaire de calculer les dates nominales de franchissement des transitions du réseau. Ce calcul s'effectue sur un SMIL-Net simplifié, où on ne garde que les informations purement temporelles de la présentation. Le processus de calcul des dates de franchissement des transitions comprend deux phases:

- Simplification du SMIL-Net en ne gardant que les informations temporelles.
- Calcul des dates de franchissement des transitions à partir du SMIL-Net simplifié.

##### 4.2.1. Simplification du SMIL-Net

La phase de simplification permet d'éliminer les informations non temporelles du réseau, en ne gardant que les relations temporelles entre les éléments du SMIL-Net. Les arcs dynamiques, les places lien (ainsi que les branches qui leur sont reliées) et les arcs virtuels seront ignorés par le processus de calcul.

##### 4.2.2. Calcul des dates nominales de franchissement des transitions

Le calcul des dates nominales de franchissement des transitions dépend du type de transition. Notons dans ce qui suit  $D(t)$  la date nominale de franchissement de la transition  $t$ .

- Transition simple: Cette transition sera franchie une fois le délai temporel associé à toutes ses places d'entrée écoulé. La formule de calcul est alors la suivante:

Soient:  $\{P_i, i=1..N\}$  l'ensemble des places en entrée de  $t$ ,  $Q_i$  la durée nominale de  $P_i$ ,  $X_i$  la date de franchissement de la transition précédente de  $P_i$ , Alors:

$$D(t) = \text{Max} \{ X_i + Q_i, i=1..N \}$$

- Transition First : Une transition First est franchie dès l'écoulement du délai temporel associé à l'une de ses places d'entrée. La formule de calcul de sa date nominale de franchissement est alors la suivante:

Soient:  $\{P_i, i=1..N\}$  l'ensemble des places en entrée de  $t$ ,  $Q_i$  la durée nominale de  $P_i$ ,  $X_i$  la date de franchissement de la transition précédente de  $P_i$ , Alors:

$$D(t) = \text{Min} \{ X_i + Q_i, i=1..N \}$$

- Transition Maître : Une transition Maître dépend du franchissement d'une place particulière possédant un arc de type Maître. La formule de calcul est la suivante:

Soient:  $P_m$  la place reliée à  $t$  par l'arc Maître,  $Q_m$  la durée nominale de  $P_m$ ,  $X_m$  la date de franchissement de la transition précédente de  $P_m$ , Alors:

$$D(t) = X_m + Q_m$$

Lorsque cette transition a en entrée deux ou plusieurs arcs Maîtres une incohérence est détectée.

##### 4.2.3. Détection du conflit temporel inter-éléments

Un conflit temporel inter-éléments sera caractérisé dans le modèle SMIL-Net par une violation du critère de progression temporelle (une transition qui a un temps nominal supérieur à une transition suivante). La détection de cette situation se fait en parcourant le SMIL-Net à partir de son état initial à la recherche des transitions en conflit. Les éléments associés à ces transitions seront identifiés comme responsables de l'incohérence.

#### 4.3. Vérification de la cohérence hyper-temporelle

La cohérence hyper-temporelle se rapporte aux liens temporels. Ces liens étant à la fois des ancres de navigation et des éléments temporels, la vérification de leur cohérence portera sur deux critères:

- Vérifier que le lien de navigation est cohérent.
- S'assurer que le franchissement du lien mène à une présentation cohérente.

##### 4.3.1. Vérification de la cohérence d'un lien

Un lien est dit cohérent lorsqu'il pointe sur un objet actif. Dans le cas d'un lien temporel, il s'agit de vérifier que l'objet source du lien est actif durant l'intervalle d'activation du lien. En d'autres termes:

Un lien  $L$  est dit cohérent ssi (4)  
 $IVT[L] \subseteq IVT[Source]$

Dans le cas de liens  $a$ , cette condition est toujours satisfaite, puisque le lien est actif durant tout l'intervalle temporel de l'élément source. Par contre, dans le cas de liens *anchor* ou *area* définis sur un sous intervalle temporel de l'élément source, une mauvaise définition des attributs *begin* et *end* peut mener à une situation d'incohérence.

### 4.3.2. Vérification de la cohérence de la présentation après le franchissement du lien

Il s'agit de s'assurer que le franchissement du lien ne mène pas à une situation d'incohérence temporelle. Dans le cas de liens externes, cela ne pose pas de problèmes d'incohérence car la navigation engendrée par ces liens est orthogonale à l'aspect temporel du document et donc ne crée pas d'incohérences. Dans le cas de liens locaux, il faut vérifier que le franchissement du lien ne crée pas d'incohérence temporelle dans la présentation. Pour cela, nous supposons l'activation du lien par l'utilisateur et le franchissement du lien local, il faut ensuite montrer que le SMIL-Net obtenu est temporellement cohérent en appliquant les méthodes de vérification précédemment définies. Si, lors de la vérification du réseau, une incohérence temporelle est détectée, alors le lien temporel sera dit incohérent.

## 5. Conclusion

SMIL-Net est un modèle permettant de spécifier et de vérifier formellement les contraintes de synchronisation temporelle et hyper-temporelle qui sont au cœur de la sémantique du langage SMIL. Les contributions apportées par ce modèle dans les domaines du multimédia et de l'hypermédia sont multiples. En particulier, on peut souligner les apports suivants:

- Le modèle SMIL-Net a un pouvoir de modélisation suffisant pour englober les aspects temporel et hyper-temporel d'un document SMIL, ce qui n'était pas possible avec les modèles précédents.
- Les techniques d'analyse développées pour le modèle SMIL-Net permettent de vérifier les propriétés temporelles et hyper-temporelles au sein du même modèle, ce qui évite le fossé conceptuel dû au recours à un modèle intermédiaire.
- Ce modèle introduit un nouvel état 'pause' au sein des réseaux de Pétri, permettant de modéliser les comportements temporels de certains liens de navigation dans SMIL.

En perspective, nous envisageons d'étendre le pouvoir d'expression du modèle SMIL-Net afin de prendre en charge l'ensemble des éléments du langage SMIL, et de réaliser un module de vérification de la cohérence sur la base du modèle théorique proposé.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [AYA 01] Ayars, J. Recommandation du W3C, "Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL 2.0)", en ligne à "<http://www.w3.org/TR/2001/REC-smil20-20010807/>", 07 août 2001.
- [HOS 98] P.Hoschka, Recommandation du W3C, "Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL) 1.0". En ligne à: <http://www.w3.org/TR/REC-smil1/>, 15 juin 1998.
- [HUI 02] Huiqun, Y., Xudong, H., Shu, G., Yi, D., "Modeling and analyzing SMIL Documents in SAM ", *Proceeding of IEEE Fourth International Symposium on multimedia software engineering (MSE'02)*, 2002.
- [SAM 03] P.N.M.SAMPAIO, "conception formelle de documents multimédias interactifs: une approche s'appuyant sur RT-LOTOS", Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse, avril 2003.
- [SMA 04] SMAIL.S "Système d'édition multimédia", Thèse de Magister, Université Houari Boumediene, Bab Ezzouar, Algérie, Décembre 2004.
- [SEN 95] Sénac, P., de Saqui-Sannes, P., Willrich, W. « Hierarchical Time Stream Petri Net: A Model for Hypermedia Systems », *proceedings of the International Conference On application and Theory of Petri Nets*. Torino; Italie, juin 1995.
- [SEN 96a] Sénac, P. "Contribution à la modélisation des systèmes multimédias et hypermédias", thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse, France. Juin 1996.
- [SEN 96b] Sénac P. et all. "Modelling logical and temporal synchronization in Hypermedia Systems", *IEEE journal on selected areas in communications*, janvier 1996.
- [YAN 00] Yang C.C., "Detection of the Time Conflicts for SMIL-based Multimedia Presentations", *Proceeding of 2000 International Computer Symposium (ICS2000)-Workshop on Computer Networks, Internet, and Multimedia*, Chiayi, Taiwan, 2000.