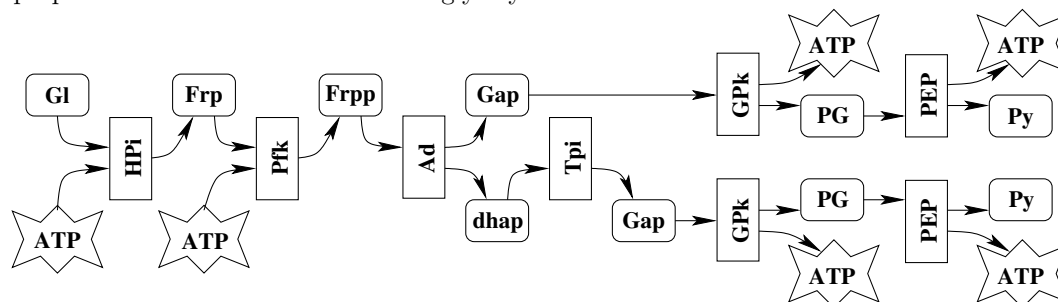


On se propose de modéliser en Biocham la glycolyse selon le schéma suivant :



On utilisera Biocham avec l'interface web disponible à l'adresse :

<http://lifeware.inria.fr/biocham/online/>

### Exercice 1: (Utilisation du simulateur booléen)

1. Ecrivez les 6 règles qui traduisent les six réactions enzymatiques.
2. Il est ensuite nécessaire de spécifier les caractéristiques du ou des états initiaux. On considèrera que toutes les enzymes sont présentes, qu'il n'y a pas de pyruvate et qu'il y a du glucose. Pour spécifier la présence ou l'absence d'une ou plusieurs espèces chimiques, Biocham propose la syntaxe suivante : `present(a)` . `absent(b)` . `present({a,b,c})` .
3. Simulez en booléen le système spécifié. Pour cela, on utilise l'interface graphique, puis sur le menu de droite, on sélectionne "Simulations". Que se passe-t-il ?
4. Corrigez et relancez.

### Exercice 2: (Utilisation des simulateurs stochastiques et différentiels)

1. Pour utiliser le simulateur stochastique, on sélectionne dans le menu de droite "Simulations" puis "ODE and stochastic simulation". On sélectionne ensuite "Gillepsie". Pourquoi la simulation s'arrête avant l'horizon en temps spécifié ?
2. Pour utiliser le simulateur différentiel, on utilisera la méthode "Runge-Kutta". Remarquez la similitude des courbes des simulations différentielles et stochastiques.

**Exercice 3: (Vérification de propriétés temporelles sur le modèle booléen)** Dans cet exercice, on considèrera d'abord que l'état initial est partiellement défini par :

`present({HPi, Pfk, Ad, Tpi, GPK, PEP})` . `present(Gl)` . `absent(Py)` .

Puisque il est possible de définir que partiellement l'état initial (les molécules peuvent être présentes, absentes ou bien leur présence n'est pas spécifiée), une formule CTL en Biocham sera toujours préfixée par un quantificateur sur l'état initial. Il y en a deux : `Ei` et `Ai` qui signifient respectivement "il existe un état initial" et "pour tout état initial".

On demandera à Biocham une requête de la forme : `check_ctl(Ei( une formule ctl ))` . ou de la forme : `check_ctl(Ai( une formule ctl ))` .

1. Ecrire en CTL la propriété : Pour tous les états initiaux contenant du Glucose, toutes les traces mèneront à un état avec Pyruvate.  
Pourquoi la formule est-elle évaluée à faux? Modifiez la formule pour dire que parmi les états initiaux, il en existe pour lesquels, toutes les traces mènent à un état avec du pyruvate.  
Modifiez la formule pour dire que pour les états initiaux, certaines traces mènent à un état avec du pyruvate.
2. Ecrire en CTL la propriété : Si l'état initial contient du Glucose, alors il existe des traces qui mèneront à un état sans ATP.
3. Ecrire en CTL la propriété : de tout état où il y a du glucose et de l'ATP, toutes les traces mènent à un état avec du pyruvate qui ne disparaîtra jamais.  
Pourquoi la formule est-elle évaluée à faux? Comment faut-il corriger la formule pour exprimer que le pyruvate est observé en bout de chaîne ?