

PLAN D'ATELIER « La simulation pour pallier le manque de données».

26 août 2025

Marc-André Ménard

marc-andre.menard@iid.ulaval.ca

Basé sur les travaux de Jean-Philippe Gagliardi

QUE FAISONS-NOUS DANS CET ATELIER :

Dans le cadre de cet atelier, nous vous proposons d'utiliser la simulation pour aider à la prise de décision dans une entreprise fabriquant de transformation de fruits en confitures. Cet exemple est simplifié mais permet de bien introduire l'utilisation de la simulation.

Nous étudions un processus de transformation qui, théoriquement, sort une unité aux 37 secondes
La ligne d'assemble est composée de 4 stations de travail : le tri, le lavage, la cuisson et l'emballage.

PLAN :

Préambule : comment fonctionne Simio

- 1) **Modélisation du scénario de base**
 - a) Design du modèle de base par glisser-déposer
 - b) Ajuster les propriétés du modèle de base (temps déterministes)
 - c) Valider que modèle fonctionne comme prévu
 - d) Lancer l'exécution
 - e) Présentation de l'onglet résultats
- 2) **Utilisation de temps non déterministes**
- 3) **Expérimentation : reproduire un scénario plusieurs fois pour tirer des conclusions**
- 4) **Amélioration du modèle à la suite d'une étude sur le plancher**
- 5) **Analyse de scénarios**

PRÉAMBULE (Aide à la fin de ce document) (10 minutes):

- a. OUVRIR SIMIO
- b. SI SIMIO AFFICHE L'OVERLAY D'AIDE APPUYER SUR TOUCHE H.
- c. Enregistrer le fichier sur votre ordinateur.
- d. BREF SURVOL DE L'INTERFACE POUR S'Y RETROUVER
 - i. CANEVAS DE DESIGN
 - ii. NAVIGATION DANS LE PROJET
 - iii. PROPRIÉTÉS

1) MODÉLISATION DU SCÉNARIO DE BASE

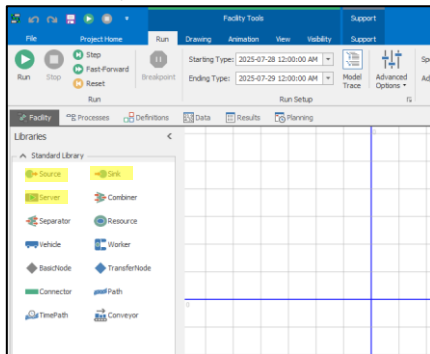
Pour rappel, nous sommes en présence d'une ligne de transformation de fruits qui comporte 4 stations : le tri, le lavage, la cuisson et la mise en pot. D'après les données de l'entreprise, la ligne sort une unité toutes les 37 secondes en moyenne.

La ligne fonctionne 24h / 24 et nous cherchons à évaluer la faisabilité d'une demande client de 6685 unités en 3 jours.

Nous modélisons donc le processus de transformation en se servant de données recueillies par l'entreprise au fil des années.

a) Design du modèle de base par glisser-déposer.

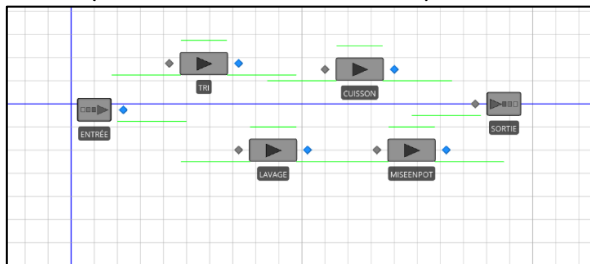
i) SOURCE (nommer la SOURCE « ENTRÉE »)



ii) 4 SERVEURS

iii) Nommer les SERVEURS : TRI, LAVAGE, CUISSON, MISEENPOT

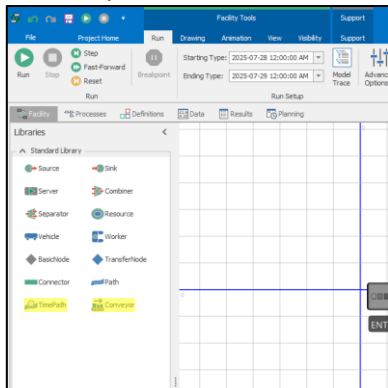
iv) 1 SINK (nommer le SINK « SORTIE »)



v) Lier la SOURCE au SERVEUR « TRI » à l'aide d'un TIMEPATH

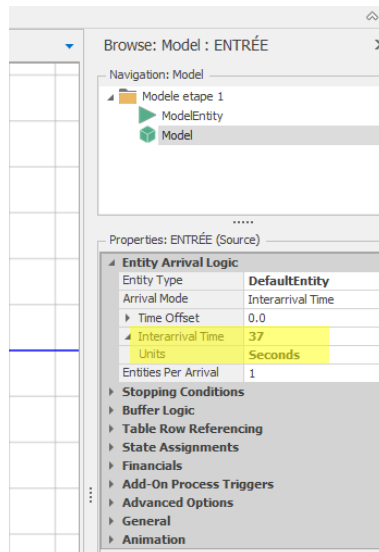
vi) Lier le SERVEUR « MISEENPOT » au SINK à l'aide d'un TIMEPATH

vii) Lier chaque SERVEUR au suivant à l'aide de 3 CONVOYEURS



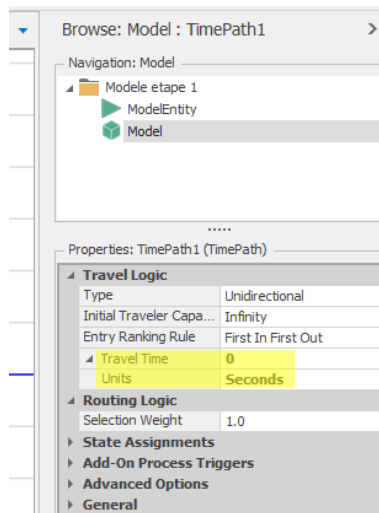
b) Ajuster les propriétés du modèle de base.

i) SOURCE : ENTRÉE : Interarrival Time = (37) secondes.

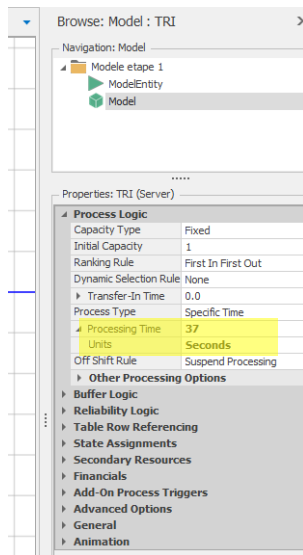


ii) TimePath1: Travel Time = 0

iii) TimePath2: Travel Time = 0

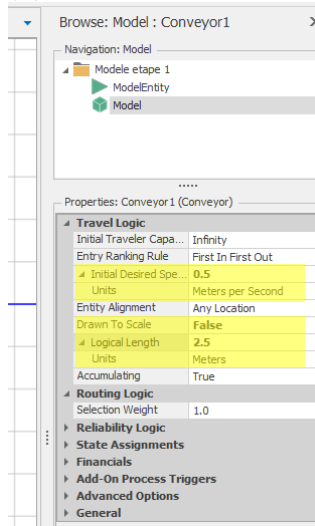


iv) 4 serveurs (TRI, LAVAGE, CUISSON, MISEENPOT) : Processing time déterministe (37) secondes



v) 3 convoyeurs : sélectionner les 3 en maintenant CTRL enfoncé :

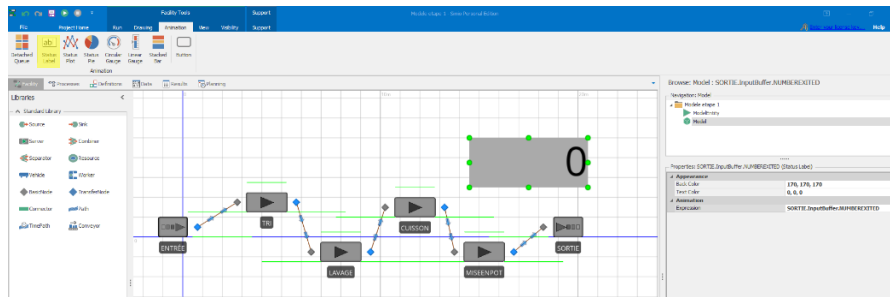
- (1) Vitesse de 0.5 mètre par seconde,
- (2) Drawn to scale = false,
- (3) logical length 2.5 mètres de longueur.
- (4) ACCUMULATING = TRUE



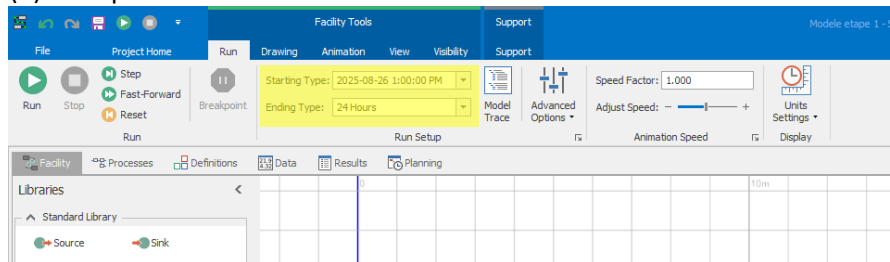
*****ENREGISTRER LE MODÈLE*****

c) Valider que le modèle fonctionne comme

- i) Ajouter un STATUS LABEL à partir de l'onglet ANIMATION :
 - (1) Appliquer le STATUS LABEL au SINK avec l'EXPRESSION :
SORTIE.INPUTBUFFER.NUMBEREXITED.



- ii) Changer les paramètres d'exécution (ONGLET RUN) :
- (1) Indiquer STARTING TYPE = "SPECIFIC: INDIQUER 26 août 2025 à 13H00.
 - (2) Indiquer ENDING TYPE = « RUN LENGTH" DE 24 HEURES.



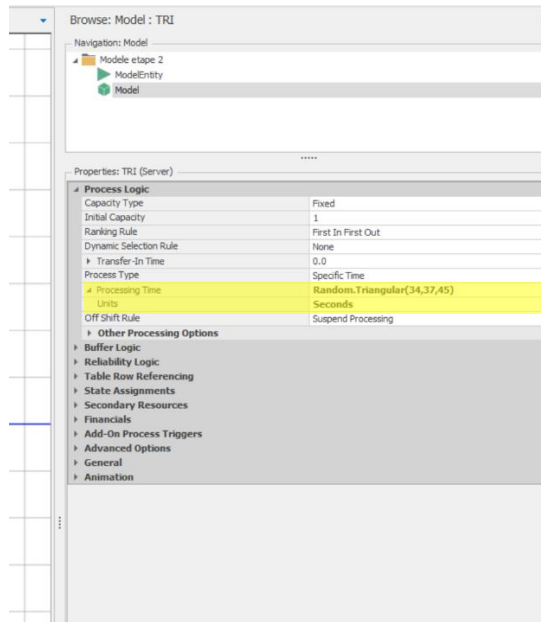
d) Lancer l'exécution 24 heures

e) Aller dans l'onglet RESULT : Résultat d'une exécution (RUN). Aide à vérifier notre modèle.

2) Utilisation de temps non déterministes

Après une étude sur le plancher, on note que chaque station de la ligne de transformation sort une unité toutes les 37 secondes en moyenne, selon une loi triangulaire (34,37,45). La distribution n'est donc plus déterministe. Est-ce que l'on peut accepter la commande de 6685 pièces en 3 jours?

- a) Retourner dans le modèle
- b) 4 serveurs (TRI, LAVAGE, CUISSON, MISEENPOT) : Processing time Random.Triangular(34,37,45) secondes



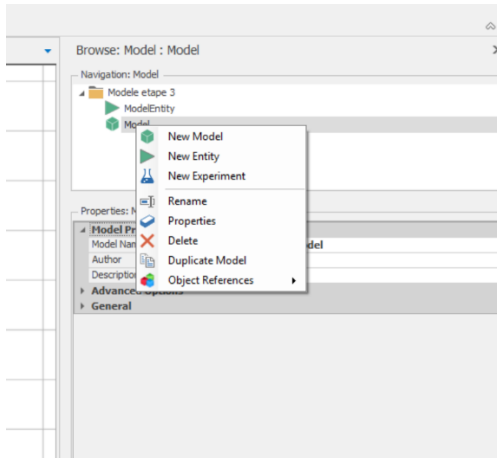
- c) Exécuter sur 72 heures

3) Expérimentation : reproduire un scénario plusieurs fois pour tirer des conclusions

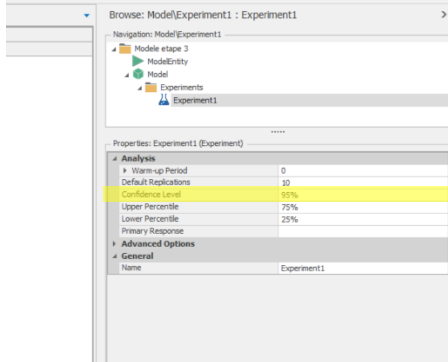
L'expérimentation est au cœur du processus de simulation. Elle permet de faire rouler le scénario plusieurs fois (réplications). On se base sur ces résultats pour prendre une décision.

a) CRÉER UNE NOUVELLE EXPÉRIENCE. METTRE LE NOMBRE DE RÉPLICATIONS À 30.

- i) Sélectionner le modèle dans la zone de navigation du projet (à droite de l'écran). Aller dans l'onglet « Project Home » et cliquer « new experiment ».



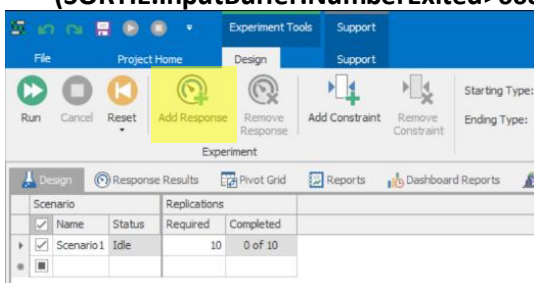
- ii) Dans les propriétés de base d'une expérience, on retrouve le niveau de confiance à utiliser pour calculer les intervalles de confiance autour des réponses. Fixer un niveau à notre convenance, typiquement 90 ou 95% sont appropriés.

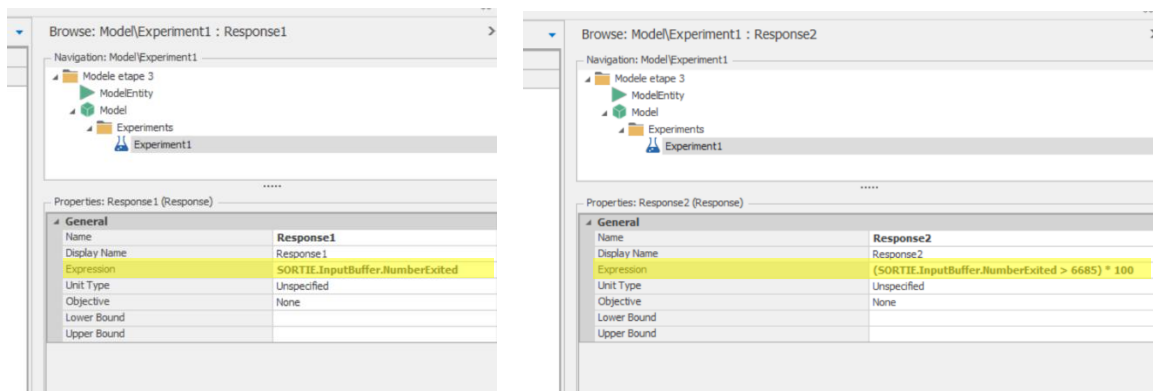


b) AJOUTER DEUX RÉPONSES :

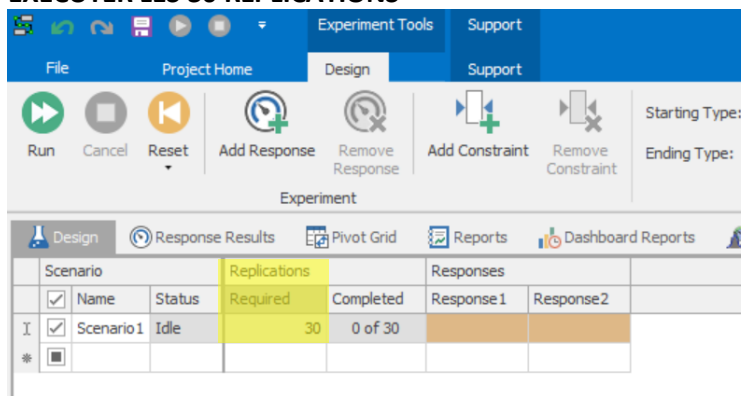
Nombre de sorties et pourcentage de réplications au-dessus de 6685 sorties.

- i) Nombre de sorties : expression : `SORTIE.InputBuffer.NumberExited`
- ii) Pourcentage de réplications au-dessus de 6685 : expression : $(\text{SORTIE.InputBuffer.NumberExited} > 6685) * 100$





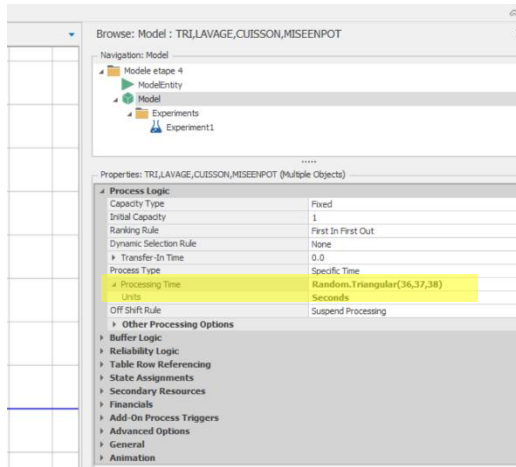
c) EXÉCUTER LES 30 RÉPLICATIONS



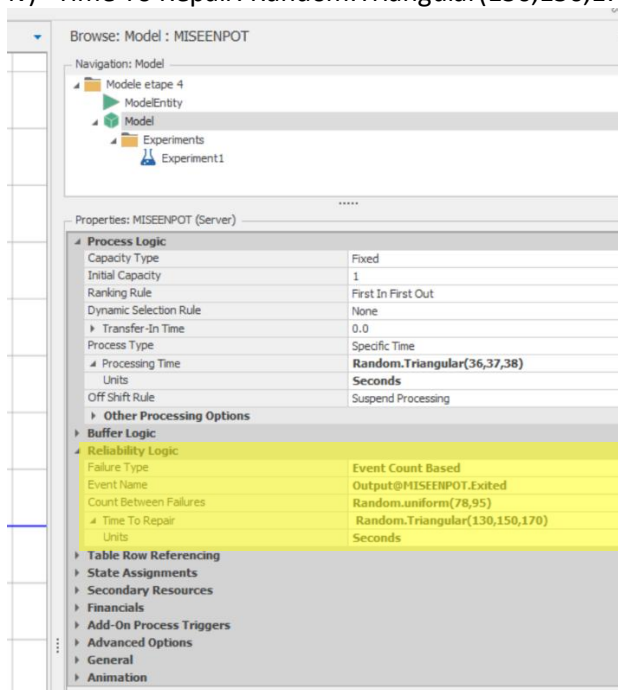
4) AMÉLIORATION DE LA MODÉLISATION À LA SUITE D'UNE ÉTUDE SUR LE PLANCHER

On retourne donc sur le plancher pour discuter avec les employés et comprendre pourquoi la variabilité des temps de production est si grande. On apprend qu'en fait, les temps de production pour chaque poste sont de 37 secondes pour chaque machine, mais qu'à la mise en pot, il y a des pannes qui surviennent.

- a) Serveurs (TRI, LAVAGE, CUISSON, MISEENPOT) : Processing time Random.Triangular(36,37,38) secondes

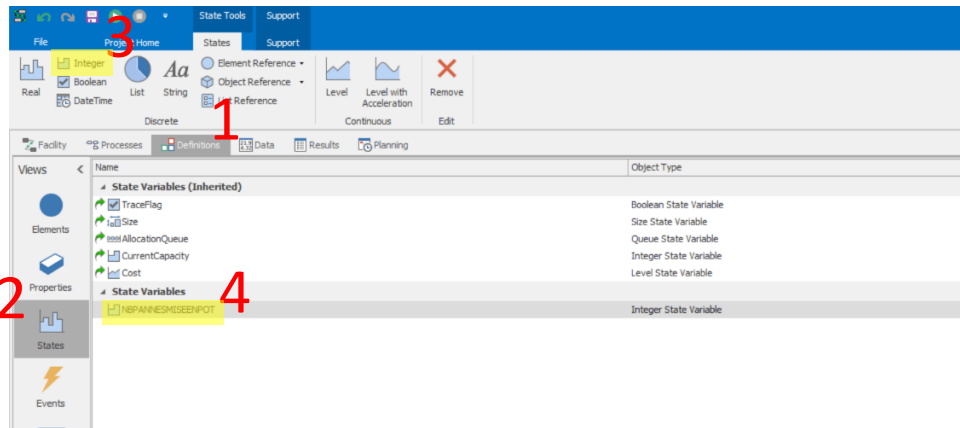


- b) La panne touche le serveur MISEENPOT
c) Sélectionner le serveur de MISEENPOT
d) Dans RELIABILITY LOGIC, indiquer :
- i) FAILURE TYPE : EVENTCOUNT BASED
 - ii) EVENT_NAME : [OUTPUT@MISEENPOT.EXITED](#)
 - iii) Count Between failures: Random.uniform(78,95)
 - iv) Time To Repair: Random.Triangular(130,150,170) secondes



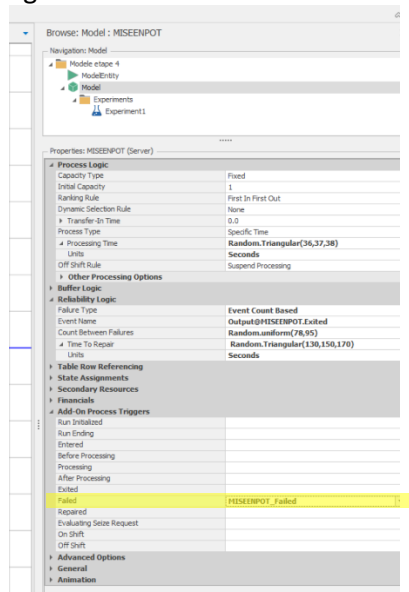
e) Créer la variable :

- Allez dans l'onglet « Definitions »
- Sélectionner la views « States » et créer une variable Integer ayant pour nom : NBPANNESMISEENPOT

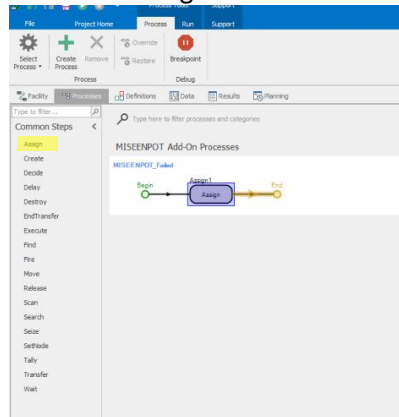


f) Ajouter un compteur de panne

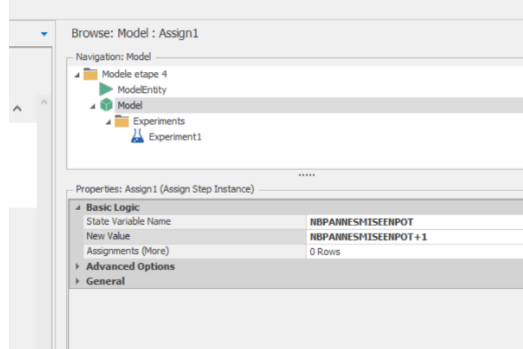
- Sélectionner le MISEENPOT
- Aller dans les add-On process triggers
- Dans la catégorie « Failed » ajouter un nouveau process « MISEENPOT_Failed » en utilisant la ligne « create new ».



- Aller dans l'onglet Process et dans le process « MISEENPOT_Failed » ajouter un step « Assign »



- v) Les paramètres du step Assign sont les suivants :
- (1) State Variable Name : NBPANNESMISEENPOT
 - (2) New Value : $\text{NBPANNESMISEENPOT} + 1$



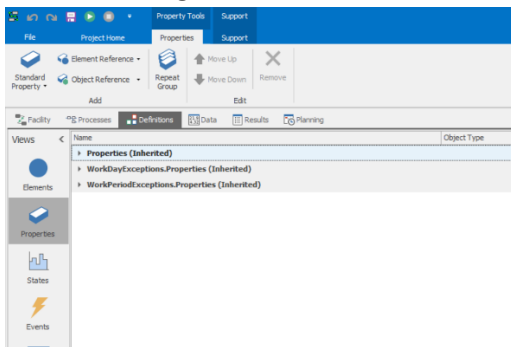
- g) Ajouter un Statuts Label avec pour expression NBPANNESMISEENPOT pour visualiser le nombre de panne
- i) Aller dans l'onglet expérimentations, et ajouter une nouvelle réponse : le nombre de pannes. Dans l'expression, indiquer : NBPANNESMISEENPOT

5) ANALYSE DE SCÉNARIOS

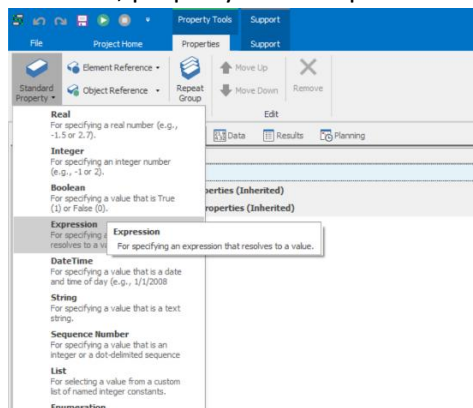
Nous cherchons à évaluer l'impact que nous pourrions avoir sur notre productivité en travaillant à l'amélioration des arrêts de production à l'étape de la mise en pot.

Nous allons également ajouter des propriétés (properties) qui permettront de mieux contrôler nos expériences.

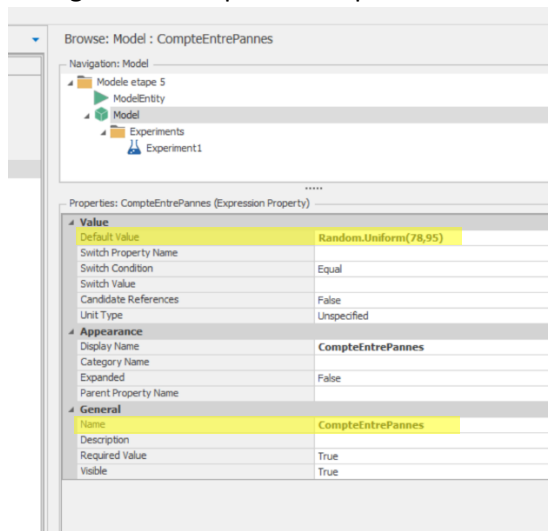
- a) Retourner dans le modèle
- b) Aller dans l'onglet DEFINITIONS



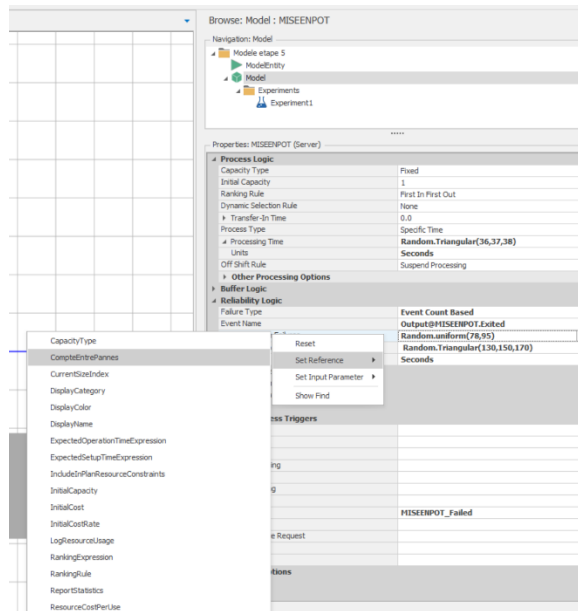
- c) Sélectionner PROPERTIES.
 - i) Standard, property : TYPE Expression



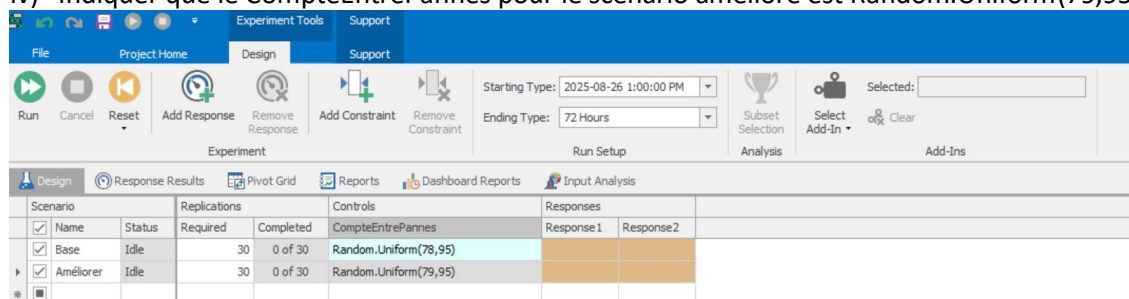
- ii) Name = CompteEntrePannes
- iii) Changer la valeur par défaut pour Random.Uniform(78,95)



- d) Retourner dans le modèle, cliquer sur serveur MISEENPOT
- e) Faire un clic droit sur l'étiquette de la propriété « count between failures » et choisir « set referenced property »



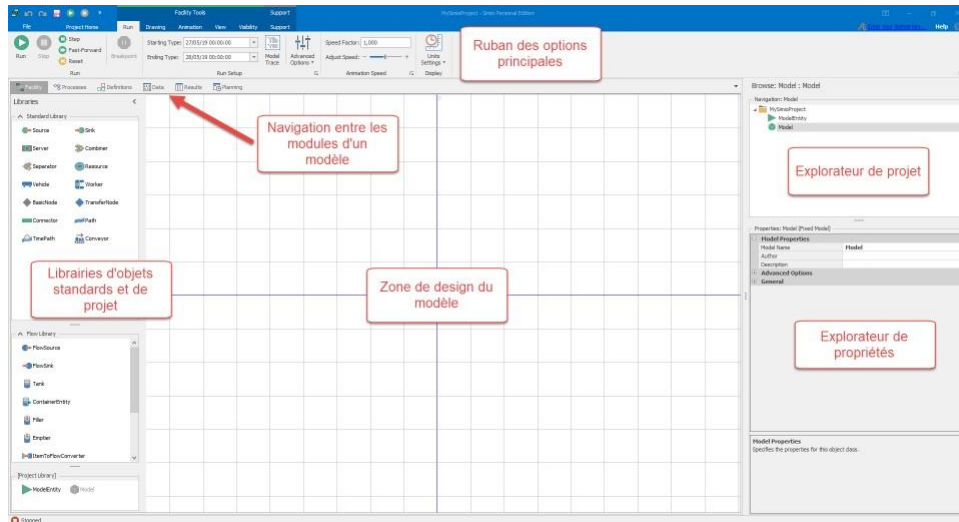
- f) Affecter compteEntrePannes.
 - i) Supprimer le scénario actuel et créer deux nouveaux scénarios : BASE et AMÉLIORÉ
 - ii) Indiquer 30 réplifications chacun
 - iii) En créant un nouveau scénario, Simio détecte nos propriétés et nous laisse paramétrer ces propriétés dans l'expérience. Cela nous permet donc de comparer des scénarios.
 - iv) Indiquer que le CompteEntrePannes pour le scénario amélioré est Random.Uniform(79,95).



Exécuter la simulation 30 réplifications de 72 heures et observer les réponses comparées des scénarios. Les deux scénarios sont-ils équivalents ou est-ce qu'il y a une différence significative ? C'est un autre sujet passionnant.

Aide mémoire

Modéliser et simuler avec Simio (suite)

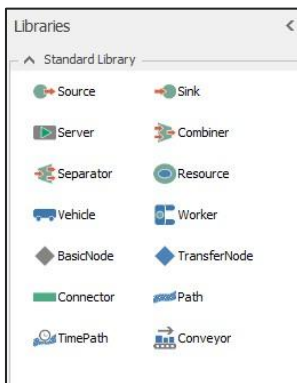


CONSORTIUM DE RECHERCHE EN INGÉNIERIE
DES SYSTÈMES INDUSTRIELS 4.0



25

Modéliser et simuler avec Simio (suite): Librairies



- **Création / destruction d'entités**
 - Source, Sink
- **Traitement des entités**
 - Server, Resource, Worker, Combiner, Separator
- **Déplacement des entités**
 - Vehicle, Worker
- **Routing des entités**
 - BasicNode, TransferNode, Connector, Path, TimePath, Conveyor

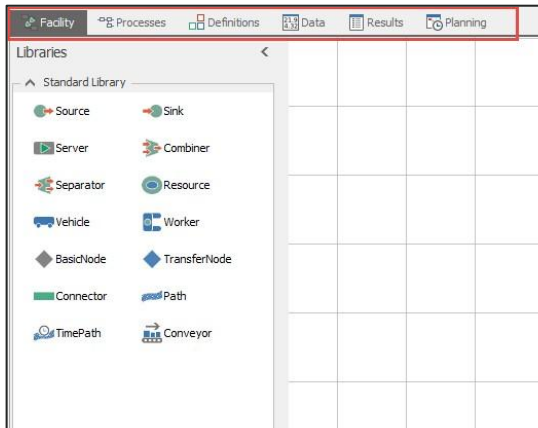


CONSORTIUM DE RECHERCHE EN INGÉNIERIE
DES SYSTÈMES INDUSTRIELS 4.0



26

Modéliser et simuler avec Simio (suite): Modules



- **Facility**
 - Design visuel, interactions et logique de base du modèle
- **Processus**
 - Extension de la logique par des processus sur mesure
- **Definitions**
 - Mise en place des objets spéciaux: listes, états, timers, propriétés, events, stats etc.
- **Data**
 - Tables de données et gestion de l'import et export
- **Results**
 - Résultats et indicateurs de la dernière exécution
- **Planning**
 - Module d'ordonnancement et planification

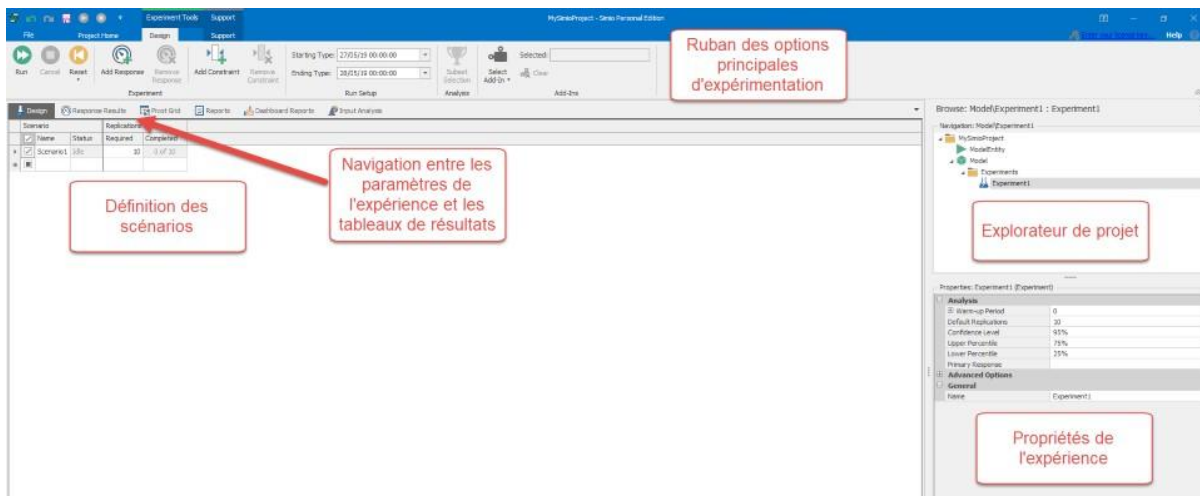


CONSORTIUM DE RECHERCHE EN INGÉNIERIE
DES SYSTÈMES INDUSTRIELS 4.0



27

Modéliser et simuler avec Simio (suite): Expériences



CONSORTIUM DE RECHERCHE EN INGÉNIERIE
DES SYSTÈMES INDUSTRIELS 4.0



28