Abilis ergonomie

Espaces publics – Usages, comportement des piétons, ergonomie et simulation

Sylvain Biquand

Juin 2016

10 Rue Oberkampf
75011 Paris
Tel/Fax: 01 44 07 08 81

sbiquand@ergonome.com
Ergonome européen certifié

APE 741 G
SIRET 401 867 999 00039

Membre de la Chambre des Ingénieurs Conseils de France, Syndicat National des Cabinets Conseils en Ergonomie
Cabinet habilité pour l'intervention d'expertise auprès des CHSCT – Certifié Ergonome Européen

Usages et comportements

L'espace public est le lieu de l'immersion de l'individu, mu par ses intérêts et intentions, dans un univers social structuré par un cadre physique bâti. Dans cette offre d'espace proposant des usages, sont en jeu aussi des règles sociales implicites ou incorporées et des injonctions explicites visant à régler la circulation selon le mode de déplacement, et des facteurs environnementaux souhaités ou aléatoires.

L'espace public a une écologie, dont les facteurs sont les éléments physiques et leurs relations, les ambiances sonores, l'exposition aux intempéries etc.. Des régulations socio-spatiales apparaissent suivant la pluralité des acteurs et le niveau d'occupation, des évènements viennent impacter les rapports entre les acteurs de l'espace et influent sur l'organisation des mouvements et des usages.

L'espace doit être lisible par ses affordances, invitant des usages possibles, et permettre la poursuite des objectifs individuels de déplacement ou de loisir dans un environnement perceptuel et cognitif porteur de sens. On s'intéresse à la géographie comportementale, fonction des qualités physiques et sensibles des espaces, des compétences motrices et perceptives des usagers et des particularités sociales et urbaines du lieu.

Notre approche se base sur la compréhension des usages observés de l'espace et des facteurs les affectant, mise en regard de l'usage attendu prescrit par le plan, la signalétique et la mise à disposition de mobilier.

Nous employons des méthodes **d'observation comportementale, écologique et d'analyse de l'activité** pour définir les facteurs clés de l'usage de l'espace. Sur la base de ces facteurs, la simulation des mouvements et comportements est possible grâce à la **modélisation multi agents** (Anylogic) qui permet l'anticipation et le test d'hypothèses d'aménagement ou de construction.

Modèle et simulation

La modélisation des circulations de piétons et de véhicules est couramment utilisée pour la conception et la régulation des réseaux de transports en commun, des réseaux routiers ou aériens. Elle peut aussi être utilisée pour la conception architecturale, en permettant au concepteur de faire fonctionner le projet, sans risques et à un coût minime, à partir du plan et des données d'usage et de fréquentation.

La simulation aide à identifier les points de congestion et les situations de goulot d'étranglement, elle permet de tester des options au stade de la conception avant que les travaux couteux soient engagés. La simulation permet d'accélérer le fonctionnement, en temps virtuel, et de tester les hypothèses.

La simulation est un outil pour un meilleure conception. Un modèle peut aussi être utilisé comme outil pour la gestion opérationnelle des bâtiments construits, la planification des ressources selon la fréquentation, et l'anticipation de l'activité.

La modélisation multi-agents avec Anylogic 7

La modélisation multi-agent permet la modélisation dynamique en limitant le nombre de variables prédéfinies. La modélisation multi-agents permet de simuler des systèmes complexes, dont le calcul paramétrique est impossible, en basant le modèle sur le comportement individuel de chaque agent actif à un instant donné.
La modélisation identifie les entités actives ou agents (qui peuvent être des personnes, des objets divers, des véhicules, des produits, des lieux), en définissant leur comportement (objectifs, réactions, mémoire, états…)

Ces agents sont placés dans un environnement donné (le plan) qui établit les relations spatiales et fonctionnelles entre eux, la simulation retrace le déroulement dans le temps de ces relations. Le comportement global du système émerge du résultat des interactions entre agents, et entre les agents et le milieu.

Les propriétés de chaque agent peuvent changer avec le temps ou selon leur localisation, ou tout autre paramètre. Les agents peuvent aussi faire partie de groupes d'agents, dont les propriétés s'ajoutent à celles de l'individu. Les propriétés des groupes peuvent être définies (vitesse de marche, points d'intérêt, temps alloué à chaque activité, comportement en fonction de l'heure), un nombre illimité de paramètres peut définir le comportement des groupes.

Le cadre physique du modèle, murs et cheminements, points d'attraction, taille des zones fonctionnelles, capacités des boutiques et stocks, capacité et fréquence des transports sont la structure du modèle.

Anylogic est un outil flexible pour modéliser sans contraintes les scenarios opérationnels, dans un environnement animé en 2D ou 3D. Anylogic permet de combiner la modélisation multi-agents et les autres formes de modélisation, par évènements discrets (discret events simulation) et systémique (system dynamics modeling).

Comportement des piétons dans la simulation Anylogic

Chaque agent piéton et chaque groupe dans la simulation possède son propre diagramme d'action définissant ses propriétés et son comportement :

- Profil d'arrivée issu de données d'observation ou des hypothèses du programme (arrivés régulières, distribution horaires des groupes ou des individus, aléatoire ..)
- Attributs individuels (âge, relations entre agents, rôle dans le groupe, centres d'intérêt…)
- Comportements individuels simulés à l'aide d'un diagramme d'état qui prend en compte tous les attributs pour définir le comportement de l'individu à un instant donné. Les comportements individuels permettent de capturer les comportements de divers types de piétons et de groupes.
- Les groupes ont de propriétés spécifiques : nombre, propension à rester groupés, existence et rôle du chef de groupe, ou comportement spécifique pour tout paramètre de l'environnement simulé (par exemple : âge, circuits spécifiques, vitesse de marche, durée des pauses, comportement et dépenses etc…)
- Les trajets individuels et des groupes peuvent être paramétrés et liés à des variables internes ou externes au modèle. Le trajet type peut varier suivant l'heure, les événements (pluie), la saturation de certains zones etc…
- Des librairies spécifiques pour piétons et des éléments 3D permettent la modélisation rapide des queues des guichets et accueils, des zones de transit et d'embarquement

Chaque piéton a une histoire personnalisée dans la simulation et son comportement est affecté par les choix qu'il a faits précédemment. Membre d'un groupe, il réagira en suivant les propriétés qu'il porte ainsi que celles portées par le groupe.

Les propriétés de chacune des zones fonctionnelles du plan peuvent être variables, durée de stationnement, vitesse de marche, points d'intérêt, densité maximale etc…)

Tous les agents du modèle peuvent circuler sur différents niveaux qui ont des propriétés différentes., selon le programme prévu.

Les processus peuvent être définis de manière économique et rapide en utilisant un nombre limité de diagrammes d'action définissant le comportement des agents. On réduit ainsi la complexité du modèle et les calculs sont accélérés pour une simulation fluide.

Transports

Une librairie dédiée au transport permet de simuler les réseaux de transport. La taille des voitures, wagons, bus etc… est ajustable, les quais et aires d'attente sont modélisées et les temps d'attente calculés dans la simulation.
Dans un modèle multi-agent, les éléments du système de transport peuvent aussi voir des comportements conditionnels qui peuvent être programmés et une histoire individuelle permettant de simuler les temps de maintenance par exemple. Ceci permet la modélisation précise de toute situation, incluant le mouvement du véhicule, le chargement de passagers, les conditions de départ, le couplage d'éléments, la planification des retours au dépôt etc…

Evénements

Au cours de la simulation, on peut faire apparaitre des événements. Ces évènements peuvent être déclenchés par un calcul issu de la simulation, de manière planifiée ou aléatoire, ou selon des données extérieures (heure, météo). Quand l'événement survient, les paramètres des zones du modèle et de comportement des agents sont modifiés, par exemple dans un parc extérieur, l'événement "pluie" modifie le comportement des piétons qui vont accélérer le pas et chercher le plus proche abri.

La capacité de générer des évènements volontaires ou de contrôler l'impact d'aléas permet d'ajuster la simulation au plus près des conditions réelles.

Métrique et analyses

Variables dynamiques

Sur la simulation, différents types de données peuvent être collectés. Les données en cours de simulation peuvent être présentées sur l'écran sous forme de carte de densité, comptages, temps d'attente, durée des circuits, valeurs de flux au point X, et tout calcul utilisant les variables de la simulation.

Ces variables peuvent être intégrées dans tout calcul ou choix conditionnel affectant le comportement du modèle et des agents qui y vivent.

Les variables calculées en cours de simulation peuvent modifier le comportement des agents ce qui permet une simulation réaliste des comportements en conditions opérationnelles (si la file d'attente est trop longue, alors ouvrir un nouveau guichet, si une salle est pleine alors modifier son parcours pour l'éviter…)

Variables cumulées

On peut établir et afficher des sommations de variables sur une période donnée de simulation : nombre total de visiteurs par jour, temps moyens de visite, distance moyenne parcourue, dépense moyenne, taux d'occupation d'une zone sur la journée etc…

Variables composites ou conditionnelles

Des variables composites ou conditionnelles peuvent être extraites de la simulation, connaissant les histoires individuelles et parcours de chacun des agents. Ces données peuvent être utilisées pour répondre aux questions de conception ou d'exploitation sous différentes hypothèses.

Exemples

LES IMAGES SUIVANTES SONT DES CAPTURES D'ECRANS DE SIMULATION EN COURS D'EXECUTION. ELLES NE DONNENT QU'UNE VUE INSTANTANEE ISSUE D'UN PROCESSUS DYNAMIQUE

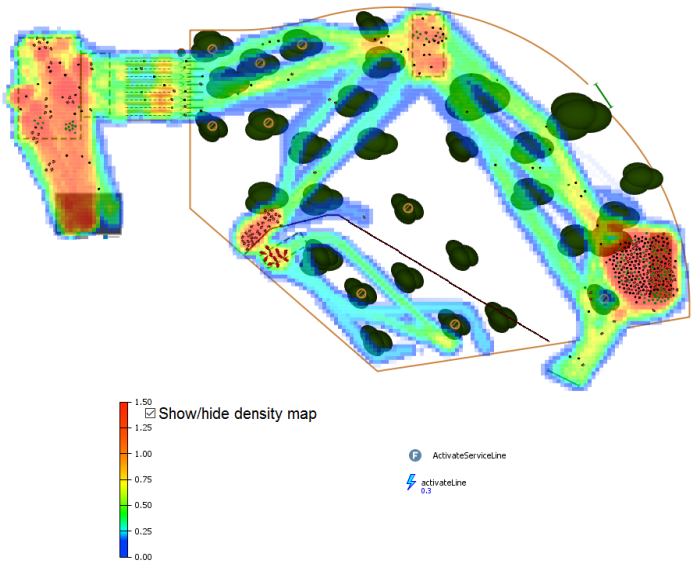
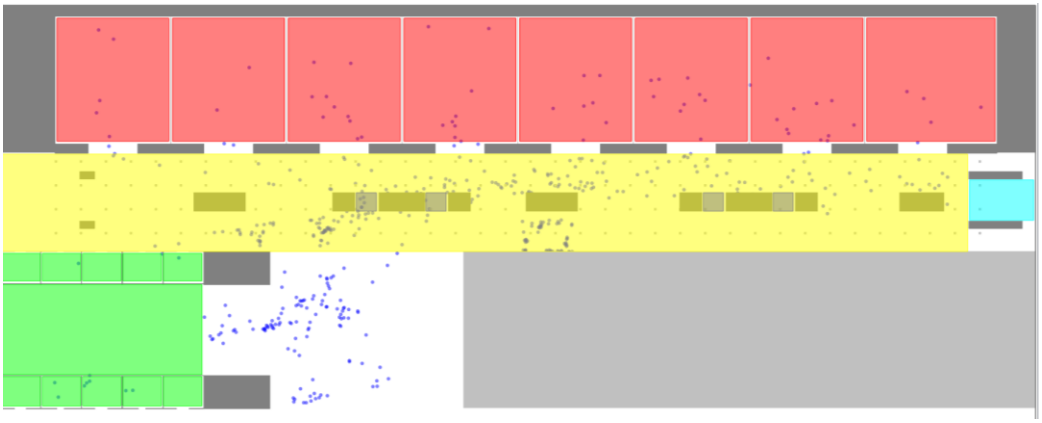
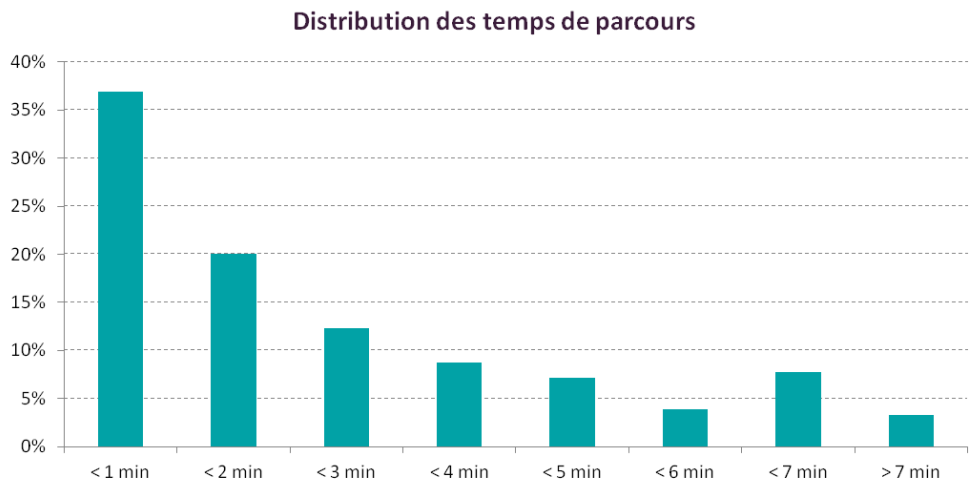


***Diagramme de densité** de piétons – Etude parc d'attraction*

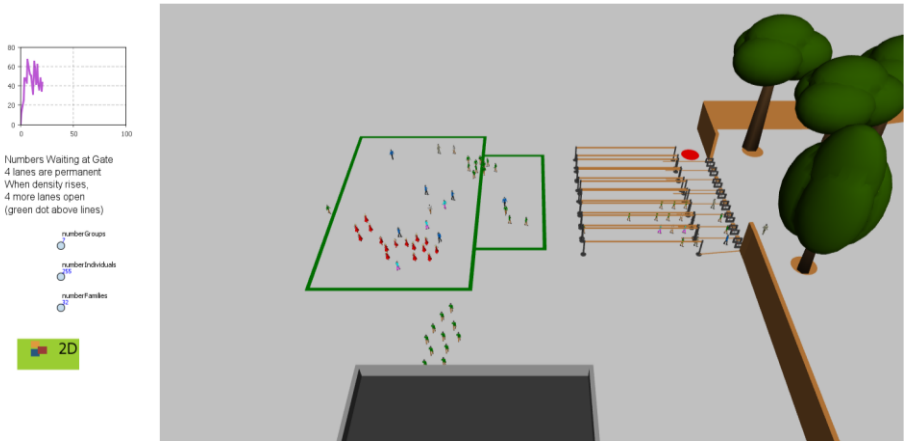


Circulation et occupation *de la rue centrale du Parc Expo Toulouse*

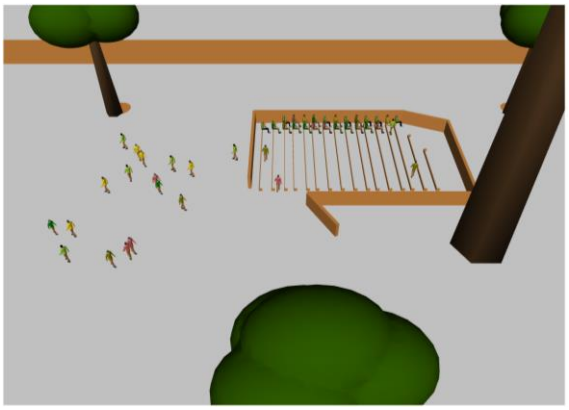


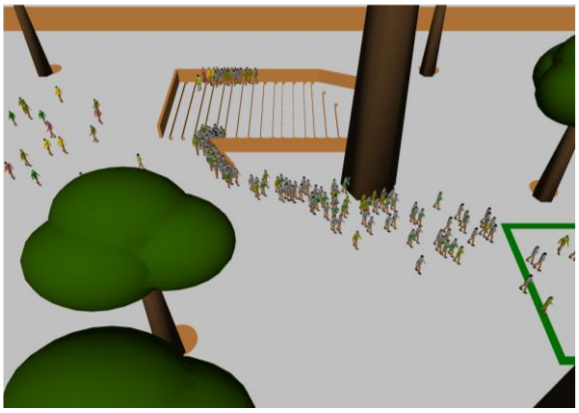
Comptages dans la simulation : Diagramme de distribution des ***temps de parcours*** *entre l'entrée et la grande Halle,* ***flux entrants et sortants*** *à certains points du parc – Parc Expo Toulouse*

Zones	Sortants / minute	Entrants / minute
Hall 8	**7.7**	**..**
Grande Halle		**134.7**
Parvis	**24.0**	**17.7**
Parking (1+2)	**35.3**	**46.2**
Parking (3+4)	**75.5**	**58.0**

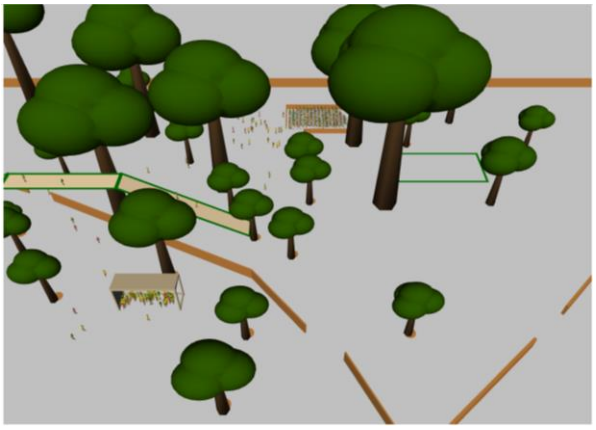


*Simulation 3D – **Simulation de l'entrée** d'un parc d'attractions. Le nombre de voies d'entrée varie en fonction du nombre de visiteurs qui se présentent à l'entrée.*

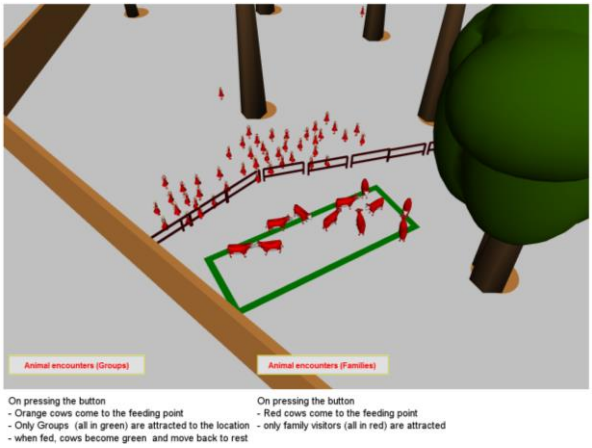




*Scénario de **remplissage** d'une zone de spectacle et de son **évacuation***

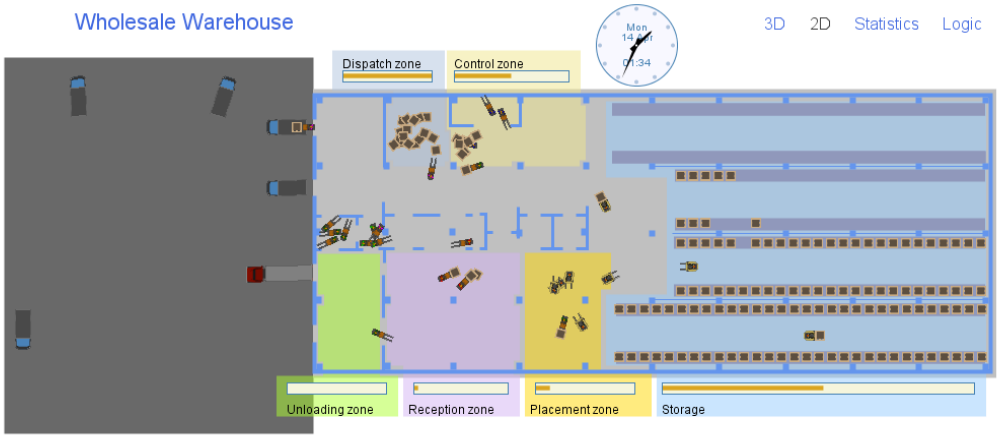


*Vue générale de la simulation d'**occupation** et de **déplacements** dans un parc d'attraction*

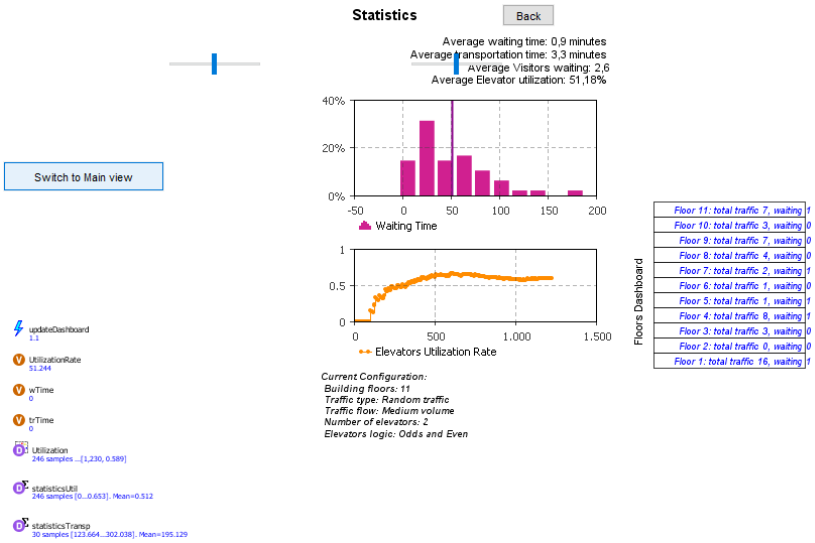


*Simulation 3D – **Variables conditionnelles** impactant le comportement des piétons dans la simulation, les vaches rouges n'attirent que les visiteurs habillés en rouge.*

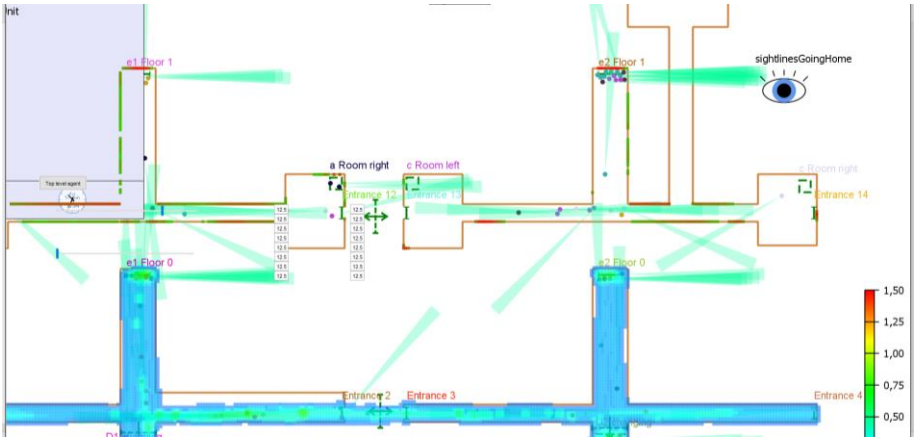
*Simulation 3D – Variables d'**utilisation des ressources** affichées pendant la simulation – (Bibliothèque Anylogic)*



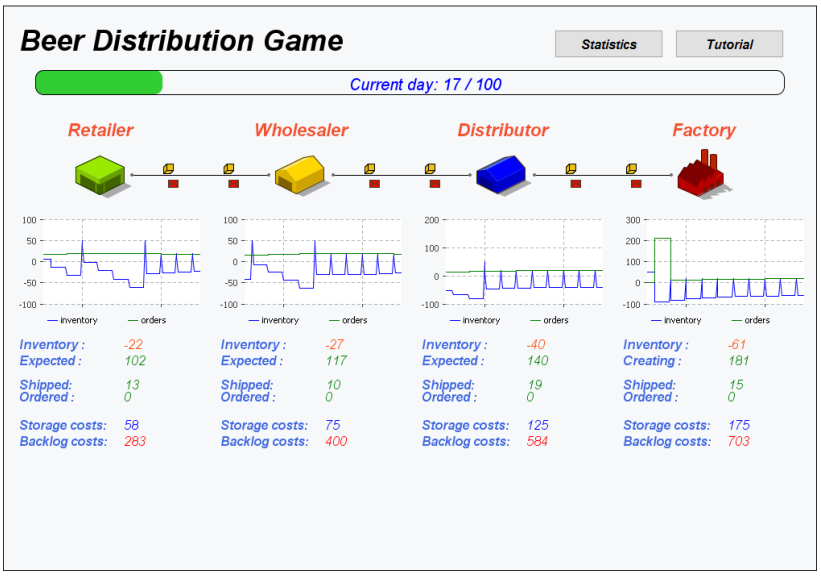
*Simulation 2D d'un entrepôt – **Livraison, mise en stock** et rechargement – (Bibliothèque Anylogic)*



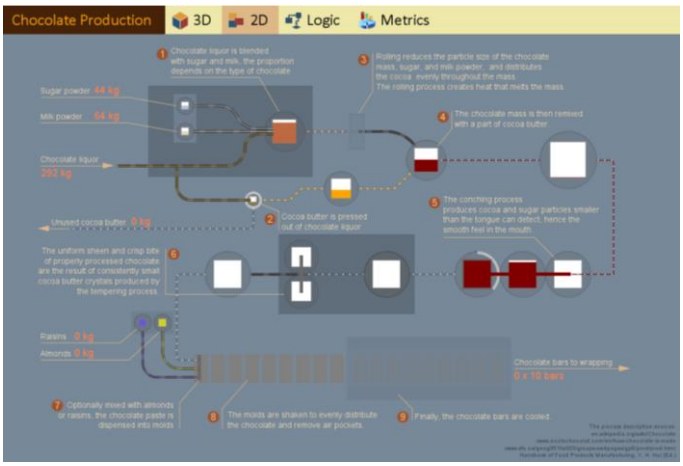
*Statistiques d'**usage et temps d'attente** d'un groupe d'**ascenseurs** – (Bibliothèque Anylogic)*



*Analyse des **axes de vision**, pour la conception architecturale et la signalétique – (Bibliothèque Anylogic)*

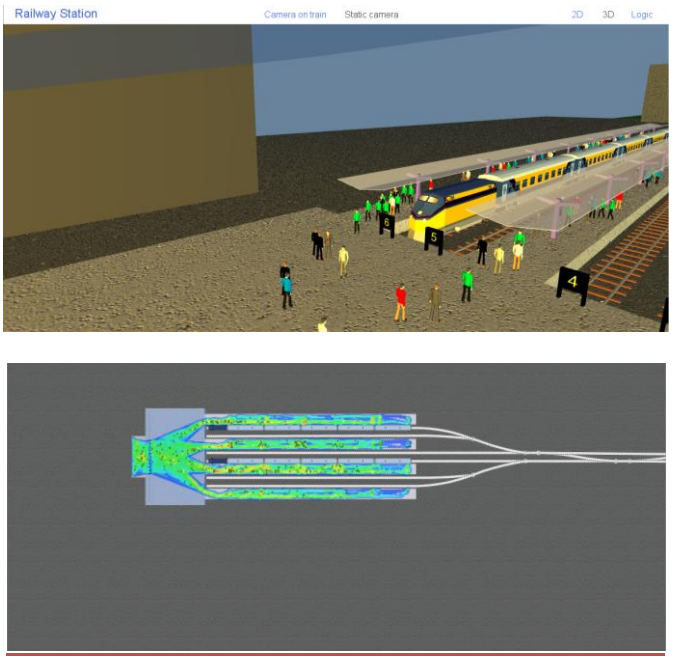


*Simulation du **circuit de distribution** de produits de l'usine au magasin – (Bibliothèque Anylogic)*



*Simulation de **fonctionnement d'une usine** – Suivi des flux et de la production – (Bibliothèque Anylogic)*

*Simulation de la **circulation** à un carrefour urbain – (Bibliothèque Anylogic)*



*Simulation d'une **gare**, animation 3D et diagramme de densité – (Bibliothèque Anylogic)*