

A blue-tinted wireframe image of a construction site. It shows several tall cranes and the skeletal structure of buildings under construction. The scene is rendered in a 3D wireframe style, giving it a virtual or digital appearance.

Simulation 4D: la construction virtuelle

Présentation congrès AEÉCQ 2018 – le 25 mai 2018
Hôtel Le Bonne Entente, Ville de Québec

Par Michel Guévremont

ing., M.Sc.A., PSP, PMP



Plan de la présentation

- **Présentation d'Hydro-Québec**
- **Introduction 4D (survol, historique) et bénéfices expérimentés**
- **Montage type d'une simulation 4D**
- **Types de cas d'utilisation (objectifs et niveaux de détails)**
- **Implantation: exemples de projets**
- **Contexte d'interopérabilité selon les logiciels choisis**
- **Recommandations, limites, défis et conclusion**

Hydro-Québec

Un bénéfice net de

2846 M\$
en 2017

Des ventes d'électricité de

205,6 TWh
dont 34,9 TWh à l'exportation

Un tarif résidentiel de

7,07¢/kWh
qui est le plus bas de
l'Amérique du Nord

Des investissements de

3754 M\$
au Québec en 2017

Un effectif de

19786
employés
permanents et temporaires

Une capacité de
production de

37309 MW
grâce à 87 centrales
gérées par Hydro-Québec

Des achats de biens
et de services de

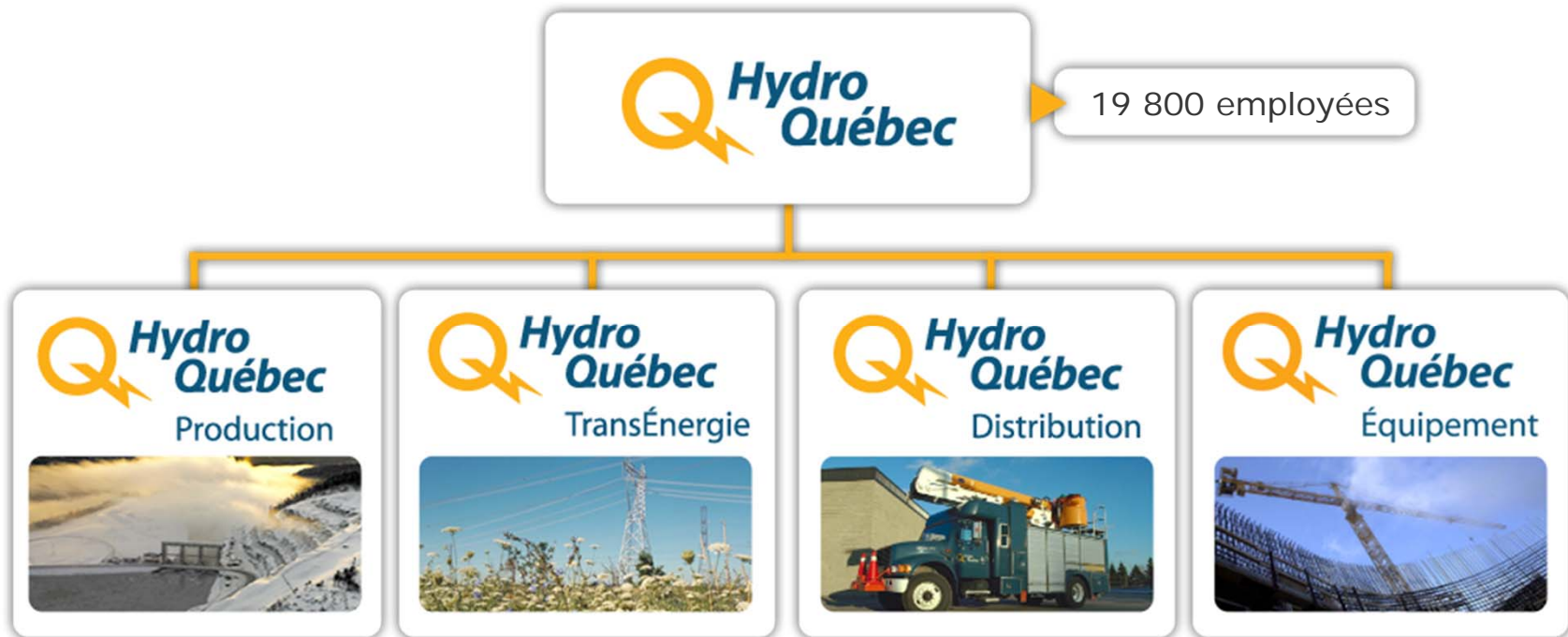
2902 M\$
au Québec en 2017

La production d'Hydro-Québec est propre et renouvelable à plus de 99 %.

L'hydroélectricité que génèrent nos centrales au fil de l'eau et à réservoir constitue une solution privilégiée aux grands défis que doit relever l'Amérique du Nord pour réduire ses émissions de gaz à effet de serre (GES) et assurer la sécurité de l'approvisionnement. Comme le montre l'illustration ci-dessous, le taux d'émission de GES de notre parc de production est parmi les plus bas de ceux des principales filières de production, tant continue qu'intermittente.

Hydro-Québec

Est l'un des plus grand producteur d'énergie propre du monde, en plus d'être un grand transporteur et distributeur d'électricité



Présentation d'Hydro-Québec Équipement



Hydro-Québec
Production

Hydro-Québec
Transénergie

Hydro-Québec
Distribution

Hydro-Québec
Équipement et
services partagés /
SEBJ

**Nouvel
aménagement**
Construction de centrales

Réfection
Augmentation en
puissance
Réfection d'équipement

Transport
Construction et
réfection de lignes et
de postes

**Unités
spécifiques
HQE**

Client

Client

Client

Centre de services partagés

Gestion immobilière
Acquisition

Services transport
Gestion du matériel

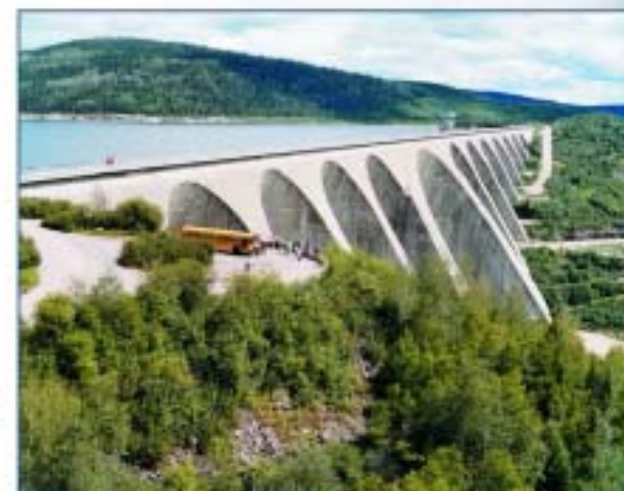
Autres services

Les équipements de production *

- **60 centrales hydroélectriques**
 - À réservoir (21 centrales, 115 groupes)
 - Au fil de l'eau (39 centrales, 227 groupes)
- **26 grands réservoirs** (capacité de 175 TWh)
- **656 barrages et 97 ouvrages régulateurs**
- **2 centrales thermiques**
- **1 centrale nucléaire** (présentement en processus de déclassement)
- **Puissance installée : 35,9 MW**

**L'actif d'Hydro-Québec Production
représente 30,2 G\$**

**Source : Rapport annuel 2013, Hydro-Québec*



RÔLE ET MISSION D'HYDRO-QUÉBEC TRANSÉNERGIE

Exploiter le plus vaste réseau de transport d'électricité d'Amérique du Nord

« Hydro-Québec TransÉnergie transporte l'électricité et commercialise la capacité de transport du réseau, tout en maintenant le niveau de fiabilité requis. »

 Hydro Québec
TransÉnergie



Transporteur

- Exploitation
- Maintenance
- Planification



Contrôleur du réseau

- Fiabilité du réseau
- Équilibre offre/demande
- Réalisation des échanges

Commercialisation
du transport

Régie
de l'énergie
Québec 

Tarifs et
conditions

HYDRO-QUÉBEC DISTRIBUTION

Assurer à la clientèle québécoise une alimentation électrique fiable et des services de qualité dans un souci d'efficacité et de développement durable



3,3 millions de clients (3,97 M d'abonnements) desservis par un réseau de distribution de plus de 111 000 kilomètres...

HYDRO-QUÉBEC INNOVATION, ÉQUIPEMENT ET SERVICES PARTAGÉS – SEBJ

L'audace et le génie



 **Hydro
Québec**
Innovation, équipement
et services partagés

 **Société d'énergie
de la Baie James**

Trois conditions essentielles à respecter



Rentabilité



Respect de
l'environnement



Accueil
favorable

Projets 2005-2009

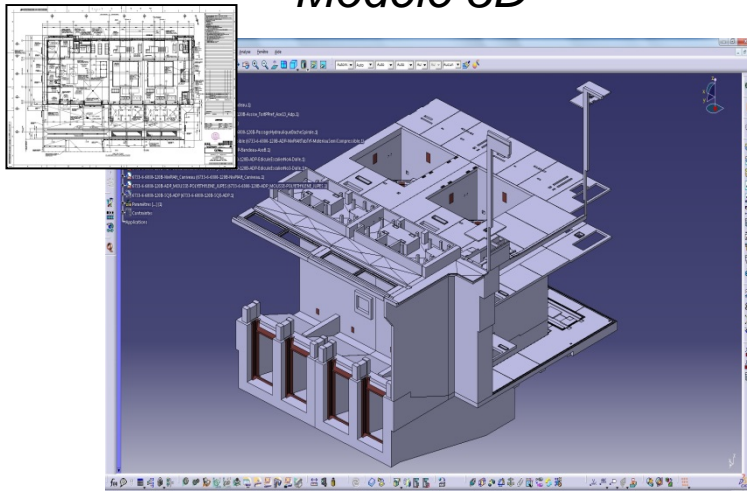


Projets 2010-2012

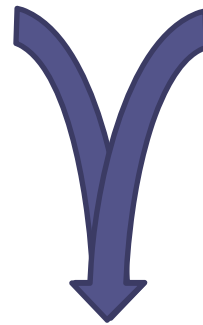
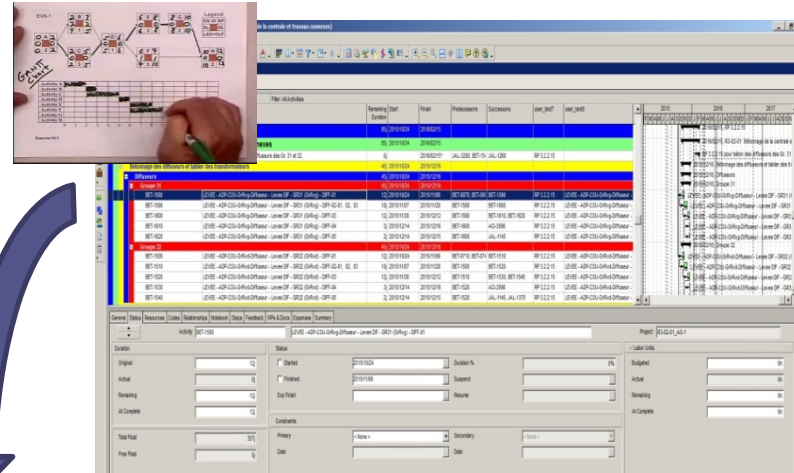


4D - Vue sommaire des systèmes utilisés

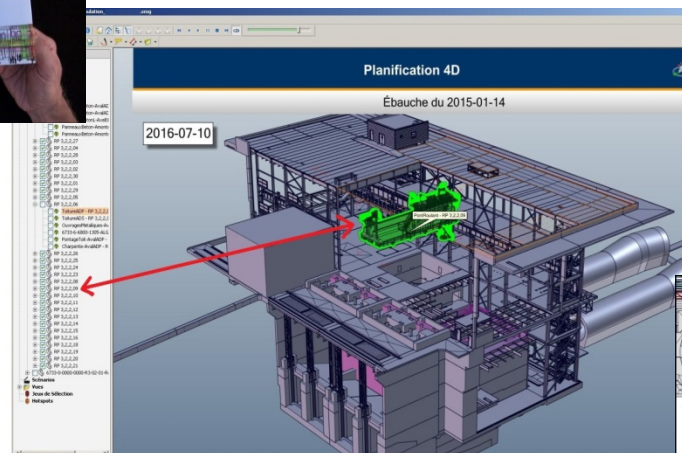
Intrant
Modèle 3D



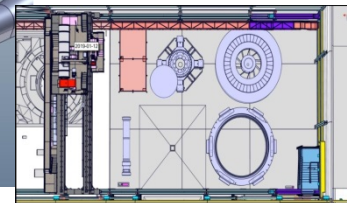
Intrant
Échéancier PDM/CPM



Livrable 4D



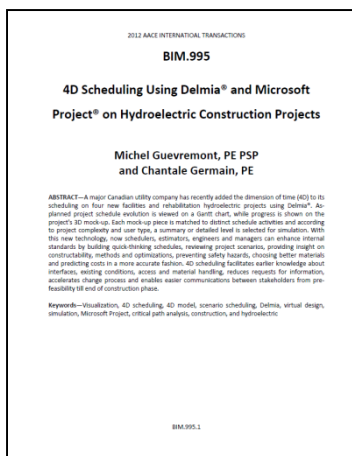
3DVia (.exe)



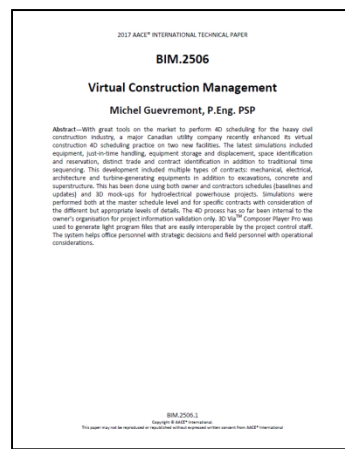
Vidéo (.wmv)

Actes de congrès et Article avec 4D et Hydro-Québec

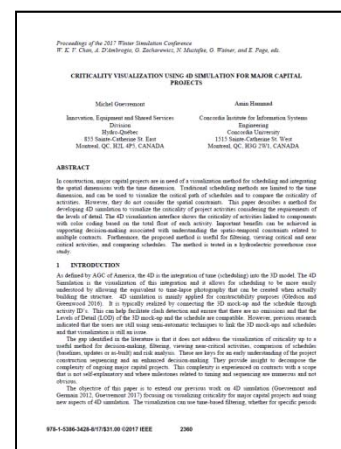
- Guevremont, Michel et Chantale Germain. (2012). “4D Scheduling using Delmia and Microsoft Project on hydroelectric construction projects”, *Proceeding of the 56th Association for the Advancement of Cost Engineering (AACEI)*, San Antonio, Texas, USA, pp.72-94 (BIM-995).
- Guevremont, Michel. (2017). “Virtual construction management”, *Proceeding of the 61st Association for the Advancement of Cost Engineering (AACEI)*, Orlando, Florida, USA, pp.1-20 (BIM-2506).
- Guevremont, Michel et Amin Hammad. (2017). “Criticality visualization using 4D simulation for major capital projects”, *Proceedings of the 50th Winter Simulation Conference (IEEE)*, Las Vegas, USA, pp.2360-2371.
- Guevremont, Michel et Amin Hammad. (2018). “Visualization of delay claim analysis using 4D simulation”, *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, American Society of Civil Engineers (ASCE), 10(3): 05018002



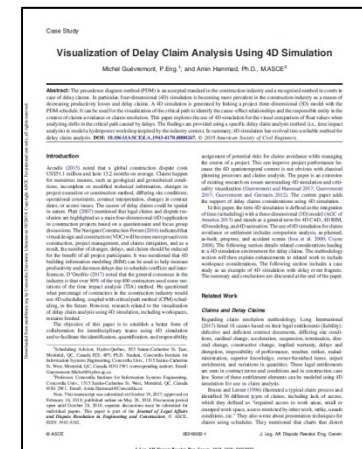
AACEI 2012



AACEI 2017



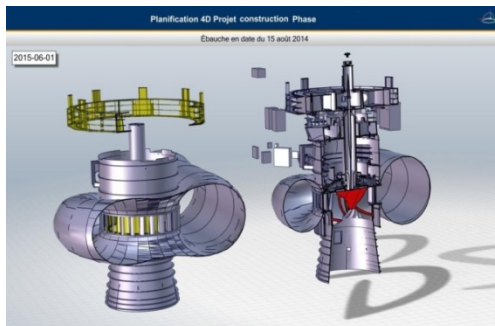
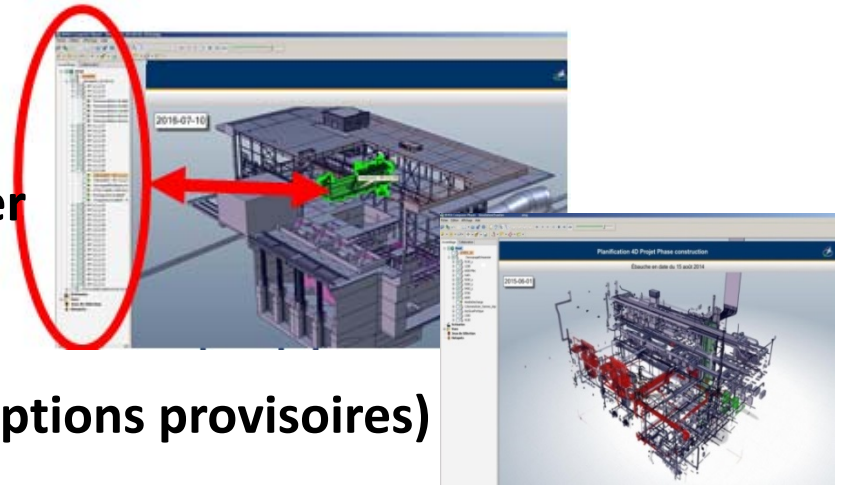
WSC/IEEE 2017



ASCE 2018

Bénéfices expérimentés avec les simulation 4D

- Choisir un scénario de projet
- Valider la constructibilité d'un échéancier
- Valider les dates contractuelles
- Visualiser les jalons intermédiaires (réceptions provisoires)
- Visualiser les interfaces, interférences et contraintes d'exploitation
- Éviter les coquilles en période de construction
- Visualiser les pré-assemblages, livraisons, déplacements et entreposages
- Intégrer les contraintes de sécurité du personnel
 - Espaces de travail confinés, simultanés, superposés et multidisciplinaires



Bénéfices des simulations 4D (suite)

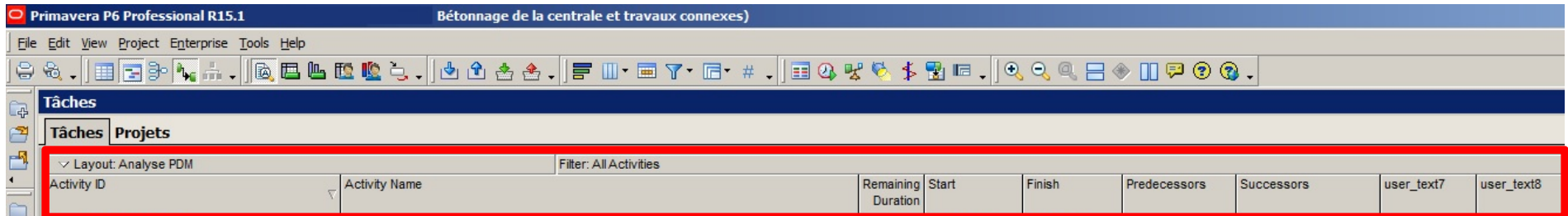
- Intérêt croissant par les membres de l'industrie
- Intérêt marqué pour réduire les risques de projets
- Révolutionne la planification en créant des liens entre les experts et les équipes de terrain
- Permet la création d'un bon échancier plus hâtivement

Source: www.enr.com (6 juin 2016)



- Fournir des fichiers pratiques (.exe) et de taille raisonnable
- Aider aux décisions stratégiques pour la réalisation
- Aider le personnel de chantier avec les considérations opérationnelles
- Mobilise les employés de bureau et du chantier lorsqu'ils se joignent au projet:
 - Simulation incluse dans la trousse de bienvenue
 - Disponibilité lors de la réunion de démarrage avant la phase de construction

Montage de l'échéancier



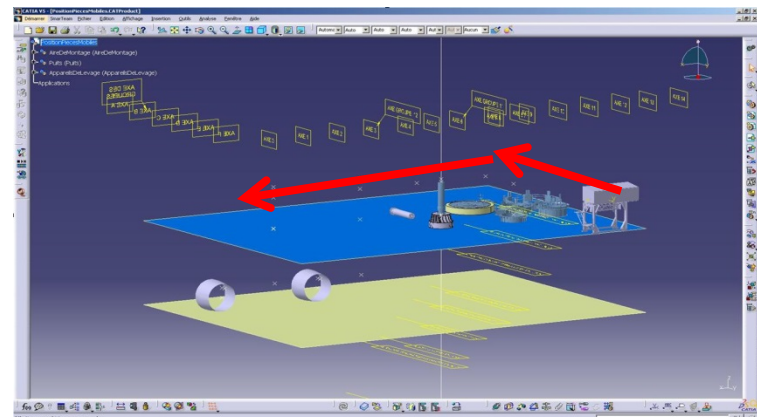
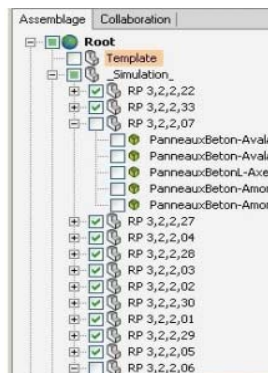
The screenshot shows the Primavera P6 Professional R15.1 interface. The title bar reads "Bétonnage de la centrale et travaux connexes". The menu bar includes File, Edit, View, Project, Enterprise, Tools, and Help. The toolbar contains various icons for project management. The "Tâches" (Tasks) window is open, showing a table with the following columns: Activity ID, Activity Name, Remaining Duration, Start, Finish, Predecessors, Successors, user_text7, and user_text8. The table is currently empty.

Activity ID	Activity Name	Remaining Duration	Start	Finish	Predecessors	Successors	user_text7	user_text8
-------------	---------------	--------------------	-------	--------	--------------	------------	------------	------------

- L'échéancier doit considérer les pratiques recommandées (utilisation de calendriers, contraintes, liens, délais, etc)
- Types d'échéanciers considérés:
 - Échéanciers du maître-d'ouvrage (directeur ou d'un contrat)
 - Échéanciers d'entrepreneurs (références et mises-à-jour)
- Champs considérés pour document des associations:
 - ID de tâche,
 - Durée,
 - Date de début,
 - Date de fin,
 - Couleur de pièce 3D,
 - Jalon associé,
 - Code d'action (user_text6),
 - Commentaires (user_text7)
 - Pièce 3D (user_text8).
- Tâches groupées par SDT

Montage de la maquette

- Développer avec considération du ND de planification et estimation et correspondant aux levées, coulées ou secteurs.
- Nommer chaque ID d'élément de la maquette doit être unique
- Attribuer un élément de maquette à une envergure spécifique (matériel, équipement, etc) du projet
- Identifier les jalons principaux dans l'arborescence
- Associer chacun des éléments de la maquette à un jalon
- Inclure chacun des équipements majeurs au minimum avec des réservations d'espaces
- Prévenir la réécriture de chacun des scénarios avec des trajectoires pour les déplacements d'équipements (points de passages)



Montage du fichier des associations

- Le fichier contient les liens entre chacune des activités d'échéancier associées aux éléments de la maquette
- Code de couleur pour identifier les contrats et métiers
- De Primavera P6 à Excel
- Notepad peut lire les fichiers natifs .xer
- Mises-à-jour rapides du fichier avec les changements avec importation

Color code key:

- = Mechanical
- = Electrical
- = Architecture
- = Turbine-Generating units
- = Concrete
- = Superstructure steel
- = Completed task

ID de tâche	Description de tâche	Statut	Préavis	user_text	user_text2	Croiseur_A	Croiseur_Eq	Points_Passage
069 R10401-0043	Installation de la roue	2015-05-11	2015-05-21			255,255,0	Jaune	
870 R10401-0015	Installation de la roue	2015-03-24	2015-03-24			255,255,0	Jaune	
871 R10401-1101	Stator Groupe 11 - Prémontage	2014-12-12	2015-03-09	EN		255,255,0	Jaune	
872 R10401-1102	Stator Groupe 11 - Déplacement	2015-03-06	2015-03-09	ADC		255,255,0	Jaune	
873 R10401-1103	Croaillon Supérieur Groupe 11 - Prémontage	2014-12-11	2015-06-04	EN		255,255,0	Jaune	
874 R10401-1104	Croaillon Supérieur Groupe 11 - Déplacement	2015-06-05	2015-06-08	ADC		255,255,0	Jaune	
875 R10401-1105	Faîsque Inférieur Groupe 11 - Prémontage	2015-03-15	2015-03-15	EN		255,255,0	Jaune	
876 R10401-1106	Faîsque Inférieur Groupe 11 - Déplacement	2015-03-18	2015-03-18	ADC		255,255,0	Jaune	
877 R10401-1107	Roue Francis Groupe 11 - Prémontage	2015-03-20	2015-03-22	EN		255,255,0	Jaune	
878 R10401-1108	Roue Francis et Arbre Turbine Groupe 11 - Déplacement	2015-03-24	2015-03-24	ADC		255,255,0	Jaune	
879 R10401-1109	Arbre Turbine Groupe 11 - Prémontage	2015-03-23	2015-03-23	IT		255,255,0	Jaune	
880 R10401-1111	Distributeur Groupe 11 - Prémontage	2015-03-10	2015-03-22	EN		255,255,0	Jaune	
881 R10401-1112	Distributeur Groupe 11 - Déplacement	2015-03-23	2015-03-23	ADC		255,255,0	Jaune	
882 R10401-1113	Bloc de Bulles et Glace mobile Groupe 11 - Prémontage	2015-03-26	2015-06-04	EN		255,255,0	Jaune	
883 R10401-1114	Bloc de Bulles et Glace mobile Groupe 11 - Déplacement	2015-06-03	2015-06-04	ADC		255,255,0	Jaune	
884 R10401-1115	Rotor Groupe 11 - Prémontage jantes	2015-01-22	2015-03-19	IT		255,255,0	Jaune	
885 R10401-1115a	Rotor Groupe 11 - Prémontage pôles	2015-03-11	2015-06-04	IT		255,255,0	Jaune	
886 R10401-1116	Rotor Groupe 11 - Déplacement	2015-06-04	2015-06-04	ADC		255,255,0	Jaune	
887 R10401-1117	Croaillon Inférieur Groupe 11 - Prémontage	2015-03-19	2015-04-29	EN		255,255,0	Jaune	
888 R10401-1118	Croaillon Inférieur Groupe 11 - Déplacement	2015-04-29	2015-04-30	ADC		255,255,0	Jaune	
889 R10401-1119	Bâche #2 Groupe 11 - Entrepôt	2014-09-09	2015-02-19	EN		255,255,0	Jaune	
890 R10401-1120	Bâche #4 Groupe 11	2014-09-09	2014-09-09	EN		255,255,0	Jaune	
891 R10401-1121	Bâche #5 Groupe 11	2014-09-19	2014-09-19	EN		255,255,0	Jaune	
892 R10401-1122	Bâche #6 Groupe 11	2014-09-16	2014-09-16	EN		255,255,0	Jaune	
893 R10401-1123	Bâche #7 Groupe 11	2014-09-12	2014-09-12	EN		255,255,0	Jaune	
894 R10401-1124	Test hydraulique avec bouchon Groupe 11	2014-09-22	2015-02-11	IT		255,255,0	Jaune	
895 R10401-1125	Bâche #2 Groupe 11 - Déplacement	2015-02-17	2015-02-17	ADC		255,255,0	Jaune	
896 R10401-1126	Bâche #2 Groupe 11 - Installation	2015-02-18	2015-02-18	EN		255,255,0	Jaune	
897 R10401-1201	Stator Groupe 12 - Prémontage	2015-03-12	2015-04-26	EN		255,255,0	Jaune	
898 R10401-1202	Stator Groupe 12 - Déplacement	2015-04-30	2015-06-09	ADC		255,255,0	Jaune	
899 R10401-1203	Croaillon Supérieur Groupe 12 - Prémontage	2015-03-12	2015-06-09	EN		255,255,0	Jaune	
900 R10401-1204	Croaillon Supérieur Groupe 12 - Déplacement	2015-06-13	2015-06-14	ADC		255,255,0	Jaune	
901 R10401-1205	Faîsque Inférieur Groupe 12 - Prémontage	2015-05-01	2015-06-09	EN		255,255,0	Jaune	
902 R10401-1206	Faîsque Inférieur Groupe 12 - Déplacement	2015-06-05	2015-06-09	ADC		255,255,0	Jaune	
903 R10401-1207	Roue Francis Groupe 12 - Prémontage	2015-05-06	2015-05-19	EN		255,255,0	Jaune	
904 R10401-1208	Roue Francis et Arbre Turbine Groupe 12 - Déplacement	2015-05-11	2015-06-11	ADC		255,255,0	Jaune	
905 R10401-1209	Arbre Turbine Groupe 12 - Prémontage	2015-05-10	2015-06-11	IT		255,255,0	Jaune	
906 R10401-1211	Distributeur Groupe 12 - Prémontage	2015-04-14	2015-06-08	EN		255,255,0	Jaune	
907 R10401-1212	Distributeur Groupe 12 - Déplacement	2015-05-09	2015-06-08	ADC		255,255,0	Jaune	
908 R10401-1213	Bloc de Bulles et Glace mobile Groupe 12 - Prémontage	2015-05-06	2015-06-08	EN		255,255,0	Jaune	
909 R10401-1214	Bloc de Bulles et Glace mobile Groupe 12 - Déplacement	2015-06-22	2015-06-22	ADC		255,255,0	Jaune	
910 R10401-1215	Rotor Groupe 12 - Prémontage jantes	2015-05-05	2015-06-22	IT		255,255,0	Jaune	
911 R10401-1215a	Rotor Groupe 12 - Prémontage pôles	2015-05-20	2015-06-11	IT		255,255,0	Jaune	
912 R10401-1216	Rotor Groupe 12 - Déplacement	2015-07-20	2015-07-27	ADC		255,255,0	Jaune	
913 R10401-1217	Croaillon Inférieur Groupe 12 - Prémontage	2015-04-29	2015-06-11	EN		255,255,0	Jaune	
914 R10401-1218	Croaillon Inférieur Groupe 12 - Déplacement	2015-06-19	2015-06-19	ADC		255,255,0	Jaune	
915 R10401-1219	Bâche #2 Groupe 12 - Entrepôt	2014-10-21	2015-03-30	EN		255,255,0	Jaune	

Code d'action pour la simulation:

Code value	Action description
ADC	Show, move and hide
CDC	Hide, move and hide
DD	Dismantling – Disposal
DE	Dismantling – Storage (for future use)
DR	Dismantling - Relocation
DT	Dismantling – Temporary equipment
EN	Storage
FI	Supply – Installation
FS	Supply only
IE	Supply – Existing (installation or relocate existing equipment)
IT	Temporary equipment installation
ME	Commissioning – Tests
OS	Opening surface area (wall, floor, ceiling or roof)
RS	Screed surface area (wall, floor, ceiling or roof)
TR	Rehabilitation work
ZT	Work zone (as established by the security code)

Montage des macro-commandes

- **La macro-commande principale dans le logiciel de maquette:**
 - **Transfère l'information vers le logiciel de simulation:**
 - **Géométries**
 - **Trajectoires de déplacements**
 - **Séquencements d'installation**
 - **Lecture de l'information depuis feuille Excel et logiciel de maquette**
 - **Affichage des pièces inutilisées du début à la fin**

- **Fichiers intermédiaires:**
 - **Format SMGSCE : soit un fichier XML contenant la définition du scénario (animation)**
 - **Fichier format SMGPROJ : incluant SMGSCE, 3DXML et géométrie**

Montage de la simulation

- **Création d'un gabarit avec:**
 - **Acteurs**
 - **Dates de calendrier**
 - **Champ commentaire à montrer dans la simulation**
 - **Fichier auto-exécutable (.exe)**
- **Fichier livrable inclut:**
 - **Séquences de construction**
 - **Équipement**
 - **Manipulation juste-à-temps**
 - **Entreposage du matériel**
 - **Déplacements d'équipements**
 - **Réservations d'espaces**
 - **Identification des contrats et métiers**
- **Affichage du travail en cours avec nuances de couleurs :**
 - **Transparent en premier**
 - **Opacité croissante au fur et à mesure de l'avancement**

Montage de la visualisation

■ Survol des caractéristiques de l'outil de simulation

Lecture, Pause, Arrêt

Plan de coupe

Filtres

Vitesse

Opacité

Déplacer, Rotation, Zoom, Vol d'oiseau

The image shows a screenshot of the 3D software interface '3DVIA Composer Player Pro - Simulation'. The main window displays a 3D model of a mechanical assembly in a cutaway view, titled 'Planification 4D' and 'Ébauche en date du 4 février 2015'. The interface includes a top toolbar with navigation and simulation controls, a left sidebar with 'Assembly Tree' and 'Views', and a right sidebar with 'Properties' settings. Red annotations with arrows point to specific features: 'Lecture, Pause, Arrêt' points to the simulation playback controls; 'Plan de coupe' points to the cutaway view of the assembly; 'Filtres' points to the 'Document Properties...' option in the left sidebar; 'Vitesse' points to the 'Zoom Selection' option in the context menu; 'Opacité' points to the 'Background image' property in the right sidebar; and 'Déplacer, Rotation, Zoom, Vol d'oiseau' points to the navigation options in the context menu.

Cas d'utilisation des simulations 4D

■ Phase avant-projet

- Gel des concepts/ingénierie détaillée (intranant: TQP)
 - Exemples : projets de réfections

■ Phase projet

- Soumission interne et étape construction (intrants: TQP ou MAJ)
 - Exemples : Nouveaux aménagements
- Réclamations (intrants: TQP, MAJ ou TQC)

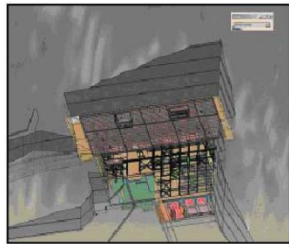
Cas d'utilisation des simulations 4D

À propos des niveaux de détails (ND):

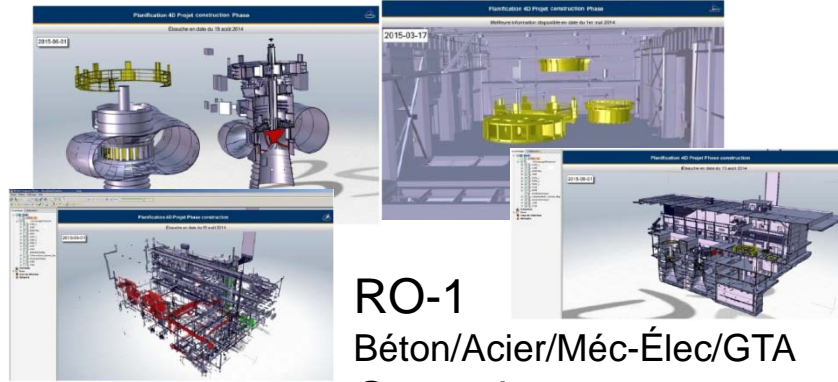
- Le bon ND est celui qui permet les décisions
- Le ND des éléments de la maquette doit être spécifique aux besoins de la planification
- Le plan d'exécution de l'entrepreneur est très détaillé
 - **Bénéfices pour le personnel associé à la gestion des opérations**
- L'échéancier directeur est résumé pour les bénéfices stratégiques
 - **Facilite les décisions par la direction à propos de la stratégie contractuelle et des principaux jalons.**
- Fichier des associations entre l'échéancier et la maquette:
 - **1:1, 1:m, n:1, n:m**

Planification 4D Sommaire/Paramétrique pour choix du scénario

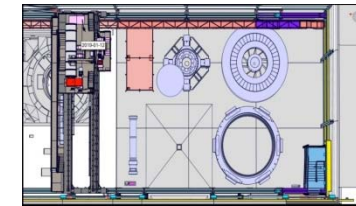
Réalisation de simulations 4D au complexe Romaine



RO-2
Béton/Acier
Centrale
(Delmia)



RO-1
Béton/Acier/Méc-Élec/GTA
Centrale
(3DVia)



RO-4
Tubiner
(3DVia)

2010

2011

2012

2013

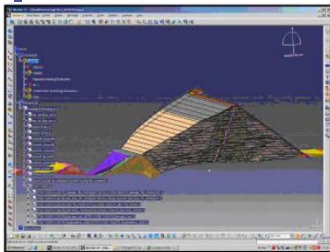
2014

2015

2016

2017

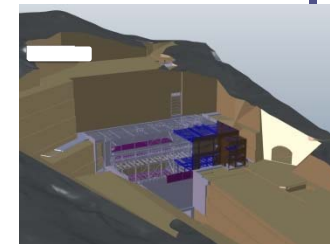
2018



RO-2
Barrage
(Delmia)



RO-3
Béton/Acier
Centrale
(3DVia)



RO-4
Béton/acier Centrale
(3DVia)

RO-4
Méc-Élec/
GTA
Centrale
(3DVia++)



Delmia R20

3DVia

interopérabilité

Multi-Cad

Synchro 4D
Fuzor

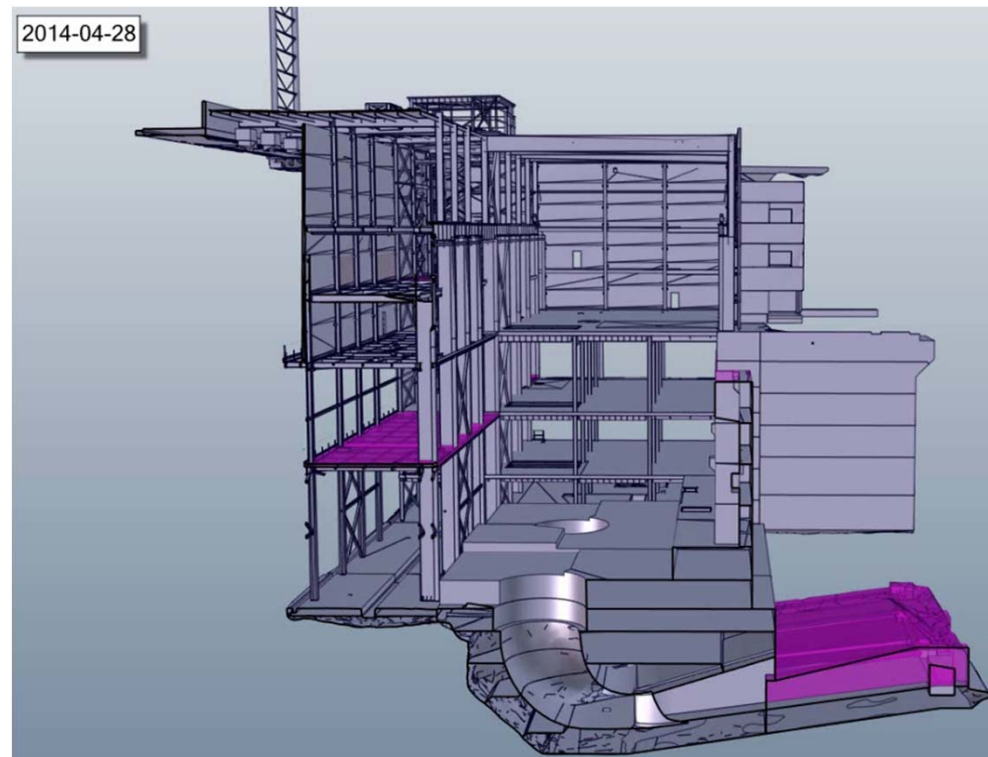
3D
Expérience

Delmia v.3DX

Cas d'une Romaine pour support opérationnel

- 4 contrats: béton, acier, mécanique-électrique et groupes turbines-alternateurs
- Enjeux: installation d'un GTA en 12 mois
- ND élevé et horizon court terme
- Intransit: 50 000 pièces et 5 000 activités: livrable avec 983 associations
- Valeur ajoutée pour l'équipe de construction au site
- Multiples rondes de mises-à-jour avec les échéanciers des entrepreneurs

- 115 pour le béton
- 41 pour l'acier
- 80 pour les groupes T/A
- 747 pour le méc/électrique



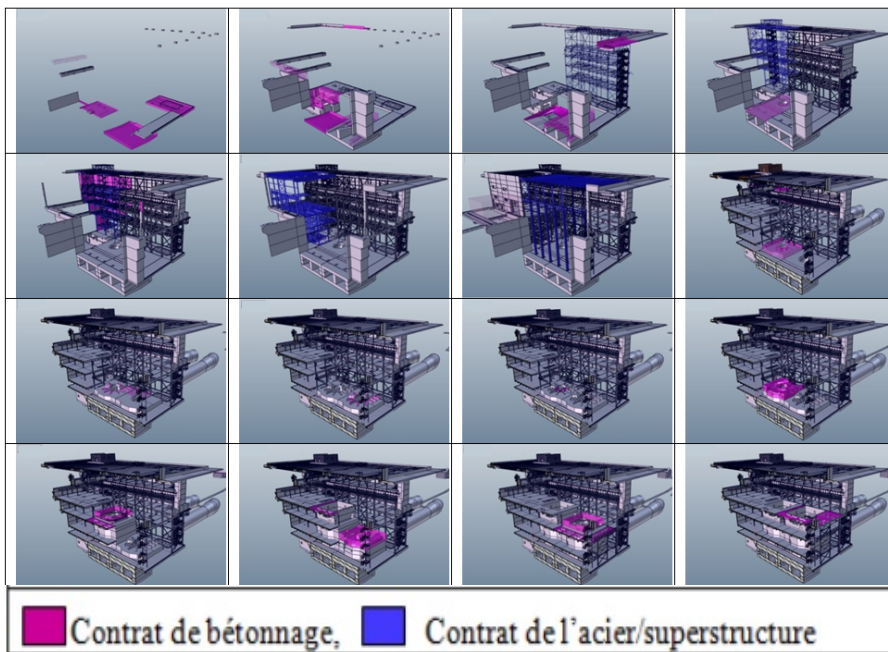
Cas d'une Romaine – Visualisation de la criticité

- Contrats du bétonnage et de l'acier de superstructure
- Échéancier de référence avec 24 mois pour la construction
- 286 associations entre composantes 3D et activités d'échéanciers
- Simulation de la criticité pour que:
 - Le propriétaire développe une stratégie de projet.
 - L'entrepreneur visualise son propre contrat.
- Niveaux représentés de criticité depuis les valeurs de la marge totale des tâches (calculs CPM)

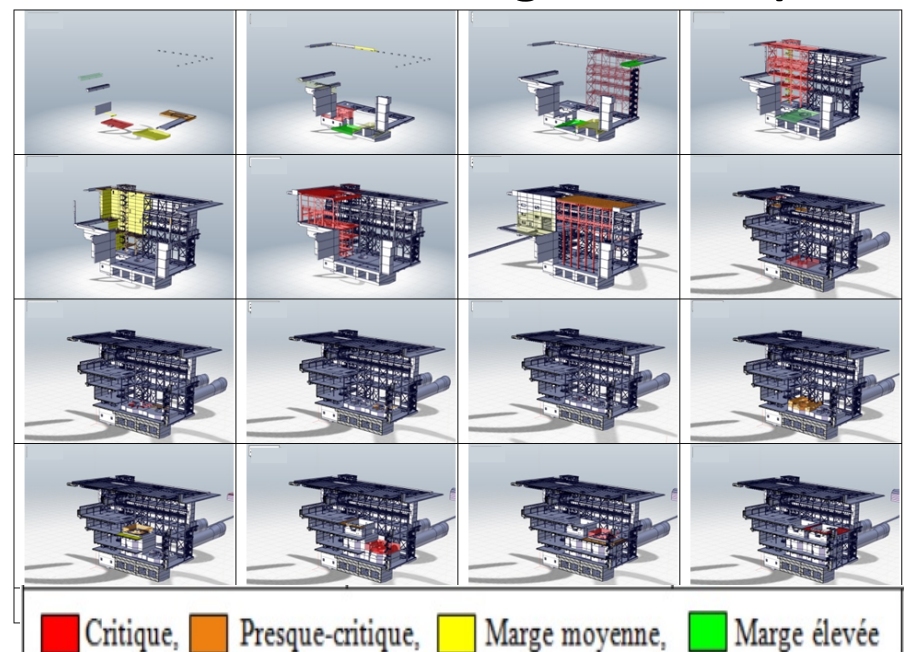
Type de tâche	Marge totale (m) avec seuils en jours ouvrables (J.O.)	Couleur RVB des pièces
Critique	$m \leq 5$ J.O.	ROUGE [RVB: 255;0;0]
Presque critique	5 J.O. $< m \leq 30$ J.O.	ORANGE [RVB: 237;127;16]
Marge moyenne	30 J.O. $< m \leq 60$ J.O.	JAUNE [RVB: 255;255;0]
Marge élevée	$m > 60$ J.O.	VERT [RVB: 0;255;0]

Cas – Vue traditionnelle vs vue criticité

- Code de couleur par contrat et métier

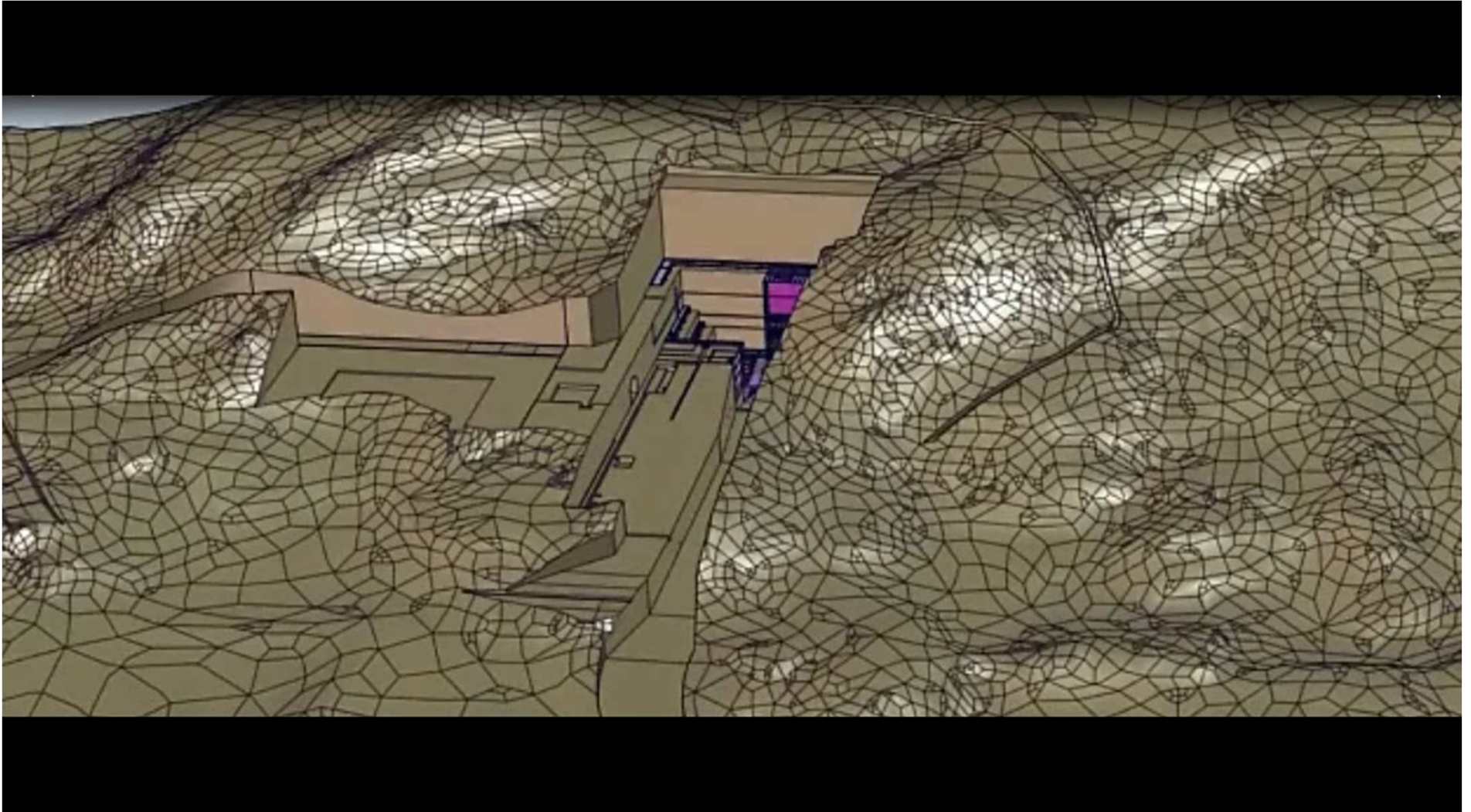


- Code de couleur pour la criticité spatio-temporelle (fondée avec les valeurs de marges totales)



- Permet de qualifier les jalons critiques

Video - Vue traditionnelle vs vue criticité



Cas 4D d'un projet de réfection de centrale

Intrants:

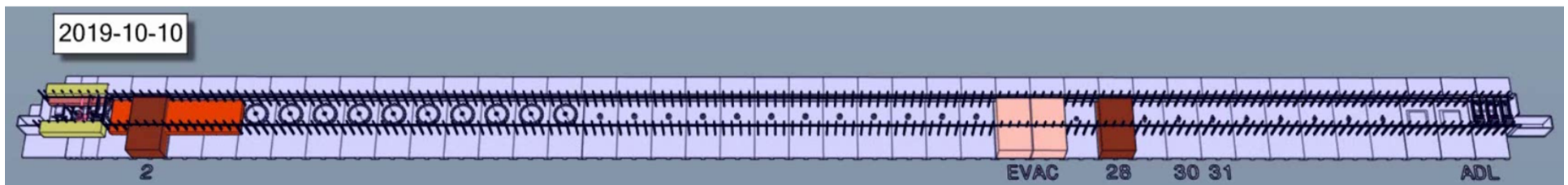
- 4 échéanciers
- Éléments 3D avec nuage de point et modélisation pour dimensions et emplacements

Livrable:

- 95 associations (tâches ↔ élément 3D)

Code de couleur

Éléments	Couleur	RVB	Libellé de couleur
Pièces de contexte ou avant travaux		211;210;255	Gris neutre catia
Réfections et maintenances de groupes (puits et aire de lavage)		132;46;27	Rouge brique
Entreposage		0;255;0	Vert
Appareil de levage (Gantry) et solidification du plancher		237;127;16	Orange
Nouveaux ponts roulants		253;108;158	Rose
Tandem de ponts roulants pour déplacements (avec flèche en rouge et texte en noir)		0;0;0	Noir
Travail / déplacement de Stator (avec flèche)		128;0;128	Magenta foncé
Travaux à l'évacuateur		253;191;183	Pêche
Zone morte (approximative)		231;62;1	Corail
Alignement des poutres et remplacement des rails	en cours	255;255;0	Jaune
	après	204;204;102	Jaune cendré
Remplacement des barres électricité	en cours	255;0;0	Rouge
	après	204;102;102	Rouge cendré
Nettoyage des poutres amont et aval	en cours	0;0;255	Bleu
	après	102;102;204	Bleu cendré
Démentèlement Ponts roulants existants		223;255;0	Jaune chartreuse



Bénéfices du 4D - Projet de réfection de centrale

Réduit les risques du projet: Coûts évités en période de construction

- Exemples d'ajustements à la planification
 - **Choix des calendriers vs fermeture de la centrale**
 - **Marge vs vacances de la construction**
- Exemple d'ajustement à la conception
 - **Composantes existantes vs composantes temporaires**
- Exemples d'ajustements à la méthode de construction
 - **Ajustement aux considérations SST : code des travaux**
 - **Composantes existantes vs composantes temporaires**
 - **Ajout de pièces et d'étapes**
 - **Ajout de points d'arrêts et tests multiples**

Résultat lors d'une revue de conception :

- **Scénario faisable avec échéanciers intégrés**
- **Réponses aux questions de l'exploitant pour l'utilisation des équipements associés aux opérations pendant la réfection**
- **Dote les responsables d'un outil utile pour optimiser les délais du projet et de l'exploitation (incluant arrêts planifiés et maintenances)**

Contexte d'interopérabilité - intégration et validation des 4D

- Choix de 2 propriétaires hydro-électriques Canadiens

Planification 4D Projet hydro-électrique Keeyask



Contenu: pour constructibilité

Contenant (outil):



Recommandations

- **Pour chacun de projets :**
 - **Modéliser les éléments de maquette inexistantes ou considérer les réservations d'espaces,**
 - **Obtenir les échéanciers approuvés des entrepreneurs lorsque possible,**
 - **Refaire les simulations avec l'échéancier de référence approuvé,**
 - **Vérifier les interférences avec les mises-à-jour en incluant les demandes de changements et,**
 - **Comparer avec le scénario original.**

- **Les simulations 4D requièrent:**
 - **Des ordinateurs performants et l'installation adéquate des logiciels**
 - **Du personnel hautement qualifié: besoin de former le personnel à propos de la méthodologie ainsi qu'avec le logiciel de simulation**
 - **D'impliquer le personnel de chantier et les entrepreneurs pour une planification 4D utile et au bon ND.**

■ Défis technologiques expérimentés:

- Intégrer des échéanciers multiples et de sources logicielles différentes,
- Ajuster manuellement les dates d'interférences,
- Scinder les éléments de maquettes et les activités d'échéancier,
- Minimiser les triangles des éléments de maquette et
- Considérer les déplacements dans le logiciel de simulation.

Travail à venir

- **Comparer les interférences entre les mises-à-jour (ou avec l'échéancier de référence)**
- **Considérer les changements dans les mises-à-jours**
- **Écrire les clauses contractuelles pour la planification en 4D**
- **Écrire un guide d'utilisation pour le personnel de chantier**
- **Définir les besoins de ND pour chacun des différents types de livrables**

Conclusions

- **Les simulations 4D offrent de nombreux bénéfices:**
 - Valider la faisabilité d'un l'échéancier (choix de scénario)
 - Visualisation claire de la criticité des activités de projet
 - Aider les propriétaires à prioriser le séquençement et développer ou réviser la stratégie d'un projet
 - Valider les échéancier d'exécution (références et mises-à-jour)
- **Les maquettes 3D sont maintenant contractuelles**
- **L'implantation du 4D est recommandée pour:**
 - **Les projets majeurs (de plus de 50M\$) et**
 - **complexes**
- **Le 4D inclut les déplacements d'équipements, les manipulations juste-à-temps, l'entreposage et les réservations d'espaces**
- **Ces développements ont aidé:**
 - **Le personnel de bureau pour des décisions stratégique et**
 - **Le personnel de chantier pour des considérations opérationnelles**

QUESTIONS/COMMENTAIRES?



Merci de votre participation

Contact: guevremont.michel@hydro.qc.ca