



**HAL**  
open science

## 10 ans après : une nouvelle plateforme de captation et diffusion en direct et en différé de vidéos de cours

Ludovic Auxepaules, Stéphane Michel, Mejdî Bouchlaghem, Thomas Naudin, Géraldine Scalbert, Christian Cousquer, Yannis Roualdes

### ► To cite this version:

Ludovic Auxepaules, Stéphane Michel, Mejdî Bouchlaghem, Thomas Naudin, Géraldine Scalbert, et al.. 10 ans après : une nouvelle plateforme de captation et diffusion en direct et en différé de vidéos de cours. JRES (Journées réseaux de l'enseignement et de la recherche ) 2017, Renater, Nov 2017, Nantes, France. hal-04806739

**HAL Id: hal-04806739**

**<https://hal.science/hal-04806739v1>**

Submitted on 27 Nov 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

# 10 ans après : une nouvelle plateforme de captation et diffusion en direct et en différé de vidéos de cours

## Ludovic Auxepaules

DSI, UPMC, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05

## Stéphane Michel

DSI, UPMC, Site Pitié Salpêtrière, 91 bd de l'Hôpital, 75634 Paris Cedex 13

## Mejdi Bouchlaghem

DSI, UPMC, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05

## Thomas Naudin

DGFIP, UPMC, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05

## Géraldine Scalbert

TICEMED, UPMC, Site Pitié Salpêtrière, 105 bd de l'Hôpital, 75634 Paris Cedex 13

## Christian Cousquer

DSI, UPMC, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05

## Yannis Roualdes

DSI, UPMC, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05

## Résumé

*Le premier système automatisé de diffusion des cours en direct et en différé pour les étudiants de première année de la faculté de médecine de l'UPMC a été mis en place dès 2006 et a été présenté lors des JRES 2007 à Strasbourg. Ce système a évolué techniquement au fil des années notamment au niveau des protocoles et des lecteurs utilisés : tout d'abord avec les produits liés à Real Media puis le recours aux protocoles RTSP, RTMP et HLS.*

*Dès 2015, la faculté de médecine a pris la décision de lancer un grand chantier de modernisation de l'ensemble de ce dispositif. Elle avait comme objectif de garantir une chaîne de production et de diffusion la plus automatisée possible, dans le but d'opérer la diffusion en direct et de favoriser la mise à disposition des vidéos proche de la fin du cours enregistré. Les vidéos diffusées sont prévues pour être de meilleure qualité (en Haute Définition) et dans des formats multi-plateformes (bureau, mobile, tablette). La simplification du pilotage de la chaîne de diffusion a également été revue pour permettre de déléguer la programmation et la publication automatique au métier.*

*La nouvelle chaîne de diffusion a ainsi été mise en production dès septembre 2016 ; elle est basée sur 4 éléments principaux fonctionnant en cohésion : Extron SMP 351, Opencast d'Apereo, Wowza, ENT uPortal d'Apereo et Moodle. Nous précisons ici les choix et les contraintes qui nous ont conduits à la mettre en place, l'architecture détaillée retenue. Nous exposons les premiers retours et statistiques, ainsi que les évolutions et perspectives du projet.*

## Mots-clefs

Vidéo à la demande, VOD, vidéo en direct, streaming, portail, opencast, wowza, moodle.

# 1 Historique des évolutions de la chaîne de captation

## 1.1 Contexte et historique de 2006 à 2016

Pour faire face au nombre croissant d'étudiants inscrits en première année commune aux études de santé (PACES), la faculté de médecine de l'UPMC (FMPMC) propose depuis plus de dix ans un système de vidéo interne qui permet de diffuser les cours magistraux dans plusieurs amphithéâtres et salles simultanément pour plus de 2300 étudiants répartis en 48 groupes de TD. Les cours étant répétés deux fois dans la journée, les étudiants se retrouvent en face du professeur par rotations successives. La préparation au concours comprend 16 heures de cours magistraux par semaine pendant deux semestres de 15 semaines.

Le premier système automatisé de diffusion des cours en direct et en différé pour les étudiants de première année de médecine a été mis en place dès 2006 et a été présenté lors des JRES 2007 à Strasbourg [1]. Afin de permettre à tous les usagers d'accéder aux cours quel que soit leur dispositif et en suivant l'évolution des standards, ce système a évolué techniquement au fil des années notamment au niveau des protocoles et des lecteurs utilisés : tout d'abord avec les produits liés à Real Media puis avec le recours aux protocoles RTSP, RTMP et HLS supportés par le lecteur web jwplayer.

Le service de diffusion a été intégré dès le début dans l'environnement numérique de formation (ENF) de l'UPMC puis dans l'environnement numérique de travail (ENT) monUPMC sous forme de canaux et ensuite sous forme de portlets. Une réécriture complète de ces services a été opérée lors du développement du nouveau portail ENT sous uPortal 4.0 en 2012 [2]. Deux interfaces adaptées respectivement à un usage « bureau » (sur ordinateur) et à un usage « mobile » (sur tablette ou téléphone mobile) ont ainsi été produites et utilisées depuis lors. Les formats de diffusion des vidéos sont le RTMP sur bureau et le HLS sur mobile. Des requêtes ajax et des flux de données jsonp et json ont été mis en place afin de récupérer automatiquement les vidéos et leurs métadonnées. Ces différentes évolutions sont illustrées ici :



Figure 1 - Evolution des services live (VideLive) et VOD (VideoArchives) dans l'ENT de 2006 à 2016

La diffusion des vidéos a été opérée par plusieurs serveurs Helix et utilisée ainsi jusqu'en avril 2016.

## 1.2 2015 : nouveaux objectifs de la FMPMC pour la refonte de la chaine

Dès 2015, la FMPMC a pris la décision de lancer un grand chantier de modernisation de l'ensemble du dispositif. L'objectif est de garantir une chaine de production et de diffusion la plus automatisée possible, pour opérer la diffusion en direct et favoriser une mise à disposition des vidéos au plus près de la fin du cours enregistré. Les vidéos diffusées sont prévues pour être de meilleure qualité (en Haute Définition) et toujours dans des formats lisibles sur tout dispositif (bureau, mobile, tablette). La simplification du pilotage de la chaine de diffusion est visée également pour permettre de déléguer la programmation et la publication automatique au métier. Il est envisagé que les personnels de la faculté puissent directement programmer et piloter les enregistrements depuis « un calendrier » et que la captation, la diffusion du streaming (en live), le traitement de l'enregistrement et sa publication (en VOD) soient déclenchés et réalisés automatiquement ensuite. Enfin, il est exprimé que les vidéos de cours filmés doivent être intégrées directement dans les espaces de cours définis sur le LMS Moodle spécifique aux étudiants de première année de médecine.

La première phase du projet a commencé en 2015 par la rénovation complète des amphithéâtres du site de la Pitié Salpêtrière où se déroulent les cours. Une nouvelle infrastructure matérielle a été acquise pour équiper chacun des amphithéâtres via un marché public : cette infrastructure est basée sur les systèmes d'Extron et notamment les processeurs de streaming et d'enregistrement SMP 351, de nouvelles caméras et des « tablettes » permettant de les piloter depuis le pupitre directement dans l'amphithéâtre. Faute de ressources disponibles et après une réception tardive des locaux équipés, la chaine de diffusion des cours n'a pu évoluer pour la rentrée de septembre 2015.

## 1.3 2016 : organisation des équipes lors du projet

Dès début 2016, une première équipe-projet a été constituée pour répondre au cahier des charges rédigé par la faculté de Médecine ; elle a eu pour objectif de mettre en place la nouvelle chaine de captation et de diffusion pour la rentrée de septembre 2016. Cette équipe n'ayant pu répondre de manière satisfaisante à toute la demande dans les temps, une seconde équipe plus restreinte a été mandatée pour répondre à la demande en trois mois durant « l'été 2016 », en reprenant une partie des travaux menés précédemment :

- les amphithéâtres étaient déjà équipés par des systèmes Extron, caméras, micros, tablettes ;
- les produits logiciels Wowza ont été envisagés pour assurer la transmission des cours en direct et en différé dans les différents formats et qualités ;
- deux serveurs physiques avaient été commandés pour l'architecture dédiée à Wowza.

La seconde équipe est formée de membres du personnel de différents services de l'UPMC qui ont travaillé en cohésion sur ce projet : la DSI, le service TICEMED, la FMPMC, la DGFIP (Direction générale de la formation initiale et professionnelle) et la DGS (Direction générale des services). Les principales actions réalisées par le second groupe ont été de :

- configurer ou re-paramétrer l'existant ;
- faire que tous les éléments puissent être intégrés ensemble ;
- mettre en place les éléments manquants ;
- s'assurer que tout fonctionne pour la rentrée de septembre 2016 et pour les deux semestres.

## 2 Présentation générale des solutions techniques adoptées

La nouvelle chaîne mise en place est schématisée dans la vue synoptique (figure 2) et est constituée des 4 éléments suivants fonctionnant en cohésion :

- **Extron SMP 351** : Système de captation qui permet l'enregistrement et la distribution de sources et de présentations audiovisuelles comme des flux streamés en direct et des fichiers multimédia enregistrés dans les différents amphithéâtres ;
- **Opencast d'Apereo** : Administration et programmation des enregistrements dans les différents amphithéâtres. Le post-traitement est automatisé par un workflow qui utilise les vidéos produites par les SMP 351, les traite et les met à disposition sur un NAS accessible par Wowza ;
- **Wowza Streaming Engine** : Serveur de streaming assurant la transmission des cours en live et en VOD dans différents formats et qualités, et effectue le transcodage à la volée pour les directs.
- **Portail ENT monUPMC et Plateforme de formation Moodle** : Diffusion en ligne des cours en direct et en différé via des lecteurs intégrés. Les lecteurs utilisés pour diffuser les cours en direct et en différé sont respectivement jwplayer dans l'ENT et flowplayer dans Moodle. Les protocoles RTSP, RTMP et HLS ont été retenus pour permettre la diffusion sur tout type de plateforme que ce soit sur poste fixe ou dispositif mobile.

Des développements spécifiques ont été réalisés pour :

- générer les listes de lecture des cours en différé dans Moodle ;
- gérer l'affichage du live dans Moodle avec le lecteur flowplayer ;
- adapter la portlet de diffusion du live pré-existante dans le portail ENT monUPMC et faciliter les accès aux espaces de cours des étudiants dans Moodle.

Un travail a été mené sur les métadonnées afin que les différents éléments du système mis en place puissent les utiliser sans aucune ressaisie.

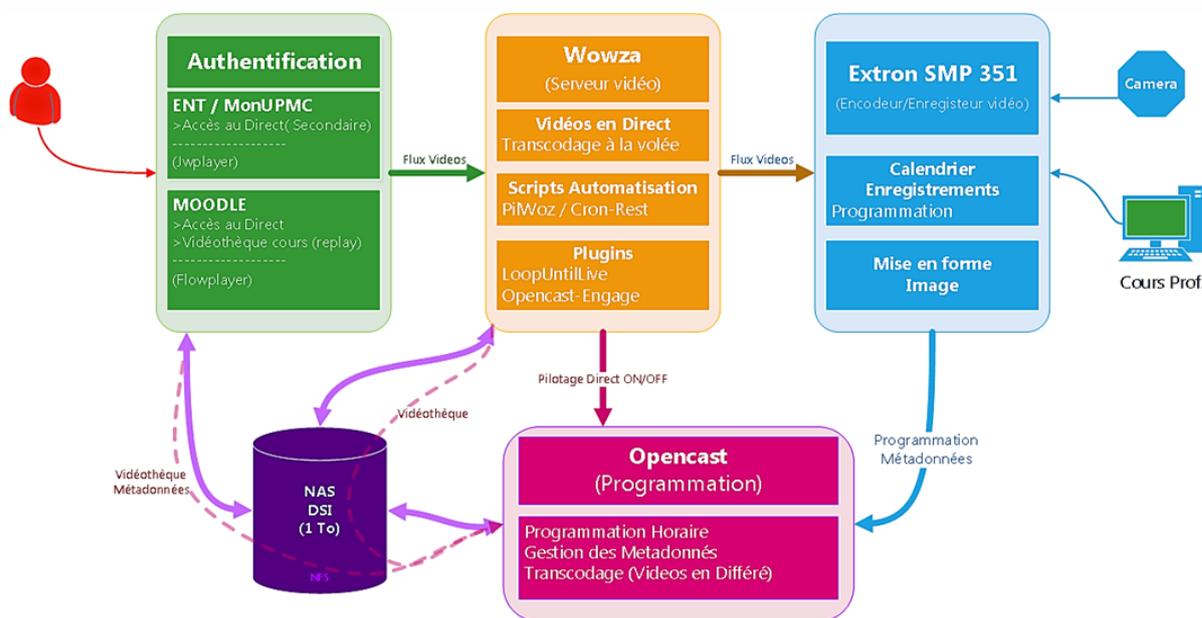


Figure 2 - Infrastructure – Vue synoptique

En partant de la vue synoptique du système, nous pouvons établir une vue plus technique (figure 3), laissant apparaître les principaux éléments protocolaires et flux de communication entre :

- le navigateur de l'utilisateur final (étudiant) qui assiste ou revoit les cours depuis « chez lui »,
- le site du Campus Jussieu (2 salles-machines hébergeant les serveurs de Wowza, les machines virtuelles de monUPMC, Moodle et Opencast, les baies de stockage et le montage NAS),
- le site de la Pitié Salpêtrière noté PS, où sont localisés les amphithéâtres de la faculté de médecine et les Extron SMP 351.

Le réseau académique de Paris (RAP) relie les deux sites.

Un boîtier F5-BIGIP redondé dans chaque salle machine du Campus Jussieu est utilisé pour répartir la charge des différents applicatifs (ENT, Moodle) et serveurs de base de données (Cluster Galera MariaDB).

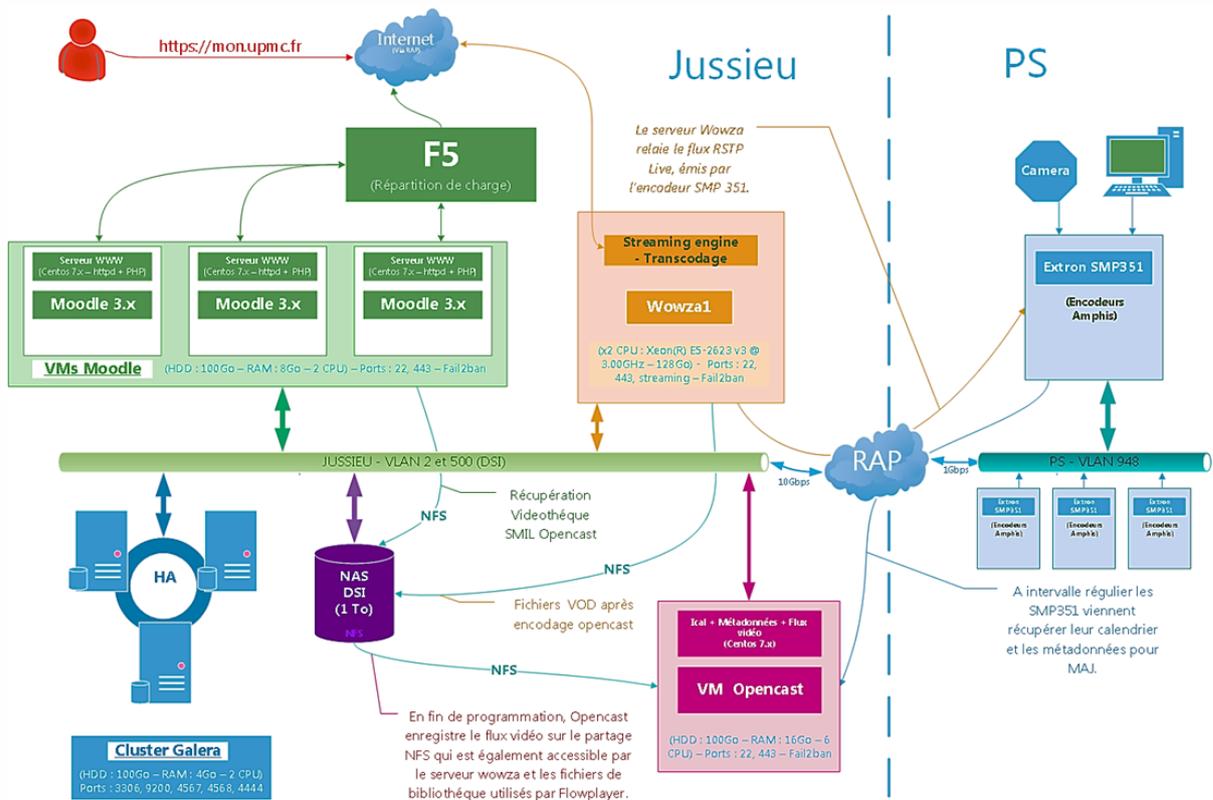


Figure 3 - Infrastructure – Vue technique

### 3 Configuration et utilisation de la solution Extron SMP 351

Le SMP 351 est un produit intégré proposé par la société Extron (figure 4) : un processeur h.264 multimédia pour streaming. Cet encodeur permet de fournir en sortie un flux RTSP streamé en continu.

Ce produit équipait déjà les 9 amphithéâtres principaux de la faculté de Médecine de l'UPMC avant la reprise du projet par la seconde équipe.

Il est paramétrable via son interface web embarquée et également via des commandes constructeur accessibles en Telnet/SSH. Cette dernière option permet au besoin de piloter ou d'automatiser le fonctionnement des SMP 351 à distance.

La diffusion des configurations s'automatise facilement par export/import de fichiers en FTP.



Figure 4 - Boîtier Extron SMP 351

Le SMP 351 offre aussi des fonctionnalités de composition de l'image : elle permet l'ajout de police, de logos, de titres et la gestion de deux flux A/V en entrées. Dans notre contexte d'utilisation, nous retrouvons le diaporama (channel A dans la figure 5), une incrustation de la caméra vidéo filmant l'enseignant (channel B) et différentes informations concernant le cours (le titre du cours au-dessus des diapositives, les logos de l'UPMC et de la faculté de médecine dans le coin en haut à gauche). Le SMP 351 se charge ainsi de restituer la situation de présentation en direct.

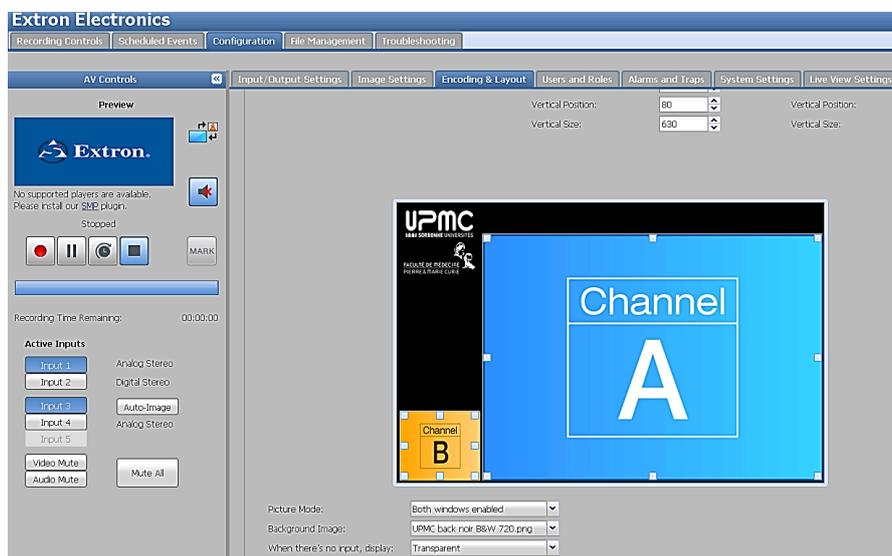


Figure 5 - Adaptation de l'habillage et de l'incrustation de la caméra dans l'extron SMP 351

L'enregistrement local sur disque SSD est possible via le panneau de contrôle du boîtier, programmation sur l'interface web, la connexion à un calendrier iCal ou une interconnexion avec Opencast.

Cette dernière option nous permet aussi d'intégrer automatiquement des métadonnées issues de la programmation réalisée dans Opencast (nom du cours et du professeur) dans la composition de l'image.

## 4 Opencast, « le maître d'orchestre »

### 4.1 Caractéristiques générales

Opencast, anciennement nommé Matterhorn, est une solution open-source et gratuite portée par la fondation internationale Apero pour l'enregistrement de présentations A/V depuis la programmation, jusqu'à la publication. La communauté d'établissements de l'enseignement supérieur autour d'Opencast est très active et fournit du support et de nouvelles fonctionnalités depuis plusieurs années.

Opencast est automatisé, flexible, personnalisable et évolutif et porte les fonctionnalités suivantes :

- présentation et gestion de la programmation des enregistrements ;
- processus / workflow de traitement séquentiel des contenus multimédia ;
- ré-encodage, détection des blancs, OCR, découpage des vidéos enregistrées... ;
- distribution / publication des contenus multimédias en interne ou vers des systèmes de gestion de contenus (CMS), systèmes de gestion pédagogique (LMS) ;
- interfaces de gestion et de lecture intégrées des vidéos.

De nombreux standards sont gérés dont iCal, RSS, ATOM, OAI-PMH, MPEG-7, Dublin Core, LTI ; Opencast est intégrable à différents systèmes tels qu'Extron, Galicaster, Current, Wowza, LMS (Moodle, Sakai) avec LTI, Kaltura, YouTube, iTunes U, ORI-OAI, Piwik... et est extensible via ses API REST.

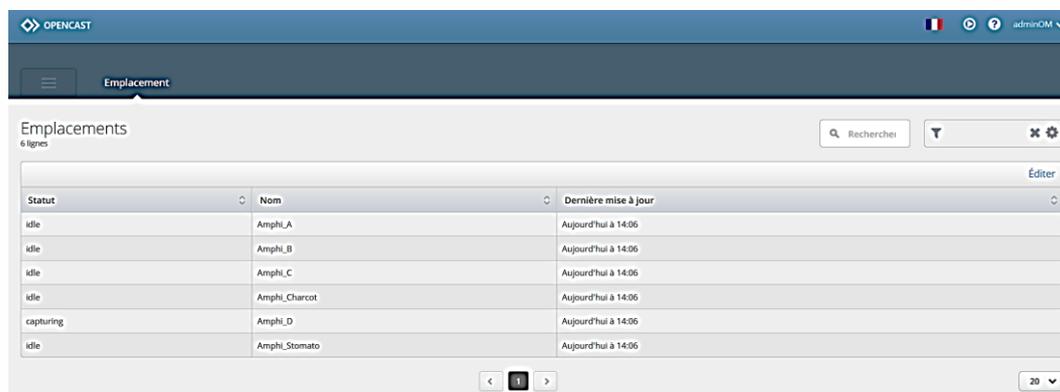
Cette solution open-source a été retenue dans le cadre du projet notamment car elle est compatible directement avec les SMP 351, et car il existe un connecteur direct également avec Wowza. Dans notre proposition, Opencast joue ainsi un rôle central :

- le calendrier des captations (création de flux .ical) y est saisi et géré ;
- des métadonnées compatibles Dublin Core y sont saisies dans l'interface d'administration ;
- les SMP 351 récupèrent automatiquement la programmation des captations en interrogeant Opencast et lui délègue le traitement et la publication une fois l'enregistrement terminé ;
- Opencast crée les listes de lecture pour la VOD (en format .smil) qui sont utilisées par Wowza et lues dans les espaces de cours dans Moodle.

Nous avons débuté avec une instance « tout en un » d'Opencast en version 2.x à partir du dépôt RPM de l'Université d'Osnabrück sur une machine virtuelle Centos7 équipée de 8 cœurs et 12 Go de mémoire vive.

## 4.2 Pilotage des processeurs multimédia SMP 351 (Agents de capture)

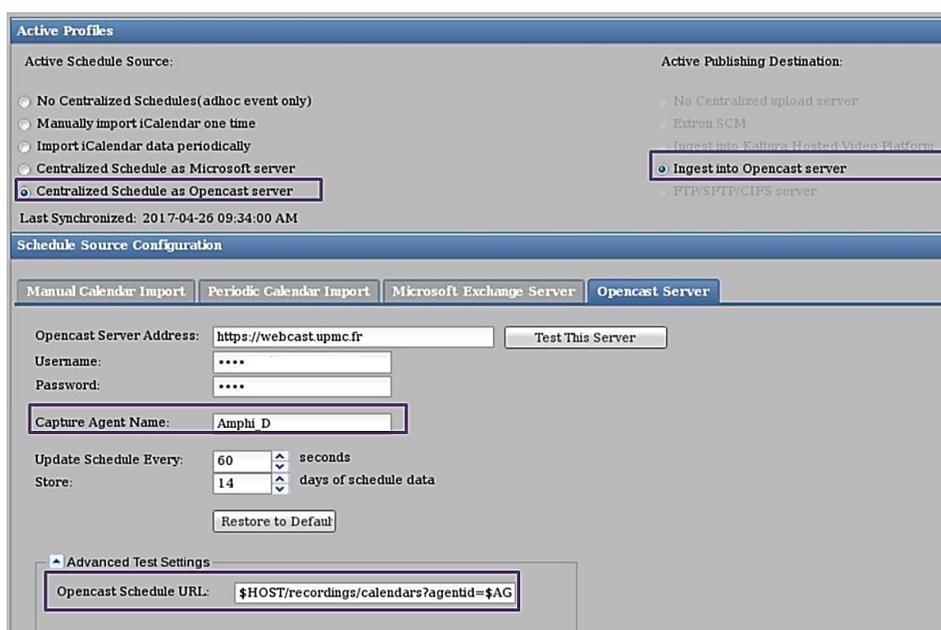
Chaque Extron SMP 351 présent dans les amphithéâtres correspond dans l'interface Web Opencast à un « agent de capture » dont on peut suivre le statut (en attente, en cours d'enregistrement...) :



Statut	Nom	Dernière mise à jour
idle	Amphi_A	Aujourd'hui à 14:06
idle	Amphi_B	Aujourd'hui à 14:06
idle	Amphi_C	Aujourd'hui à 14:06
idle	Amphi_Charcot	Aujourd'hui à 14:06
capturing	Amphi_D	Aujourd'hui à 14:06
idle	Amphi_Stomato	Aujourd'hui à 14:06

Figure 6 - Agents de capture dans Opencast (chaque ligne est un SMP 351 dans un amphithéâtre)

Les SMP 351 s'enregistrent automatiquement en appelant les API REST d'Opencast et récupèrent à intervalle régulier le calendrier au format .ical des enregistrements programmés les concernant (figure 7). Chaque changement dans Opencast est donc répercuté dans les minutes suivantes dans l'agent de capture concerné. Le début ou l'arrêt de l'enregistrement peuvent être lancés également directement depuis l'interface du SMP 351 ou depuis une tablette de pilotage située dans l'amphithéâtre. Nous avons choisi de retenir comme nom pour chaque agent de capture, le nom de l'amphithéâtre, ici « Amphi\_D » :



Active Profiles

Active Schedule Source:

- No Centralized Schedules (ad hoc event only)
- Manually import iCalendar one time
- Import iCalendar data periodically
- Centralized Schedule as Microsoft server
- Centralized Schedule as Opencast server

Active Publishing Destination:

- No Centralized upload server
- Extron SCM
- Ingest into Kaltura Hosted Video Platform
- Ingest into Opencast server
- PTP/SFTP/CIFS server

Last Synchronized: 2017-04-26 09:34:00 AM

Schedule Source Configuration

Manual Calendar Import | Periodic Calendar Import | Microsoft Exchange Server | **Opencast Server**

Opencast Server Address:

Username:

Password:

Capture Agent Name:

Update Schedule Every:  seconds

Store:  days of schedule data

Advanced Test Settings

Opencast Schedule URL:

Figure 7 - Configuration de l'agent de capture dans le SMP 351

## 4.3 Gestion des métadonnées des enregistrements et des séries

Dans Opencast, les différents cours filmés sont classés dans des « séries ». Chaque séance filmée individuelle est appelée « événement » et est programmée dans un agent de capture à une heure de début et pour une durée prédéfinie. Nous avons travaillé tout particulièrement sur les métadonnées associées à

chaque évènement et série afin que ces informations puissent être utilisées et propagées depuis la planification du direct jusqu'à la publication et la diffusion en différé dans Moodle.

Détails de l'évènement		
Titre	Informations générales sur la filière Maïeutique	<input checked="" type="checkbox"/>
Sujet		<input checked="" type="checkbox"/>
Description		<input checked="" type="checkbox"/>
Langue	Français	<input checked="" type="checkbox"/>
Droits	Copyright UPMC FMPMC	<input checked="" type="checkbox"/>
Licence	Tous droits réservés	<input checked="" type="checkbox"/>
Série	PAES_2016_S2	<input checked="" type="checkbox"/>
Présentateur(s)		<input checked="" type="checkbox"/>
Contributeur(s)		<input checked="" type="checkbox"/>
Date de début	04/01/17	<input checked="" type="checkbox"/>
Heure de début	12:51	<input checked="" type="checkbox"/>
Durée	01:00:00	<input checked="" type="checkbox"/>
Emplacement	Amphi_D	<input checked="" type="checkbox"/>

Figure 8 - Détails des métadonnées d'un évènement programmé dans Opencast

Nous avons choisi de créer une série par unité d'enseignement (UE) en suivant le formalisme suivant : **PAES\_YYYY\_Sx\_UEz** (nom de la formation, année en 4 chiffres, semestre 1 ou 2, UE) et également des séries à la racine des semestres pour les enregistrements ne relevant pas directement d'une UE.

L'évènement présenté dans la figure précédente a été programmé pour l'agent de capture « Amphi\_D » et est publié dans la série « PAES\_2016\_S2 ». Le fichier mp4 produit par le SMP 351 porte le nom suivant **PAES\_2016\_S2\_Informations\_g\_n\_ral\_20170104\_135100\_S1R1.mp4** car nous avons défini la règle de nommage suivante dans le SMP 351 : **Série \_ Titre évènement \_ Date \_ Heure \_ S1R1.mp4**

Configurable Field 1	Configurable Field 2	Date/Time Format	File Extension
Event Course Name	Event Title	Local Time	_Stream#Recording# m4v

Figure 9 - Configuration des noms des fichiers en fonction des métadonnées dans le SMP 351

Opencast, lors du traitement et de la publication de l'enregistrement fourni par l'agent de capture, va produire et propager les métadonnées de l'enregistrement dans des fichiers xml compatibles Dublin Core :

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<dublincore xmlns="http://www.opencastproject.org/xsd/1.0/dublincore/" xmlns:dcterms="http://purl.org/dc/terms/" xmlns:xsi="http://www.w
<dcterms:created>2017-01-06T10:50:13Z</dcterms:created>
<dcterms:extent xsi:type="dcterms:ISO8601">PT59M55.244S</dcterms:extent>
<dcterms:identifier>8ac681a1-afb9-4c47-8950-20bb184b929e</dcterms:identifier>
<dcterms:isPartOf>a5e3ae90-9355-433e-bf0d-07e24c83430d</dcterms:isPartOf>
<dcterms:language>fra</dcterms:language>
<dcterms:license>ALLRIGHTS</dcterms:license>
<dcterms:rightsHolder>Copyright UPMC FMPMC</dcterms:rightsHolder>
<dcterms:spatial>Amphi_D</dcterms:spatial>
<dcterms:temporal xsi:type="dcterms:Period">start=2017-01-04T11:51:00Z; end=2017-01-04T12:51:00Z; scheme=W3C-DTF</dcterms:temporal>
<dcterms:title>Informations générales sur la filière Maïeutique</dcterms:title>
</dublincore>
```

Figure 10 - Extrait des métadonnées d'un enregistrement au format Dublin Core dans Opencast

## 4.4 Traitement des enregistrements et publication

La puissance d'Opencast réside également dans sa capacité à traiter les enregistrements de manière automatisée. Ce mécanisme est opéré par des flux/processus de traitement (« workflow ») associés à un évènement. Un flux de traitement est une liste séquentielle d'opérations décrite dans des fichiers xml. Il n'y a pas de limite dans le nombre d'opérations ou sur leurs répétitions. Des conditions d'exécution peuvent être activées ou non en fonction de variables de configuration et de différents paramètres. Une liste non exhaustive des opérations que nous pouvons utiliser dans un processus de traitement avec Opencast est la suivante :

- *archive* : archive l'état courant du média traité ;
- *cleanup* : nettoyage de l'espace de travail ;
- *comment* : ajout ou suppression d'un commentaire ;
- *compose* : encodage du fichier de media en utilisant FFmpeg ;
- *concat* : concaténation de plusieurs pistes vidéo en une seule piste ;
- *copy* : copie des éléments associés à un média dans un répertoire cible ;
- *cover-image* : génération d'une image de couverture contenant les métadonnées ;
- *editor* : attente de l'utilisateur pour couper ou répéter des parties de la vidéo ;
- *email* : envoi de notifications par mail sur n'importe quelle partie du workflow ;
- *encode* : encode les fichiers du média dans différents formats en parallèle ;
- *extract-text* : extraction des textes des différents segments de la présentation ;
- *image* : extraction des images d'une vidéo en utilisant FFmpeg ;
- *ingest-download* : téléchargement de fichiers à partir d'une url externe (e.g. depuis un Extron) ;
- *publish-engage* : distribution et publication du média dans la vidéothèque d'Opencast ;
- *retract-engage* : retrait du média dans le module de publication d'Opencast ;
- *segment-video* : extraction des segments depuis la présentation (i.e. chapitre) ;
- *segmentpreviews* : extraction des segments d'images à partir de la vidéo en utilisant FFmpeg ;
- *silence* : détection des silences sur la piste audio ;
- *waveform* : création d'une image de la piste audio du média (visible dans la figure 11) ;
- *zip* : création d'une archive zip de l'état courant des éléments associés au média.

Il est possible d'interrompre le workflow pour demander une action à l'utilisateur (afin de réaliser par exemple la découpe des silences dans l'éditeur intégré à Opencast avant de relancer la publication) :

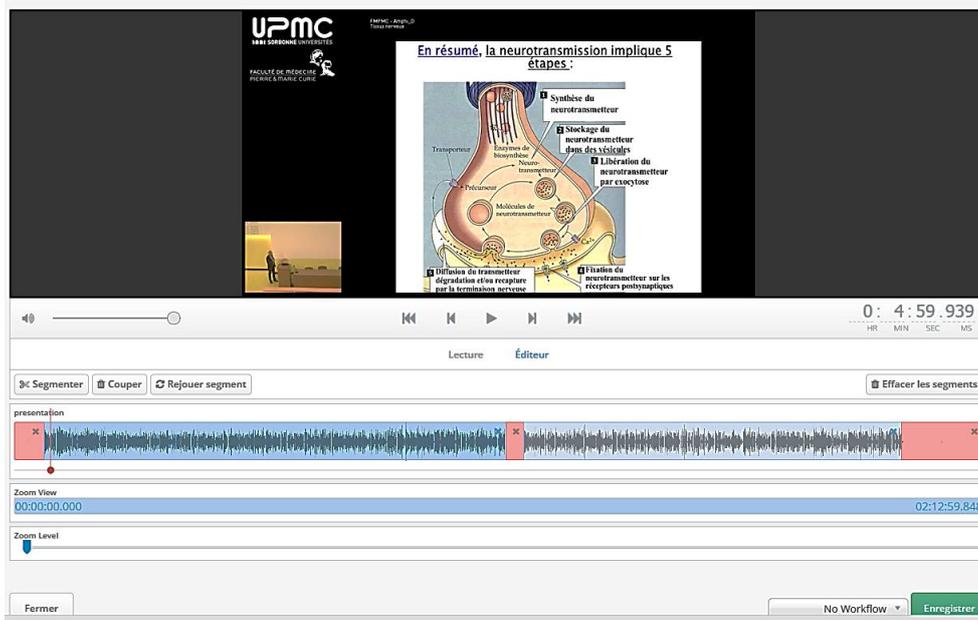


Figure 11 - Editeur d'enregistrement dans Opencast

Des flux de traitement par défaut sont définis dans Opencast pour :

- programmer, traiter et publier rapidement les enregistrements ;
- supprimer proprement un enregistrement déjà publié ;
- republier les métadonnées.

La qualité de l'encodage n'étant pas très bonne dans ces workflows (ils utilisent des profils « low » pour le ré-encodage de l'image et du son), nous nous en sommes inspirés pour créer nos propres workflows dont le principal est nommé « HD 720p » ; il permet de ré-encoder en plusieurs qualités l'enregistrement (en profils « low », « medium », « high » et « HD » avec FFmpeg), de repérer les silences, proposer un chapitrage automatiquement... Enfin, ce flux de traitement publie sur le NAS les différents fichiers produits et crée des listes de lecture (.smil) directement exploitables dans Wowza.

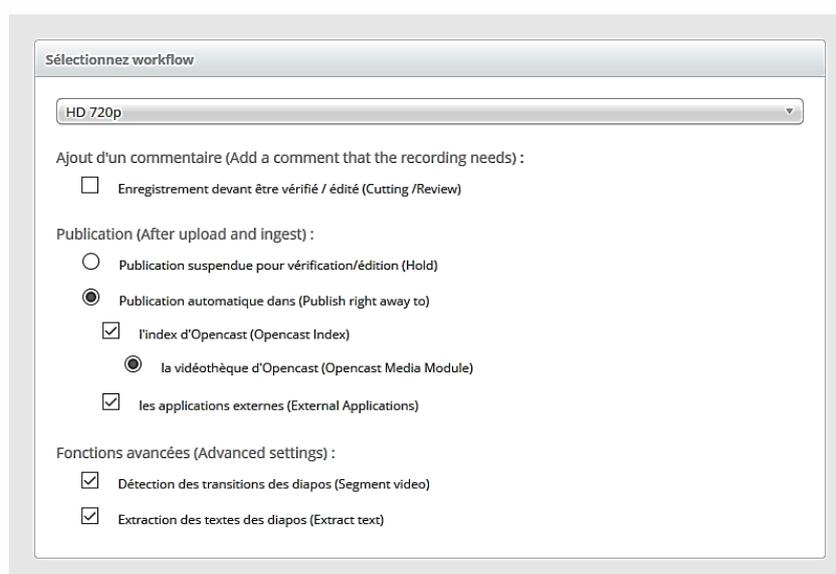


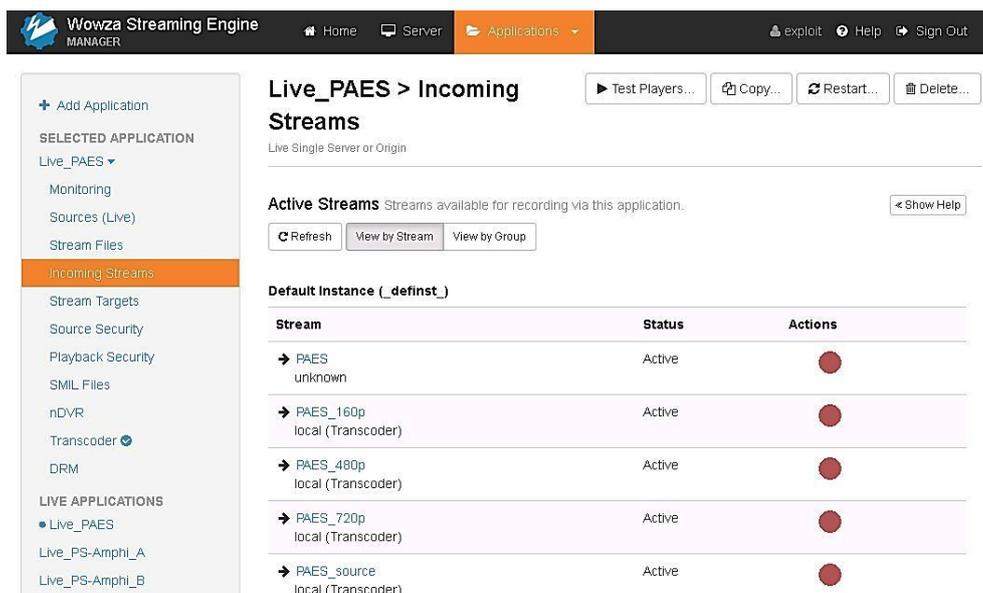
Figure 12 - Sélection du flux de traitement « HD 720p » pour un évènement

## 5 Serveur vidéo Wowza et développements associés

Wowza Streaming Engine est une solution logicielle propriétaire de streaming vidéo. Elle est particulièrement complète et permet de diffuser aussi bien des flux live que VOD dans une grande variété de formats (RTMP, HDS, MPEG-DASH, HLS, RTSP/RTP...). Wowza supporte aussi le transcodage de flux à la volée en live.

Wowza est réputée pour être un produit fiable et performant. Elle offre une solution modulable à l'aide de nombreux plugins et est adaptable avec les commandes issues des API REST.

L'interface d'administration web permet une prise en main simple et rapide.



The screenshot shows the Wowza Streaming Engine Manager web interface. The top navigation bar includes 'Home', 'Server', 'Applications', 'exploit', 'Help', and 'Sign Out'. The left sidebar contains a navigation menu with options like 'Add Application', 'Monitoring', 'Sources (Live)', 'Stream Files', 'Incoming Streams', 'Stream Targets', 'Source Security', 'Playback Security', 'SMIL Files', 'nDVR', 'Transcoder', 'DRM', and 'LIVE APPLICATIONS'. The main content area is titled 'Live\_PAES > Incoming Streams' and shows a table of active streams. The table has columns for 'Stream', 'Status', and 'Actions'. The streams listed are: PAES\_unknown, PAES\_160p\_local (Transcoder), PAES\_480p\_local (Transcoder), PAES\_720p\_local (Transcoder), and PAES\_source\_local (Transcoder). All streams are in an 'Active' status.

Stream	Status	Actions
→ PAES_unknown	Active	●
→ PAES_160p_local (Transcoder)	Active	●
→ PAES_480p_local (Transcoder)	Active	●
→ PAES_720p_local (Transcoder)	Active	●
→ PAES_source_local (Transcoder)	Active	●

Figure 13 - Wowza interface web – gestion de flux d'entrée d'une chaîne live

### 5.1 Mise en œuvre de Wowza

À la vue des ressources nécessaires, notre choix s'est porté vers une installation sur des serveurs physiques performants, biprocesseurs quadri-cœurs Xeon, avec 192Go de mémoire vive. Seulement 32Go sont utilisés par Wowza mais il devient plus gourmand en ressources de calcul CPU et GPU dès le transcodage activé.

L'installation est rapide (script fournit), la prise en main est simple et très bien documentée.

Une personnalisation avancée peut être nécessaire en fonction des ressources matérielles. Cette partie est elle aussi documentée par Wowza.

L'autre ressource particulièrement importante est la bande passante réseau nécessaire. Elle dépend du nombre de connexions simultanées et de la taille des flux de streaming.

### 5.2 Optimisations de Wowza et du SMP 351

Nous avons réalisé une série de tests pour optimiser « de visu » la qualité des flux tout en conservant le débit le plus faible possible sur les encodeurs SMP 351.

Dans le cas d'un streaming de type « cours d'amphithéâtre » avec incrustation de la captation vidéo du professeur, nous avons déterminé que le meilleur compromis qualité versus taille est : **Codage H264 (High profile – level 4.1) - HD 720p (1280x720) – 15 fps – Bitrate : 750 Kbps.**

Afin de permettre aux utilisateurs de suivre les cours sur tout type de matériels et de connexions (3G/4G, WIFI, etc.) nous utilisons le transcodage en 720p, 480p, et 160p (seul le son est disponible dans ce cas) :

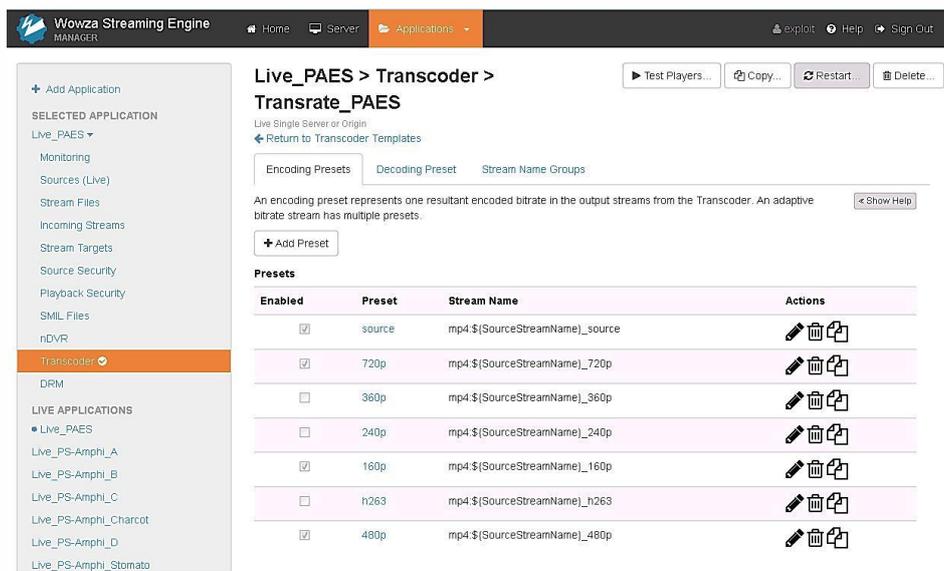


Figure 14 - Wowza paramétrage "Transcoder"

### 5.3 Intégration et développements pour Wowza

Pour automatiser le matriçage des flux en fonction de la programmation réalisée sur Opencast, nous utilisons deux shell scripts développés spécifiquement et le plugin Wowza « *Loop Until Live* ».

Le script « *ParseOpencastIcs.sh* » scrute à intervalle régulier la programmation des cours (API REST d'Opencast) ; sur la base des informations contenues dans les métadonnées ical il récupère :

- l'heure de début et de fin d'un enregistrement qui détermine le créneau horaires de diffusion d'un direct ;
- la source (stream) qui correspond au nom de l'encodeur/agent de capture ;
- le nom de la chaine de diffusion (application) qui est extrait à partir du champ « Série ».

Une crontab est forgée avec ces informations ; elle appelle le script « *PilWoz.sh* » (API REST de Wowza) qui permet de connecter/déconnecter une source à une chaine de diffusion donnée.

```
#prog Pilotage Wowza chaine PAES :1
27 8 02 11 * /usr/sbin/PilWoz.sh conn Live_PAES PS-Amphi_D | tee >> /var/log/pilwoz
40 10 02 11 * /usr/sbin/PilWoz.sh deconn Live_PAES PS-Amphi_D | tee >> /var/log/pilwoz
...
#prog Pilotage Wowza chaine PAES :61
27 8 05 02 * /usr/sbin/PilWoz.sh conn Live_PAES PS-Amphi_D | tee >> /var/log/pilwoz
40 10 05 02 * /usr/sbin/PilWoz.sh deconn Live_PAES PS-Amphi_D | tee >> /var/log/pilwoz
#Script de Pilotage Wowza
```

Figure 15 - Extrait du fichier crontab

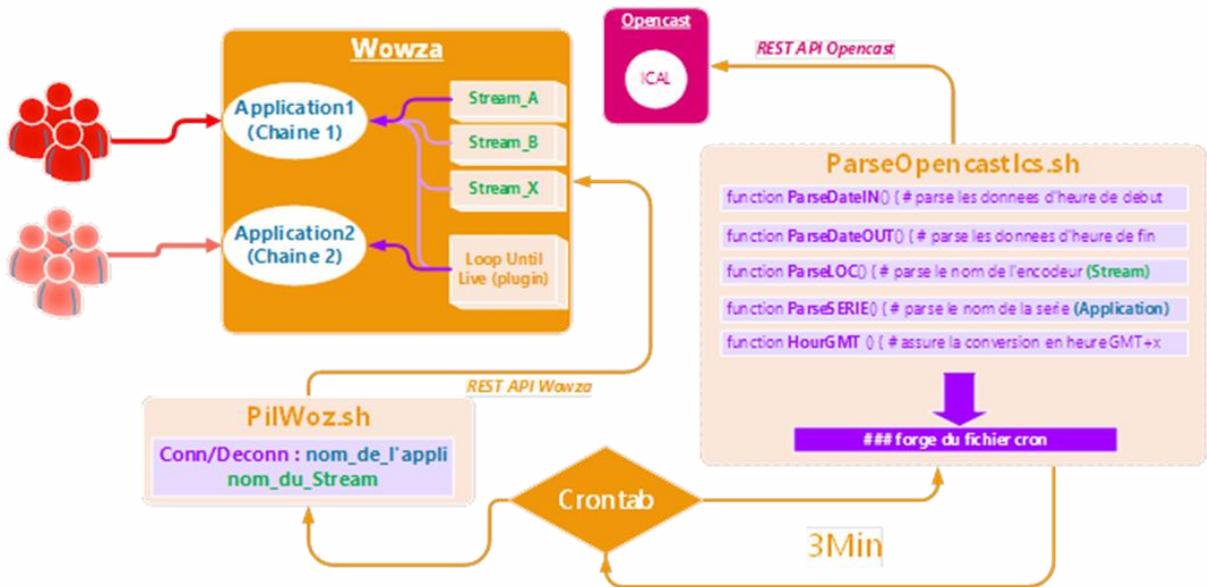


Figure 16 - ParseOpencastIcs.sh & PilWoz.sh - vue synoptique.

Le plugin *Loop Until Live* assure la diffusion d'une boucle vidéo d'attente quand une source de direct n'est pas connectée sur la chaîne :



Figure 17 - Aperçu de la boucle vidéo d'attente

Enfin, le plugin Opencast « *Wowza Adaptive Streaming Distribution Service* » développé par la communauté Opencast, permet d'assurer l'intégration automatique des enregistrements dans Wowza. Pour cela, des listes de lecture au format .smil pour chaque enregistrement sont générées et déposées sur le NAS par Opencast et elles sont consultables directement dans une chaîne spécifique dédiée à la VOD dans Wowza.

## 6 Diffusion des vidéos en live et en VOD dans Moodle

Les cours diffusés en live et en VOD sont consultables directement dans les espaces de cours du LMS Moodle dédiés aux étudiants de première année de médecine. Cette instance de Moodle a été mise en place en parallèle de la nouvelle chaîne de diffusion des cours. Elle est organisée en quatre espaces : un pour le direct, un pour les cours du semestre 1, un pour les cours du semestre 2, un pour les documents généraux de l'année. Différentes sections dans chaque semestre correspondent à chaque UE où les étudiants peuvent retrouver les différents documents, polycopiés, les forums ainsi que les listes de vidéos à la demande.

L'objectif est que les étudiants puissent visualiser les cours filmés depuis tout type d'appareils et que la qualité puisse être changée en fonction de la connexion de l'utilisateur ; il a été privilégié pour cela un lecteur vidéo en HTML5 qui repose sur la technologie JS « flowplayer ». Ce lecteur est plus moderne que « jwplayer » et ne nécessite pas de licence pour son utilisation de base ; il supporte le protocole HLS, la lecture accélérée et est bien documenté. Pour des raisons de gain de temps, l'intégration de ce lecteur est réalisée sous forme d'iframe et les paramètres (cursus, UE, ID de la vidéo) sont renseignés en URL.

Le lecteur live dans Moodle est généré par rapport à une chaîne live de Wowza et permet ainsi de diffuser les flux streamés de cette chaîne dans Moodle :



Figure 18 - Lecteur flowplayer pour le cours en live dans Moodle (affichage de la boucle d'attente)

Concernant la VOD, la récupération des informations sur les listes de lecture de chaque UE est opérée par un cron interrogeant les web-services d'Opencast (l'API REST `search/episode`) en passant en paramètre la série recherchée.

Les données recueillies ainsi sont stockées dans des fichiers .json tampons qui permettent de ne pas interroger Opencast à chaque accès d'un utilisateur aux listes de lecture. (Un exemple d'affichage d'une liste de lecture est exposé dans la figure 19).

Les données contenues dans le .json concerné (Titre, date..., ID) et des liens vers le lecteur VOD y sont mis en forme.

Un lecteur VOD est généré et permet de lire en HLS le fichier .smil correspondant à la vidéo sélectionnée ; ce lecteur propose la lecture ralentie ou accélérée ainsi qu'une qualité en SD ou en HD.

Figure 19 - Liste de lecture des vidéos en différée d'une UE dans Moodle

## 7 Exemple d'utilisation de la chaîne automatisée

Voici un exemple complet d'utilisation de la nouvelle chaîne de diffusion des vidéos en direct et différé :

1. Un enregistrement est programmé dans Opencast.
2. Le SMP 351 concerné récupère automatiquement la programmation en interrogeant Opencast.
3. Le flux direct est diffusé en RTSP par le SMP 351 et relayé par Wowza directement en plusieurs qualités et dans plusieurs protocoles.

Crontab Wowza : le jeu de scripts programme le matricage des flux sur la chaîne de diffusion Wowza lors d'un cours en direct sinon une boucle vidéo d'attente est diffusée (plugin Wowza).

Les étudiants visualisent le cours en direct (ou la boucle d'attente) dans l'ENT ou Moodle.

4. A la fin du cours en direct, le SMP 351 crée un dossier qu'il stocke localement conformément aux métadonnées programmées. Opencast vient récupérer le fichier mp4 à partir du moment où il a été notifié par le SMP 351.
5. Opencast traite le fichier reçu et suit le workflow HD 720p : il réencode en différentes qualités, indexe et met le résultat à disposition dans un montage NAS partagé avec Wowza. Il crée une liste de lecture .smil compatible avec Wowza.

Le script cron-rest interroge régulièrement Opencast pour créer des listes de lecture dans chacune des UEs de Moodle.

Les étudiants parcourent les cours en différé dans Moodle et ouvrent le lecteur flowplayer (lisant les flux en HLS de Wowza) pour lire et naviguer dans les cours sélectionnés.

## 8 Tests et statistiques d'utilisation

Des tests de charge ont été menés pour vérifier la capacité des serveurs de streaming Wowza à l'aide du « *Wowza Load Testing Tool* ». Un seul serveur est capable de tenir la charge de plus de 2200 utilisateurs en simultané sur un flux en streaming avec les dispositifs de ré-encodage à la volée activés.

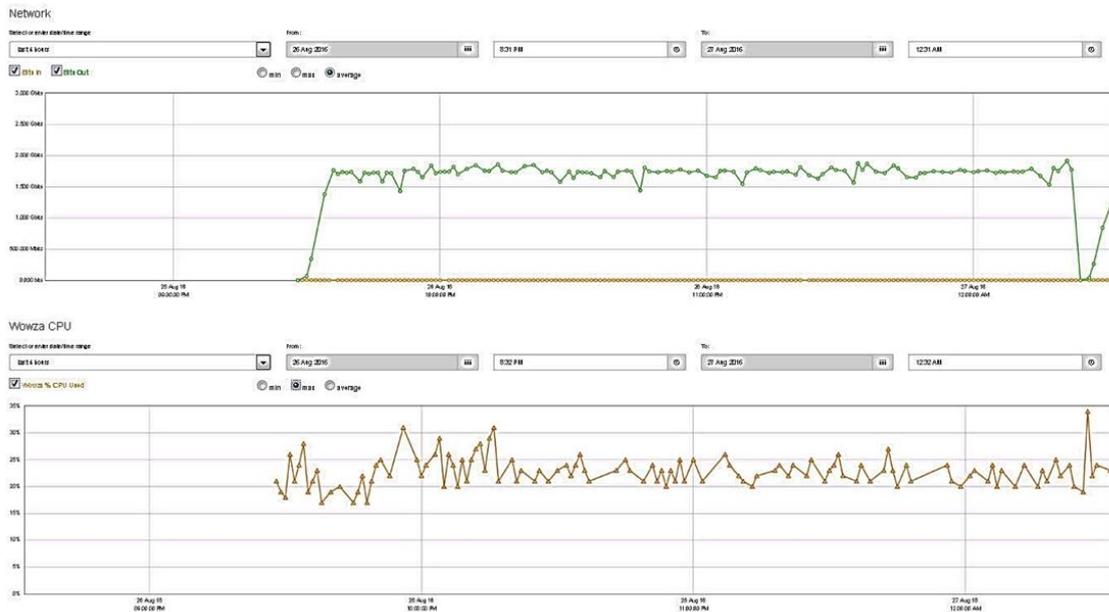


Figure 20 - Résultats du test de charge et de bande passante avec 2200 connexions simultanées

A la vue des résultats et faute de temps pour mettre en place une solution de haute disponibilité, un des deux serveurs a été mis en production et le second est gardé pour les tests et futures évolutions qui pourraient nécessiter une charge d'utilisation plus intense.

## 9 Conclusions et perspectives

La nouvelle plateforme de captation et diffusion automatisée est un succès. Le système est beaucoup plus souple et fiable que le précédent et permet par exemple de changer d'amphithéâtre facilement à partir de l'interface d'Opencast. Cependant, la programmation manuelle des enregistrements reste toujours un peu longue et rébarbative (170 cours à programmer prennent environ 12h : +/- 4mins par cours). Nous avons également pu utiliser Wowza conjointement à d'autres systèmes tels que Multicam, l'ENT monUPMC, le site institutionnel de l'Université et Canal-U dans le cadre d'évènements filmés et retransmis en direct.

Nous avons observé jusqu'à plus de 700 connexions simultanées par minute lors des cours en direct de PAES :

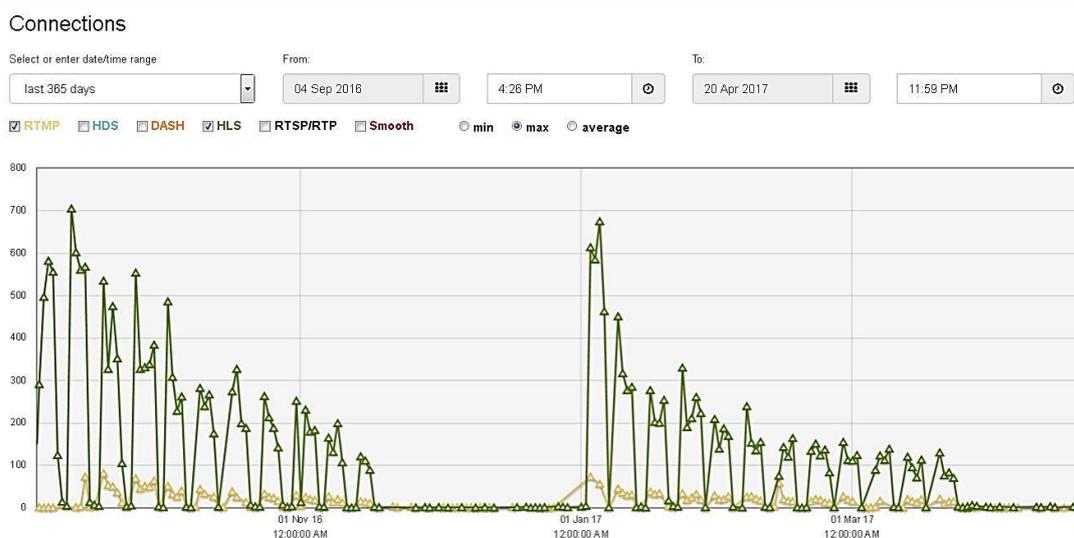


Figure 21 - Statistiques d'utilisation du live des PAES entre septembre 2016 et avril 2017

Le service de vidéos en différé a aussi été sollicité toute la semaine par les étudiants de première année : en moyenne entre 20 et 50 connexions par minute sur la VOD et jusqu'à 200 connexions en pointe.

Depuis la rentrée de septembre 2017, la solution a été étendue aux cours filmées des formations dédiées aux Instituts de Formation en Soins Infirmiers (IFSI) conventionnés avec la FMPMC. Contrairement aux cours de première année de médecine, il n'y a pas de diffusion des cours en live, et donc uniquement des consultations en différé (plusieurs cours peuvent se dérouler en parallèle dans différents amphithéâtres). Le service de vidéos en différé est ainsi encore plus sollicité depuis septembre 2017 avec en moyenne entre 50 et 100 connexions simultanées sur la VOD et jusqu'à 250 connexions en pointe. Nous envisageons toujours d'ouvrir la chaîne de diffusion à d'autres départements d'enseignement.

En terme de perspectives d'évolutions, nous envisageons de renforcer l'infrastructure liée à Opencast en séparant l'interface d'administration, la vidéothèque intégrée (nommée engage), des différents serveurs dédiés au traitement des vidéos. Cette séparation permettra notamment de tirer encore plus parti d'Opencast et ouvrira la possibilité d'intégrer directement les listes de lecture des UEs avec LTI dans Moodle sans être impacté par les traitements des vidéos qui s'effectuent parallèlement. De plus, il existe un projet communautaire permettant de réaliser la programmation d'Opencast directement depuis Moodle.

Nous souhaitons également améliorer les lecteurs avec la proposition du téléchargement des vidéos, la gestion de nouveaux formats tels que le MPEG-DASH (pour éviter de redonder plusieurs fois les enregistrements en différentes qualités), le chapitrage, le sous-titrage... Pour cela, nous focalisons nos études sur les lecteurs Videojs actuellement utilisé dans la plateforme de gestion de fichiers vidéo Pod d'Esup-Portail et également le lecteur multi-stream Paella intégrable directement à Opencast.

## Bibliographie

1. **P. Alves, M. Benakli, C. Cousquer, Y. Epelboin, T. Koscielniak, A. Pruvost.** Diffusion en direct et en différé de vidéos de cours : architecture et intégration dans ESUP Portail. *Actes du congrès JRES 2007*. Décembre 2007, Strasbourg, <http://2007.jres.org/planning/pdf/23.pdf>.
2. **L. Auxepaules, C. Cousquer,** Happy Birthday "monUPMC": 9 years of Portal at UPMC, *Open Apereo 2014 Conference*, Juin 2014, Miami, <https://www.slideshare.net/doclaux/happy-birthday-monupmc-9-years-of-portal-at-upmc>.

## Webographie

- Extron SMP 351 Product*, <http://www.extron.com/product/product.aspx?id=smp351>
- Intégration du processeur SMP 351 avec le serveur multimédia Opencast*, <http://www.extron.com/company/article.aspx?id=smp351matterhornad>
- Opencast Apereo*, <https://www.apereo.org/projects/opencast>
- Opencast Repository for Red Hat-based Linux distributions*, <https://pkg.opencast.org>
- Opencast Contrib, Wowza Adaptive Streaming Distribution Service*, <https://bitbucket.org/opencast-community/opencast-contrib-wowza-adaptive-streaming>
- OpenCast module for Moodle*, [https://github.com/ndunand/moodle-mod\\_opencast](https://github.com/ndunand/moodle-mod_opencast)
- Wowza Streaming Engine*, <https://www.wowza.com/products/streaming-engine>
- Wowza Streaming Engine Plugin, Loop Until Live*, <https://www.wowza.com/docs/how-to-loop-a-pre-roll-until-a-live-stream-starts-loopuntillive>
- Wowza Streaming Engine Plugin, Stream Publisher*, <https://www.wowza.com/docs/how-to-schedule-streaming-with-wowza-streaming-engine-streampublisher>
- Wowza Streaming Engine REST API*, <https://www.wowza.com/docs/wowza-streaming-engine-rest-api>
- uPortal Apereo*, <https://www.apereo.org/projects/uportal/>
- CAS Apereo*, <https://www.apereo.org/projects/cas>
- F5 Big-IP*, <https://f5.com/products/big-ip>
- MariaDB Galera Cluster*, <https://mariadb.com/kb/en/library/getting-started-with-mariadb-galera-cluster/>
- Jwplayer*, <https://www.jwplayer.com>
- Flowplayer, Online video platform*, <https://flowplayer.com>
- Videojs, the player framework*, <http://videojs.com>
- Paella player, the multistream player*, <http://paellaplayer.upv.es>
- Pod, Esup-Portail, Plateforme de gestion de fichiers vidéo*, <https://github.com/EsupPortail/pod>
- Multicam Sytems, easy to use ready to product*, <http://www.multicam-systems.com>