



200473.01-RN01a-Diagnostic

21 juin 2024

**Centre des monuments  
nationaux**

**MISSION D'ASSISTANCE À LA MAITRISE  
D'OUVRAGE POUR LE REMPLACEMENT DU  
TRANSFORMATEUR DU DONJON**

**RAPPORT DE DIAGNOSTIC**

**BG Ingénieurs Conseils SAS**

40 Avenue des Terroirs de France - F-75012 Paris

SAS au capital de 1 516 800 € - RCS Paris - SIRET 303 559 249 00238 - Code APE 71.12B

T +33 1 56 20 64 60 – F +33 1 56 20 65 09 – paris@bg-21.com – www.bg-21.com

FR 493 035 592 49 TVA

■ INGENIOUS SOLUTIONS



MISSION D'ASSISTANCE À LA MAITRISE D'OUVRAGE POUR LE REMPLACEMENT DU  
TRANSFORMATEUR DU DONJON

## RAPPORT DE DIAGNOSTIC

VERSION	-	a	b
DOCUMENT	200473.01-RN01-Diagnostic	200473.01-RN01a-Diagnostic	
DATE	17 mars 2024	21 juin 2024	
ELABORATION	Khalil ABDELMOULA	Khalil ABDELMOULA	
VISA	Gilles EVEN	Gilles EVEN	
COLLABORATION			
DISTRIBUTION	Centre des monuments nationaux M. Dario Martos	Centre des monuments nationaux M. Dario Martos	

## REPLACEMENT DU TRANSFORMATEUR DU DONJON - DIAGNOSTIC

<b>TABLE DES MATIÈRES</b>		Page
<b>1.</b>	<b>PREAMBULE</b>	<b>1</b>
1.1	Présentation du site	1
1.2	Mise en contexte	1
1.3	Objectifs	2
1.4	Contraintes	2
<b>2.</b>	<b>Données Collectées</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>Diagnostic des installations existantes</b>	<b>4</b>
3.1	Description	4
3.2	Poste de livraison HTA	4
3.3	Transformateur	6
3.4	Local TGBT	7
3.5	Armoire Vidéo	10
3.6	Cheminement des câbles	10
3.6.1	Galerie technique principale	10
3.6.2	Cheminement du câble HT vers le donjon	12
3.6.3	Cheminement du câble BT du donjon vers la tour du village	13
3.6.4	Cheminement des liaisons BT entre TGBT et armoire Vidéo	15
<b>4.</b>	<b>Bilan de puissance</b>	<b>16</b>
<b>5.</b>	<b>Conclusion du diagnostic</b>	<b>17</b>
<b>6.</b>	<b>Solutions envisagées</b>	<b>17</b>
6.1	Solution 1	17
6.2	Solution 2	17
6.3	Chiffrage des 2 solutions	19
6.4	Analyse comparative	20
<b>7.</b>	<b>Solution préconisée</b>	<b>20</b>

## ANNEXES

1. S.O.

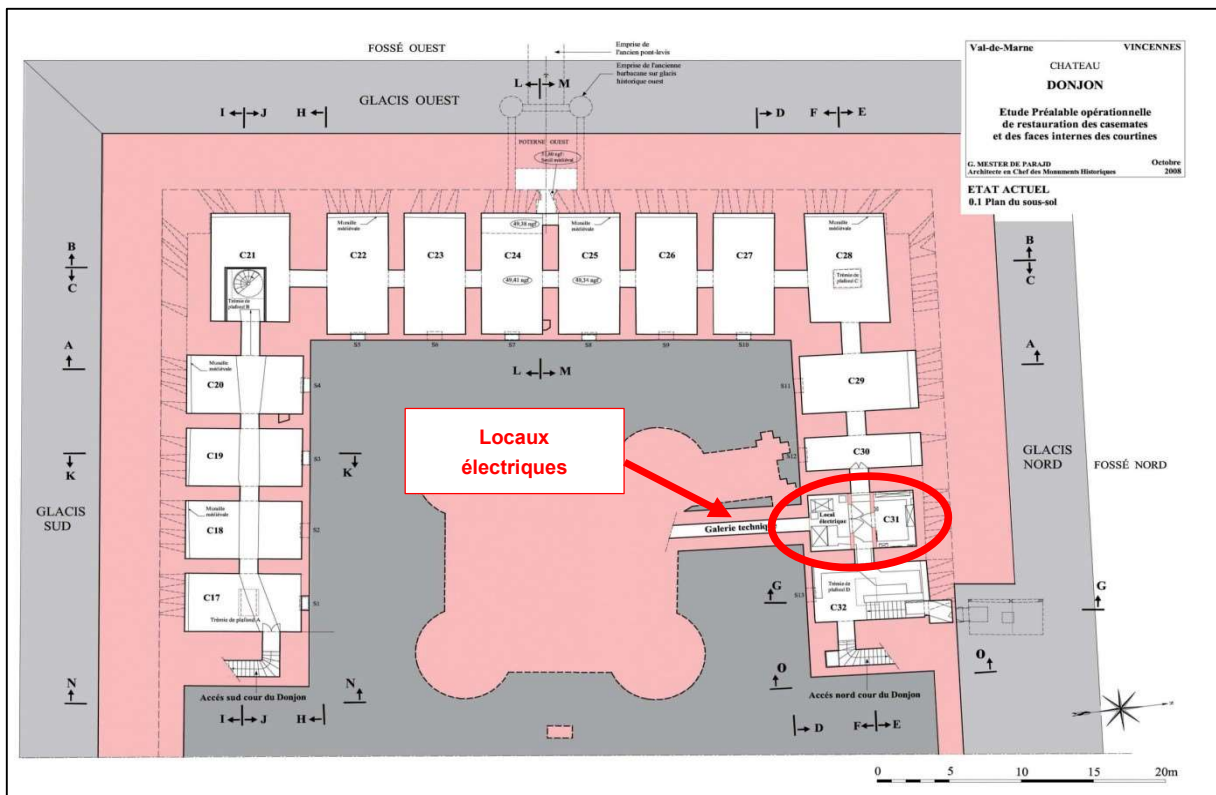
## 1. PREAMBULE

### 1.1 Présentation du site

Le Château de Vincennes, situé à l'est de Paris, est l'un des plus grands châteaux fortifiés de France. Cette forteresse imposante, chargée d'histoire, a été le témoin de nombreux événements marquants de l'histoire de France, depuis le Moyen Âge jusqu'à l'époque moderne. Au cœur de ce majestueux château se dresse un célèbre donjon de 50 mètres construit au XIV<sup>e</sup> siècle sous le règne de Charles V. Ce dernier est considéré comme l'un des donjons les plus haut d'Europe, et sans aucun doute l'une des parties les plus emblématiques du château de Vincennes avec son architecture militaire de l'époque médiévale.

### 1.2 Mise en contexte

Le château de Vincennes est alimenté en énergie électrique par le réseau 20kV Enedis, à partir d'un poste de livraison constitué de cellules HTA anciennes et d'un transformateur HTA/BT. Ce poste est situé dans les profondeurs des casemates du donjon, tout comme le Tableau Général Basse Tension (TGBT). La gestion du site dans son ensemble relève de la responsabilité du Service Historique de la Défense (SHD). Cependant, le donjon et la Sainte Chapelle sont sous la responsabilité du Centre des Monuments Nationaux (CMN). Le maître d'ouvrage a exprimé le besoin de remplacer les équipements vieillissants de son réseau électrique, ainsi que de moderniser et réaménager correctement ses locaux électriques. De ce fait, il a mandaté BG Ingénieurs Conseils pour réaliser un diagnostic de ses installations électriques. Ce rapport a mis en évidence plusieurs non-conformités et confirme le remplacement du poste HT par une alimentation BT.



### **1.3 Objectifs**

Le présent document dresse un diagnostic de l'état actuel des installations électriques du château. L'objectif de ce diagnostic est d'établir un bilan précis de l'état des équipements ainsi que de confirmer la puissance consommée par le donjon de façon à permettre au Maître d'ouvrage de statuer sur la meilleure solution à retenir pour le remplacement du poste HT/BT du donjon.

En complément, ce diagnostic a pour objectif de valider la faisabilité du remplacement des équipements basse tension :

- TGBT
- Armoires associées et compteurs
- Armoire de la salle Vidéo

### **1.4 Contraintes**

Les contraintes principales sont :

#### **1. Implantation**

C'est un aspect crucial valider la faisabilité du projet et minimiser les interruptions. Il s'agira de déterminer la possibilité de mettre en place la nouvelle alimentation en parallèle de celle existante.

#### **2. Coupure électrique**

Les coupures électriques sont possibles tôt le matin avec remise sous tension à 9h avant l'ouverture au public (10h). Des coupures exceptionnelles de l'ensemble de l'alimentation électrique en journée sont envisageables sous réserve d'un délai de prévenance important. Dans notre étude, nous mettrons tout en œuvre pour éviter toute coupure en journée : coupures courtes pour le basculement des câbles, planifié sur plusieurs jours,

#### **3. Consommation**

Les factures d'électricité ont été demandées au maître d'ouvrage pour une période minimale d'un an. Cela va permettre l'analyse des consommations du donjon et ainsi confirmer avec certitude la puissance requise pour la nouvelle alimentation et son passage en basse tension (tarif jaune Enedis).

#### **4. Cheminement câble HTA**

Il s'agit d'une des contraintes principales pour pouvoir alimenter le donjon en passant par le même cheminement qu'aujourd'hui.

#### **5. Cheminement des liaisons vers l'armoire Vidéo**

La Maîtrise d'ouvrage envisage de remplacer l'armoire Vidéo par un tableau en lieu et place ou au sous-sol. Le cheminement des câbles depuis le TGBT vers cette armoire Vidéo est à confirmer.

#### **6. Accès**

Aucun obstacle majeur n'a été identifié. Les camions pourront facilement atteindre la cour du Donjon, et une trappe existante dans la salle vidéo permettra l'acheminement des équipements nécessaires, que ce soit pour la mise en œuvre des nouveaux équipements que pour l'évacuation des équipements existants.

## **2. Données Collectées**

Les différentes visites de site ont été réalisées en présence du personnel du CMN et/ou du SHD.

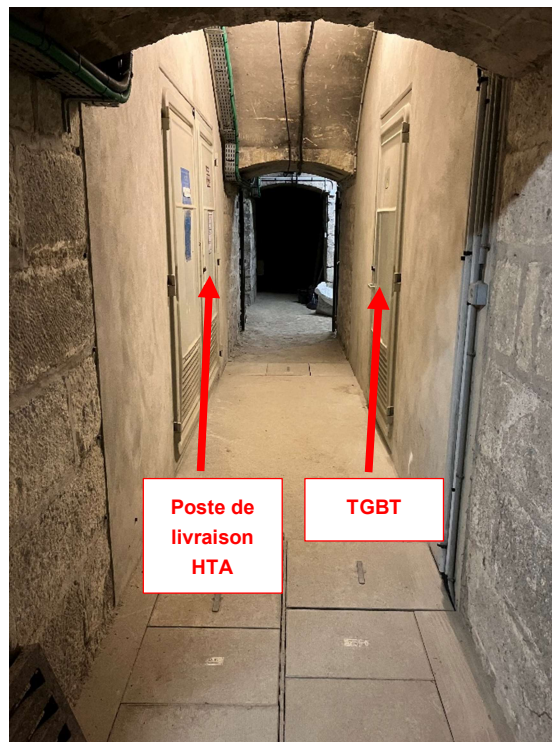
- ✓ Réunion de lancement du projet le 7 mars 2024.
- ✓ Visite complémentaire du site le 20 mars 2024 : galerie principale, poste de livraison de la tour du village, coffret de la tour du village alimenté par le TGBT du donjon, cheminement du câble HTA entre le donjon et l'entrée du château
- ✓ Visite avec ENEDIS le 10 avril 2024.

### 3. Diagnostic des installations existantes

#### 3.1 Description

L'installation actuelle est implantée dans le local électrique localisé dans les sous-sols des casemates. La première salle abrite le compartiment HTA ainsi que le transformateur, tandis que la seconde salle est destinée au TGBT et tableaux associés. L'entrée du sous-sol se fait par une porte extérieure à côté de la salle vidéo du RdC.

Le poste de transformation est alimenté en coupure d'artère depuis le réseau HTA 20kV Enedis.



#### 3.2 Poste de livraison HTA

Le poste de livraison HTA est équipé de trois cellules HTA 20 kV, comprenant deux cellules d'arrivée provenant du réseau 20 kV et une cellule dédiée à la protection du transformateur, ainsi qu'un compteur. Les cellules d'arrivée sont des Alstom Fluomatic F500 de type F522, tandis que la cellule de protection transformateur est un modèle Schneider Electric Solefuse. Ces équipements sont obsolètes : ils ne sont plus maintenus par le constructeur qui ne s'engage plus sur la mise à disposition de pièces de rechange. Ces équipements, de conception ancienne, non maintenus, d'un état vétuste doivent être remplacés.







### 3.3 Transformateur

Le transformateur HT/BT a les caractéristiques suivantes :

- Une puissance de 630KVA
- Un couplage Dyn11.
- Un refroidissement ONAN.
- Date de fabrication en 2002.

Il comporte un bac de rétention afin d'éviter la dispersion du diélectrique.

Ce transformateur ne présente pas de fuite ou problème apparent.

Il est raccordé en basse tension à un disjoncteur BT de calibre 1000A implanté à proximité immédiate.



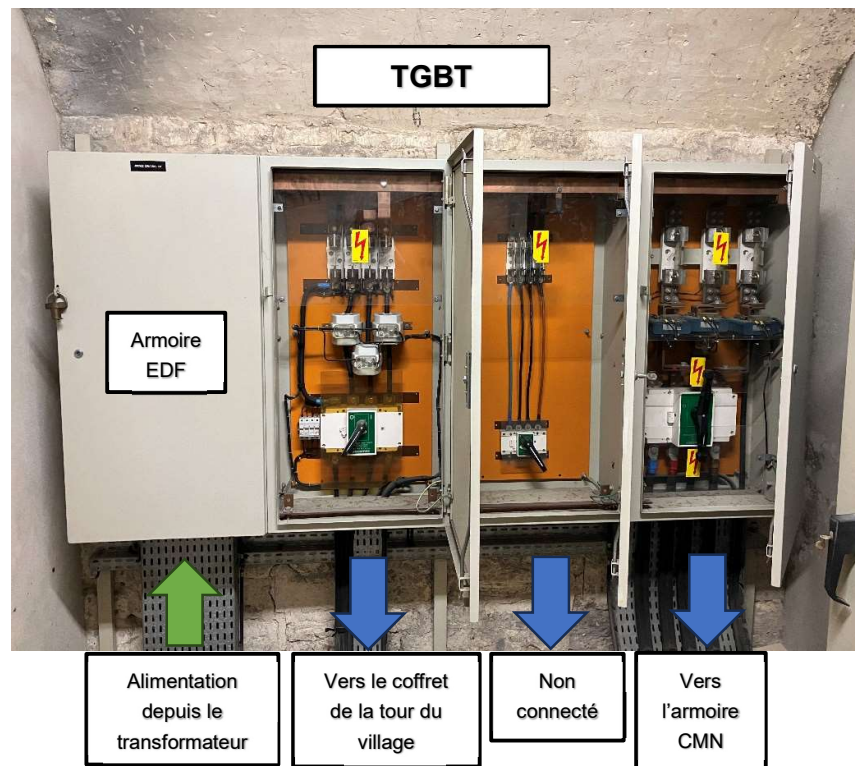
### 3.4 Local TGBT

Le local TGBT est implanté en face du local HTA. Il comprend plusieurs tableaux :

- Le TGBT qui est alimenté directement depuis le transformateur
- L'armoire CMN qui alimente toutes les installations du donjon
- Le coffret qui alimente la tour du village
- Le compteur général d'électricité
- 2 panoplies d'anciens compteurs non utilisés
- 1 armoire CNRS non raccordée

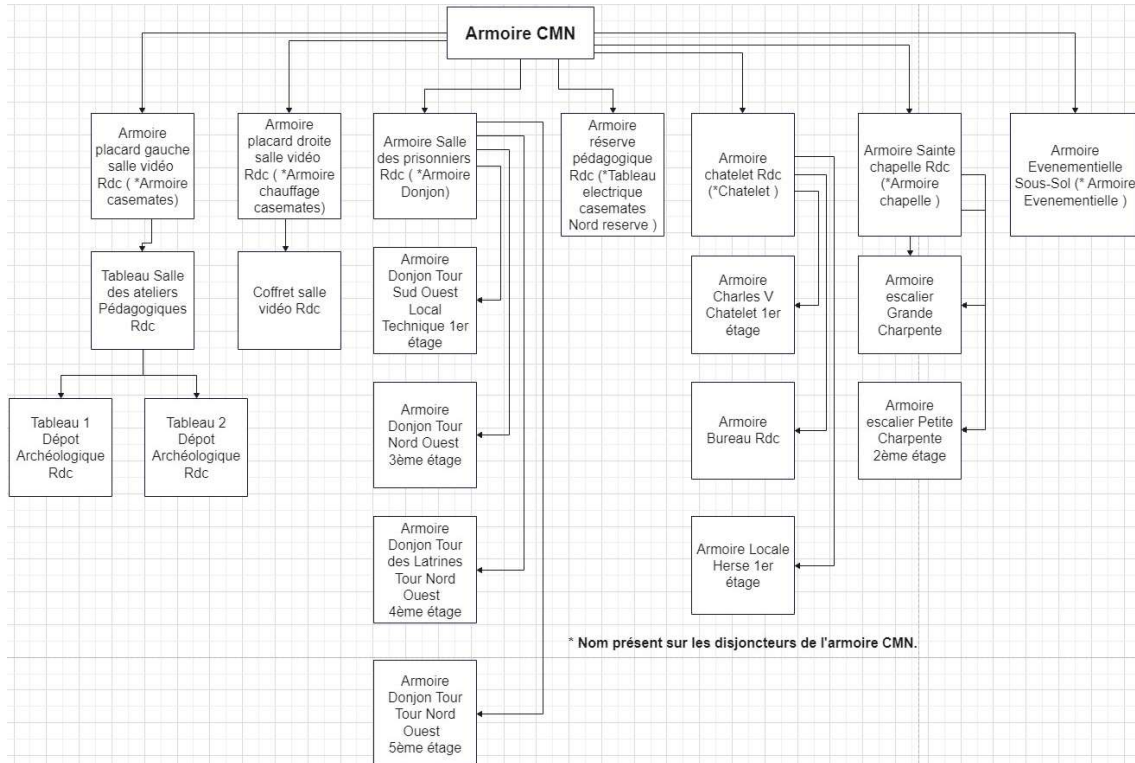
Le TGBT est alimenté directement depuis le transformateur. Il comprend 4 cellules :

- La protection générale (Armoire EDF) qui n'est accessible qu'au fournisseur d'énergie
- Le départ vers un coffret implanté à proximité et qui alimente la tour du village
- Un départ non raccordé
- Le départ vers l'armoire CMN qui alimente toutes les installations du donjon



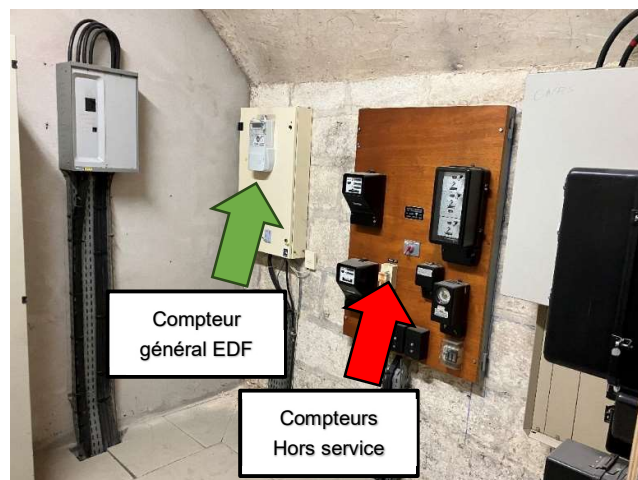


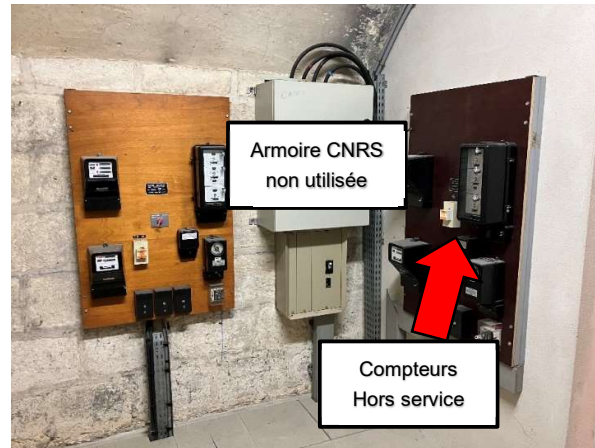
Le schéma ci-après illustre l'architecture électrique en aval de l'armoire CMN.



## Les équipements non utilisés

Plusieurs équipements, tels que les compteurs et l'armoire CNRS, ont été identifiés comme étant hors service. Ces équipements pourront être déposés ce qui permettra de libérer de l'espace pour l'installation des futurs équipements en permettant de minimiser les coupures électriques.





### 3.5 Armoire Vidéo

*A compléter.*

### 3.6 Cheminement des câbles

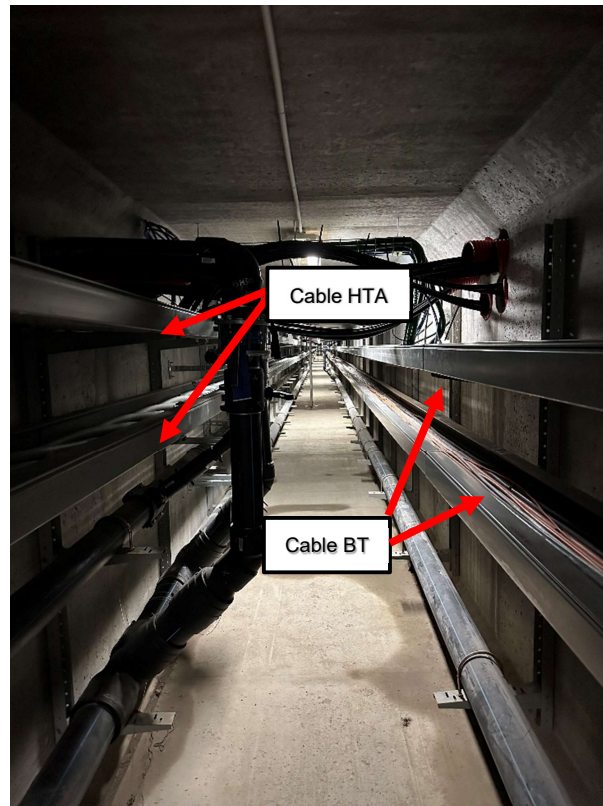
L'alimentation électrique du donjon provient du réseau de distribution public 20kV. Les câbles pénètrent dans le château au niveau de la tour du village. Leur cheminement n'a pas pu être identifié précisément jusqu'à leur arrivée dans une galerie technique située sous les douves du donjon.

Les câbles arrivent depuis une galerie inaccessible (non visitable) et rejoint une galerie visitable sous les douves environ en leur milieu. Ils cheminent dans cette galerie jusqu'à l'intérieur du donjon et remontent dans des chemins de câbles pour atteindre des caniveaux jusqu'au poste HT.

Nous présentons ci-après les investigations réalisées.

#### 3.6.1 Galerie technique principale

Dans cette galerie, cheminent les câbles HTA liés aux bâtiments du SHD. Ils proviennent du poste de livraison du SHD et n'alimentent pas le donjon. En revanche, il a été observé des câbles liés au SSI ainsi que des liaisons fibre optique entre la Sainte Chapelle et le donjon. Ces liaisons traversent le pont levis du donjon et passent par une chambre de tirage qui n'a pas pu être visitée. Selon les informations transmises par le CMN, cette chambre de tirage est saturée et il n'est pas envisageable de passer de nouvelles liaisons.



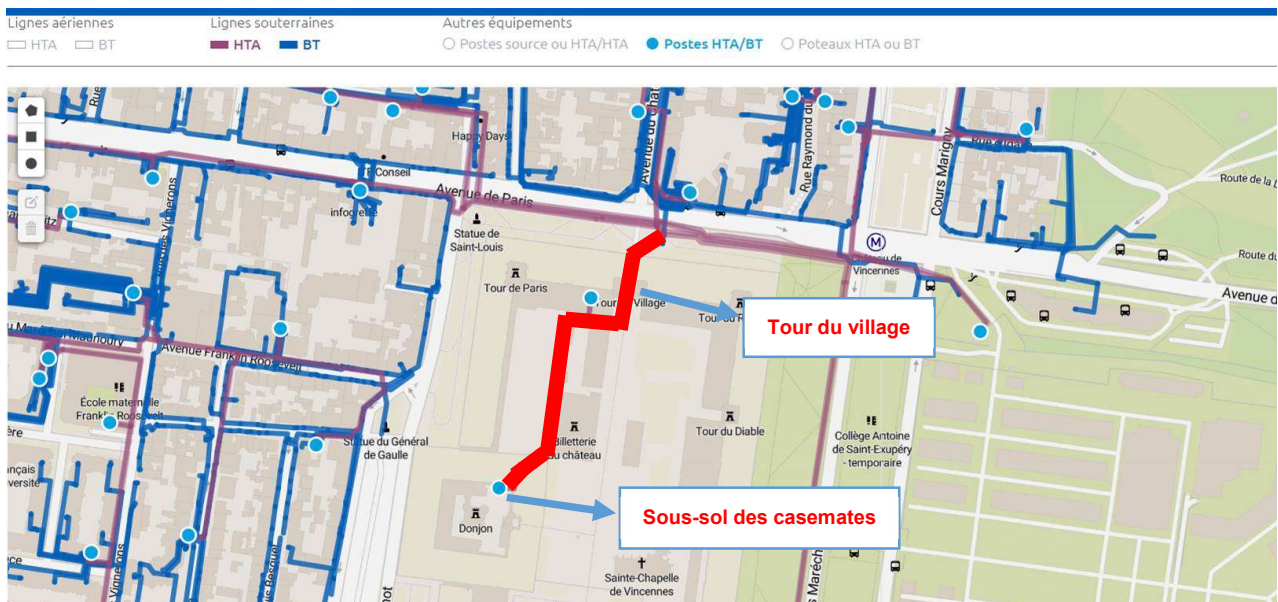
## 3.6.2 Cheminement du câble HT vers le donjon

Selon les plans consultés sur le site officiel d'ENEDIS, la liaison HTA traverse le pont levis côté Tour du village, puis se dirige vers le parking. Elle longe les bâtiments administratifs du château, passe sous les douves du donjon et aboutit au poste de livraison au sous-sol des casemates.

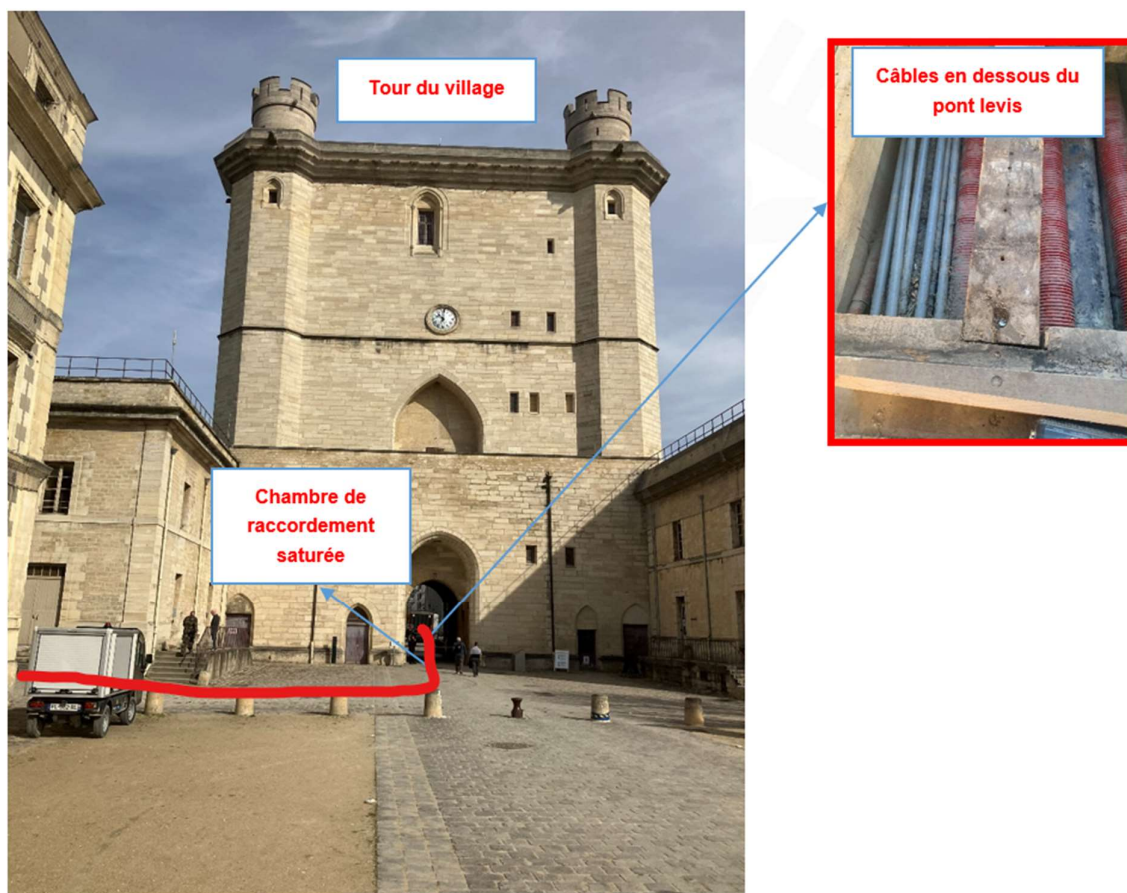
Ce cheminement est confirmé par un plan de récolement de 1967 fourni par le Service Historique de la Défense.

Plusieurs chambres ont été ouvertes pour tenter de localiser cette liaison mais en vain. Le responsable du SHD a évoqué la possibilité de chambres enterrées sous le parking du château.

Actuellement, le tracé exact du câble HTA entre le donjon et l'entrée principale du château n'a pas pu être découvert. Le CMN avait envisagé de faire intervenir les pompiers pour suivre le câble HTA dans la partie de la galerie non visitable cependant les services d'ENEDIS ont confirmé qu'il n'était pas possible de mettre hors tension ces liaisons. Cette investigation n'a donc pas pu être réalisée.







### 3.6.3 Cheminement du câble BT du donjon vers la tour du village

Un câble basse tension alimente la tout du village depuis le donjon. Nous avons suivi cette liaison car celle-ci peut révéler un cheminement utilisable pour une nouvelle alimentation du donjon.

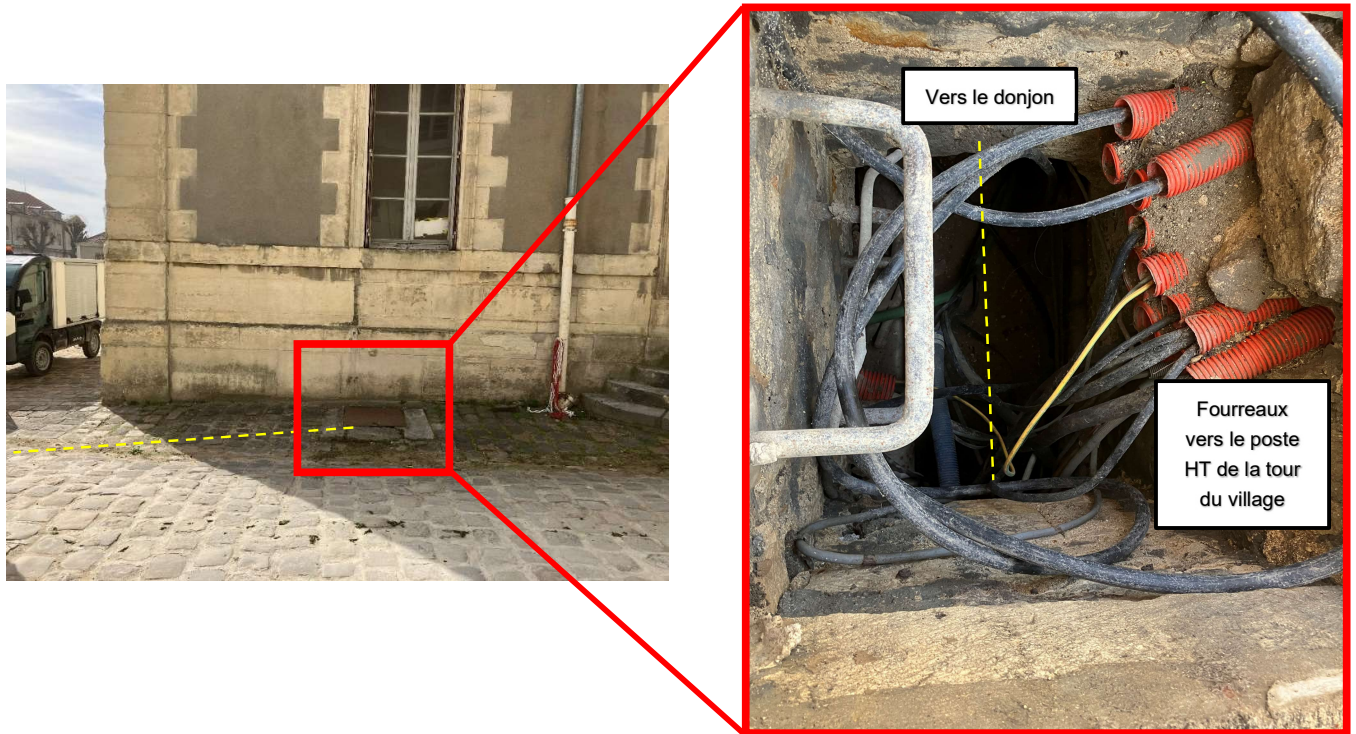
Nous avons suivi cette liaison depuis le coffret en haut de la tour du village, angle sud-est.

Il chemine verticalement jusqu'au rez-de-chaussée avant de s'enfoncer sous terre pour atteindre l'une des chambres de tirage positionnée à proximité immédiate de l'entrée principale du château.

Cependant, après cette chambre, sa trace exacte demeure inconnue. Compte tenu des différents travaux réalisés dans cette zone, il est probable que les chambres de tirage soient enfouies sous le parking du château.







#### 3.6.4 Cheminement des liaisons BT entre TGBT et armoire Vidéo

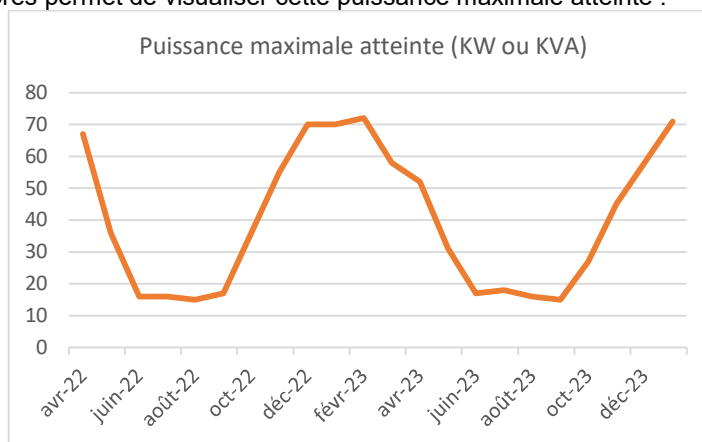
*A compléter.*

## 4. Bilan de puissance

Le tableau ci-dessous synthétise les puissances maximales atteintes par mois entre avril 2022 et janvier 2024. Sur les factures il est indiqué que ces puissances atteintes sont exprimées en kilowatts (kW) ou en kilovoltampères (kVA). Nous prendrons en compte cet aléa dans notre analyse.

	Avr-22	Mai-22	Juin-22	Juil-22	Août-22	Sept-22	Nov-22	Déc-22	Janv-23	Févr-23	Mars-23	Avr-23	Mai-23	Juin-23	Juil-23	Août-23	Sept-23	Oct-23	Nov-23	Janv-24
Puissance maximale atteinte (KW ou KVA)	67	36	16	16	15	17	55	70	70	72	58	52	31	17	18	16	15	27	45	71
Puissances atteintes en heures pleines (KW ou KVA)	43	23	16	16	15	17	44	48	55	51	51	41	26	17	18	16	15	27	45	59
Consommation Heures Creuses (KW ou KVA)	67	36	16	16	15	13	55	70	70	72	58	52	31	14	18	14	14	23	39	71
Pointe (KW ou KVA)	*	*	*	*	*	*	*	49	50	51	*	*	*	*	*	*	*	*	*	54

Le graphique ci-après permet de visualiser cette puissance maximale atteinte :



La puissance maximale atteinte entre avril 2022 et janvier 2024 est de 72kVA/kW. C'est cette puissance qui sera prise en compte pour le dimensionnement de la nouvelle alimentation.

Nous observons que la consommation est très importante en hiver (décembre – février) et beaucoup plus faible en été (juin-septembre).

## 5. Conclusion du diagnostic

1. Le poste de livraison du donjon doit être remplacé. Il est obsolète et n'est plus maintenable.
2. La puissance maximum consommée par le donjon est de 72kW (ou kVA). Nous prenons l'hypothèse la plus pessimiste ce qui correspond à 72kW ce qui correspond avec un cos phi de 0,93 à 77kVA. En prenant une marge de 10%, un abonnement de **84kVA** est adapté.
3. Le cheminement existant est inconnu et probablement effondré au moins en partie. Il ne peut donc pas être utilisé.

## 6. Solutions envisagées

Deux solutions sont envisagées :

- Solution de base (solution 1) : remplacement du poste HT/BT en lieu et place
- Solution optimisée (solution 2) : remplacement du poste HT/BT par une alimentation BT

### 6.1 Solution 1

Cette solution consiste à remplacer les installations existantes par des équipements neufs.

Elle comprend :

- La liaison HT depuis le réseau de distribution public HT/BT
- La mise en œuvre de nouvelles cellules HTA
- La mise en œuvre d'un nouveau transformateur de puissance adaptée
- La dépose des installations existantes (idem solution 2)
- La fourniture et le câblage du nouveau TGBT (idem solution 2)

### 6.2 Solution 2

Cette solution consiste à remplacer l'alimentation HT par une alimentation BT.

Elle comprend :

- La mise en œuvre d'un coffret de raccordement en limite de propriété
- La création d'une tranchée dans les douves pour rejoindre la galerie technique
- La liaison BT
- La dépose des installations existantes (idem solution 2)
- La fourniture et le câblage du nouveau TGBT (idem solution 2)



Cette solution est illustrée ci-après :

