

R6.B.05 – OPTIMISATION DE SERVICES COMPLEXES

PARTIE II

Edward Staddon

Edward.Staddon@univ-ubs.fr

Université Bretagne Sud, IUT de Vannes, Département Informatique



PLAN DU COURS

- Optimisation de l'accès aux ressources
- Réseau de diffusion de contenus
- Introduction à la qualité de service

PLAN DU COURS

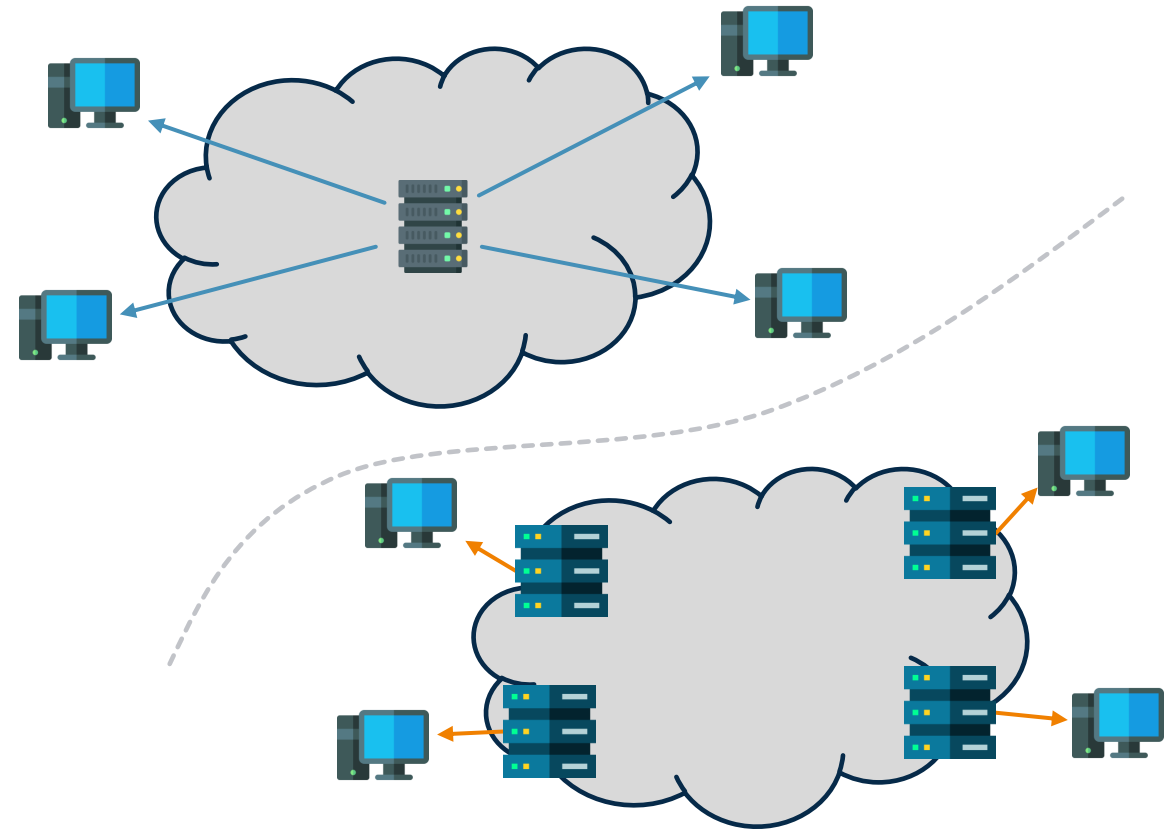
- Optimisation de l'accès aux ressources
- Réseau de diffusion de contenus
- Introduction à la qualité de service



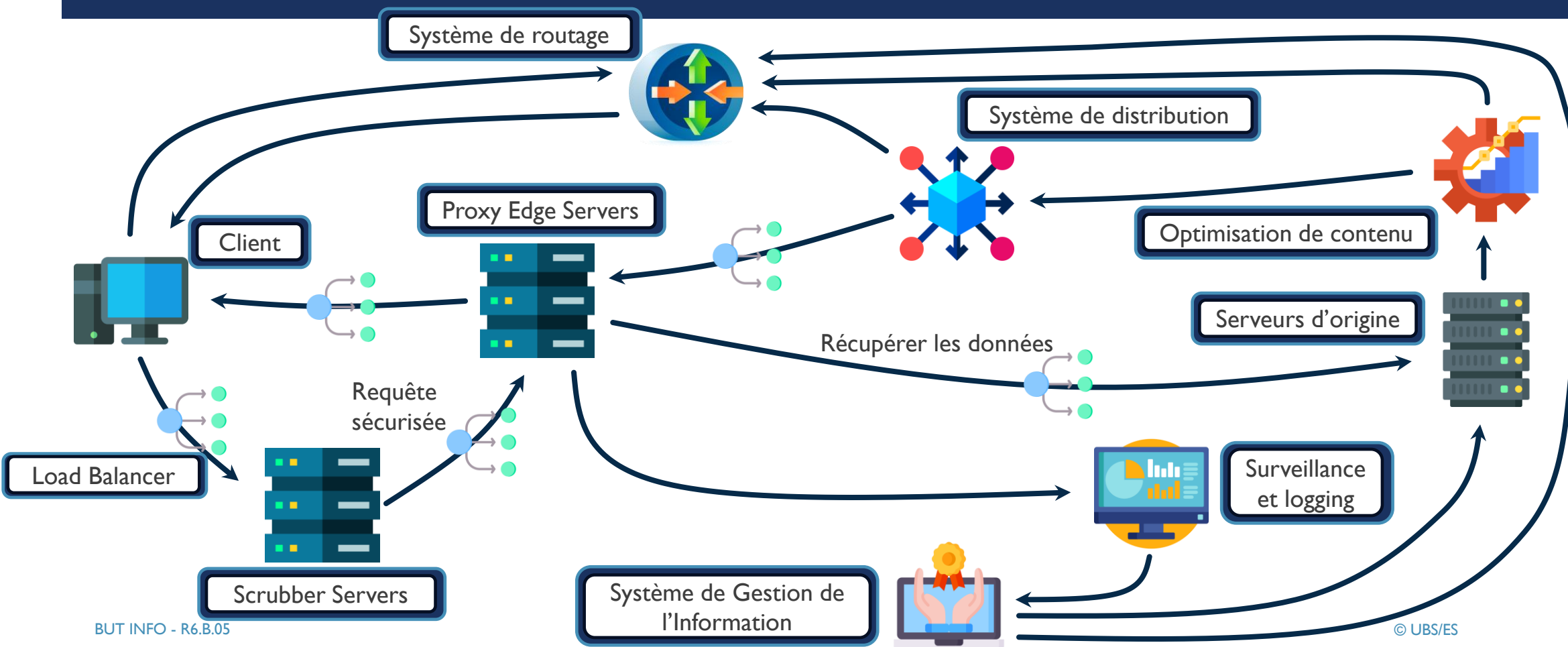
RÉSEAU DE DIFFUSION DE CONTENUS

RÉSEAU DE DIFFUSION DE CONTENUS ?

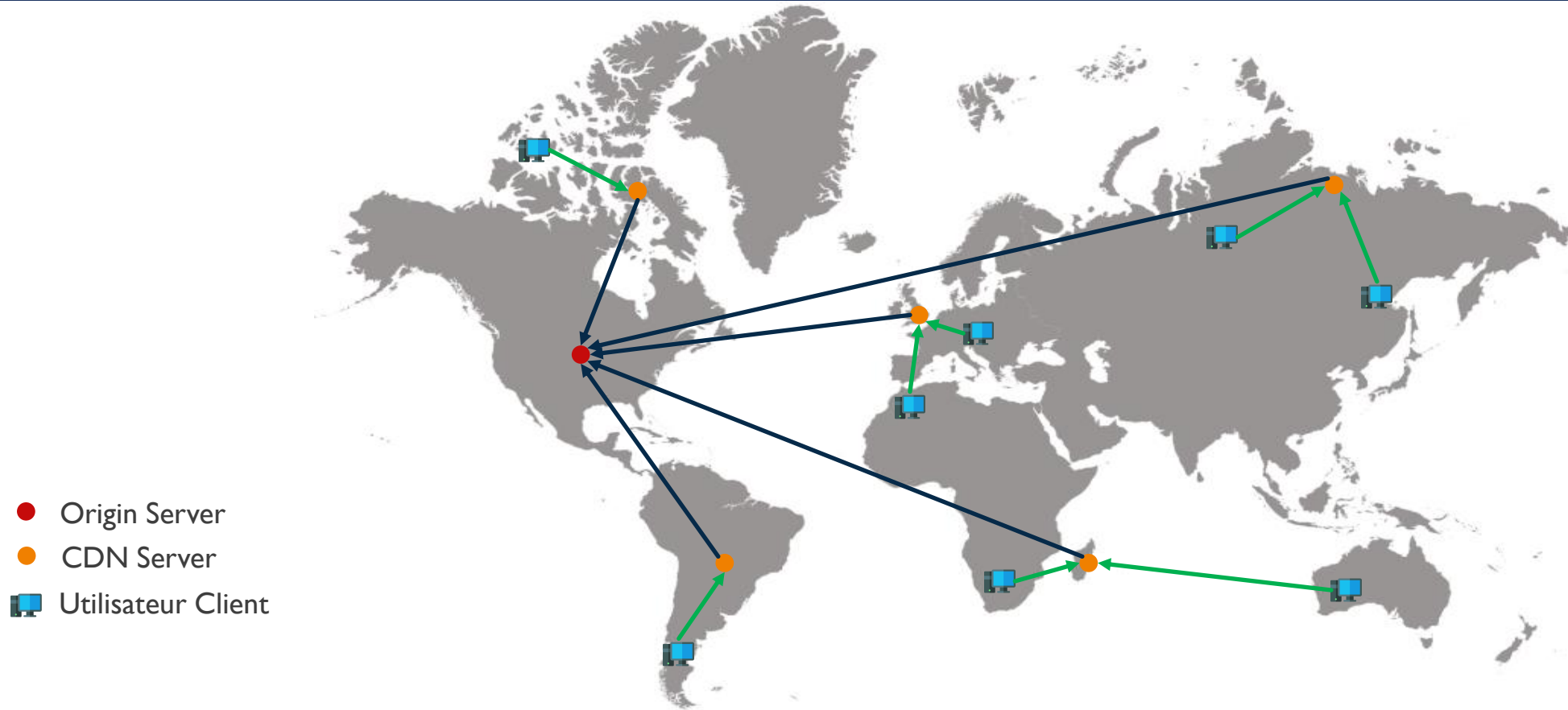
- RDC (*Content Delivery Network : CDN*)
 - Ensemble de serveurs distribués
 - Stockent temporairement des contenus web (*cache*)
 - HTML, JS, CSS, images, vidéos, etc ...
 - Situés proche des utilisateurs
- De plus en plus populaires
 - Vaste majorité du trafic web servi par des CDN
 - Ex : Facebook, Netflix, Amazon, Steam, ...
- **Ne remplace pas l'hébergement !**
 - Mise en cache à la périphérie du réseau



ARCHI ... QUOI ?

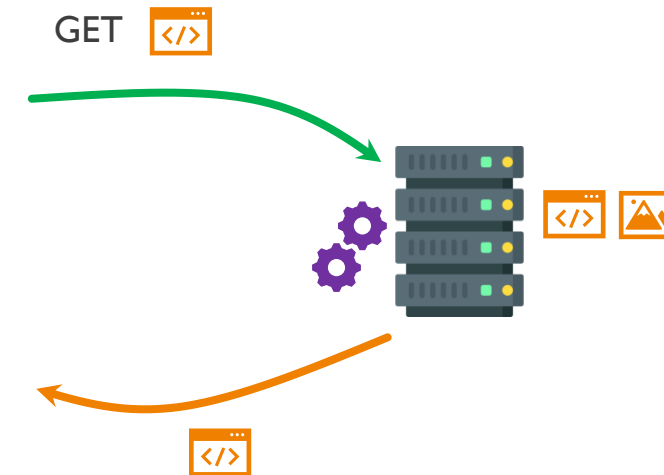


COMMENT CA MARCHE ?

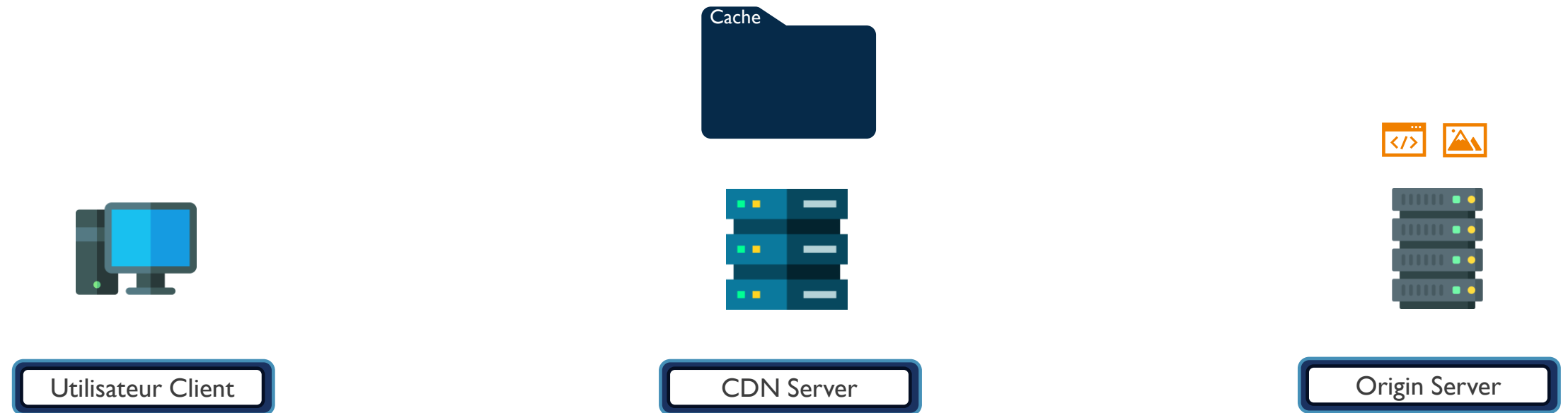


QU'EST CE QU'ON « SERVEUR D'ORIGINE »

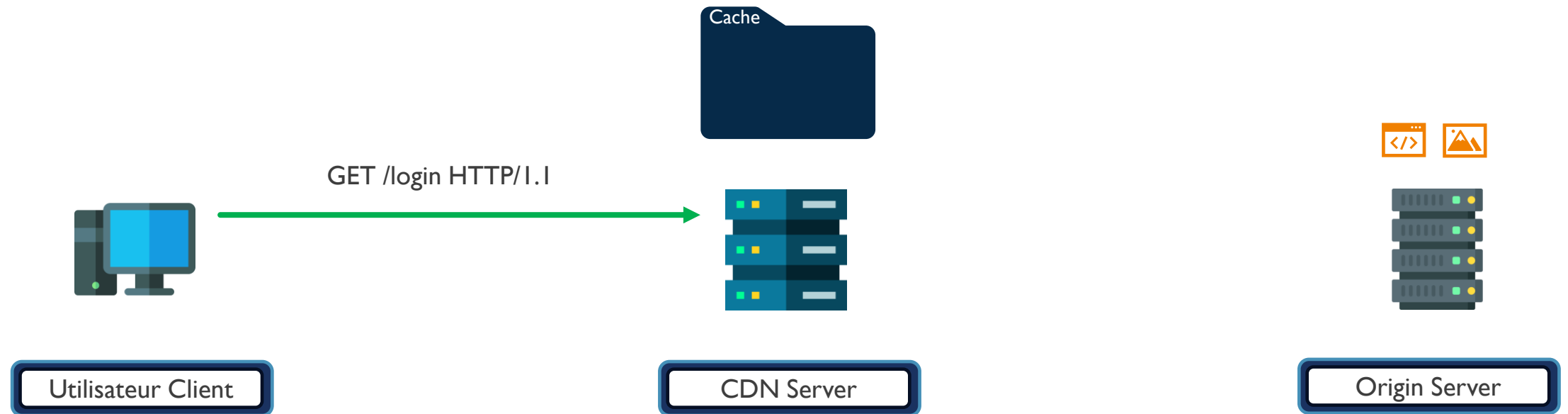
- Serveur qui traite et répond aux requêtes Internet
- Entièrement responsable de la diffusion de contenu d'une propriété Internet
 - Site Web
- Peut fournir plusieurs types de données
 - Statiques
 - Web HTML, JS, CSS, Image → données génériques
 - Dynamiques
 - PHP, Node.js, etc... → données personnalisées



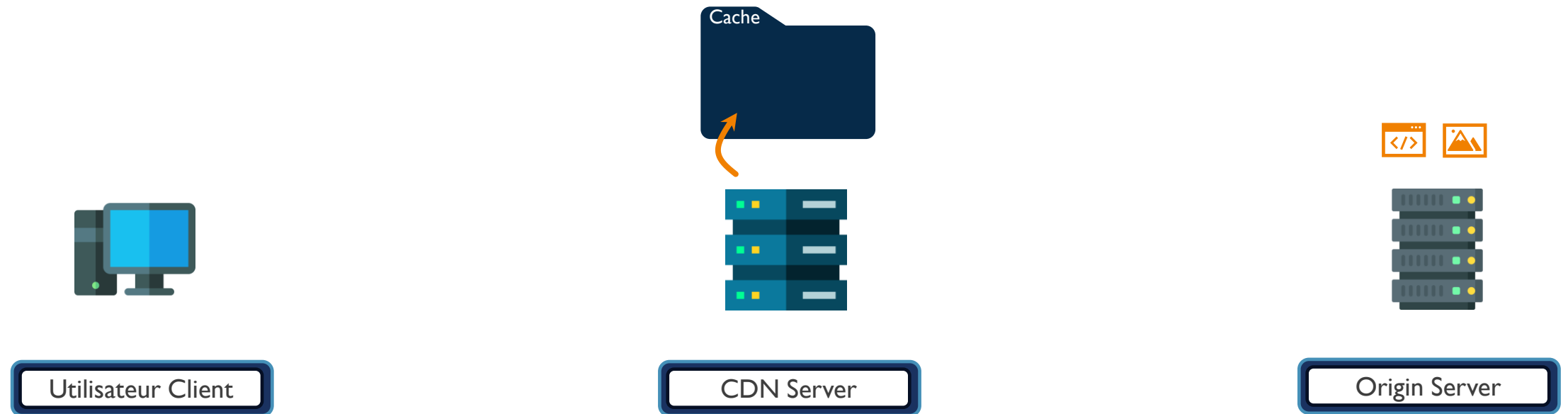
CHARGEMENT DE CONTENU STATIQUE



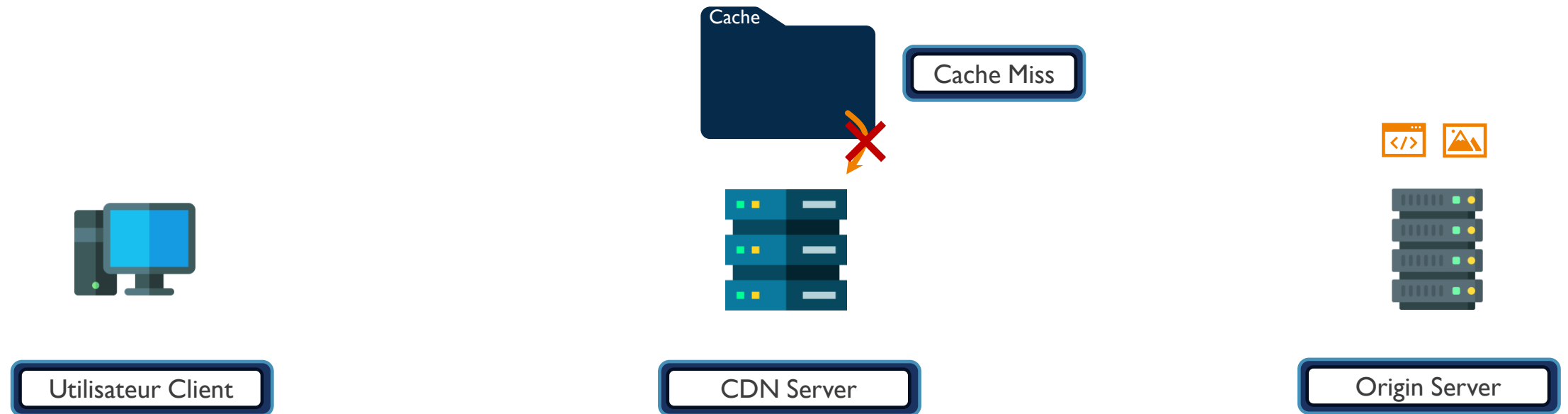
CHARGEMENT DE CONTENU STATIQUE



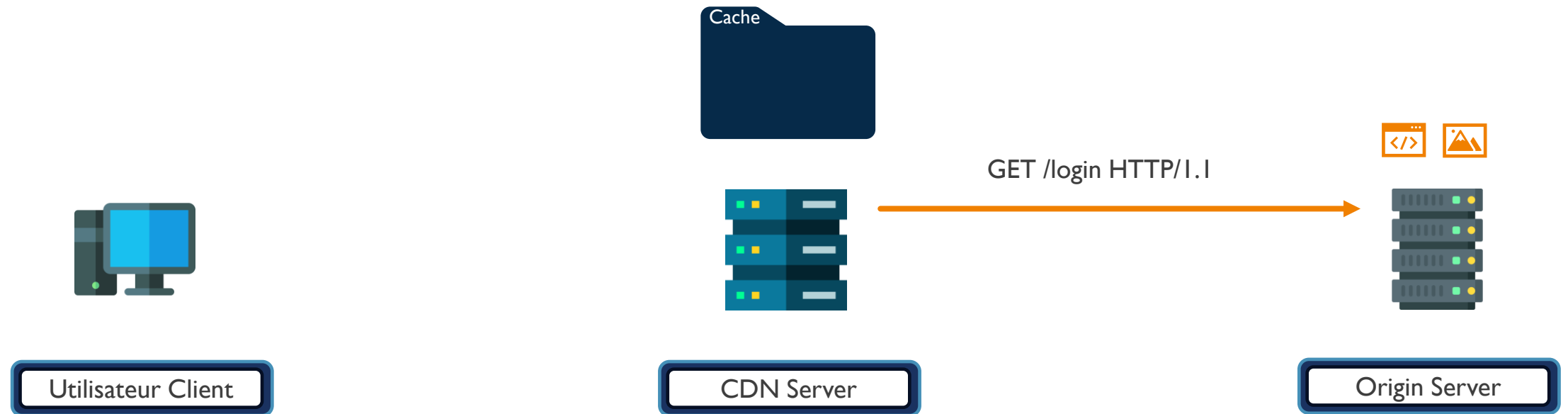
CHARGEMENT DE CONTENU STATIQUE



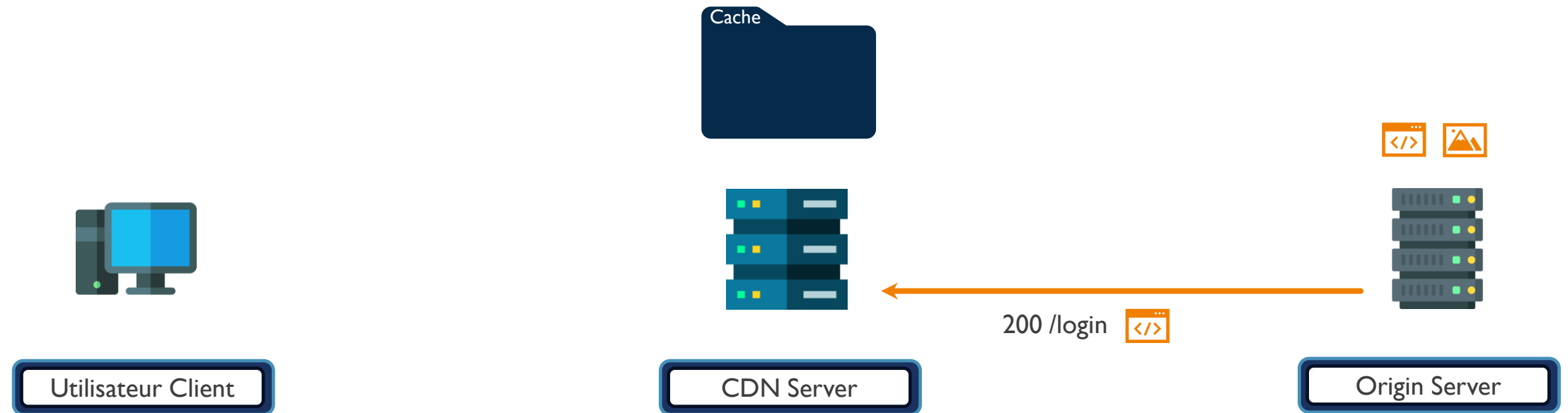
CHARGEMENT DE CONTENU STATIQUE



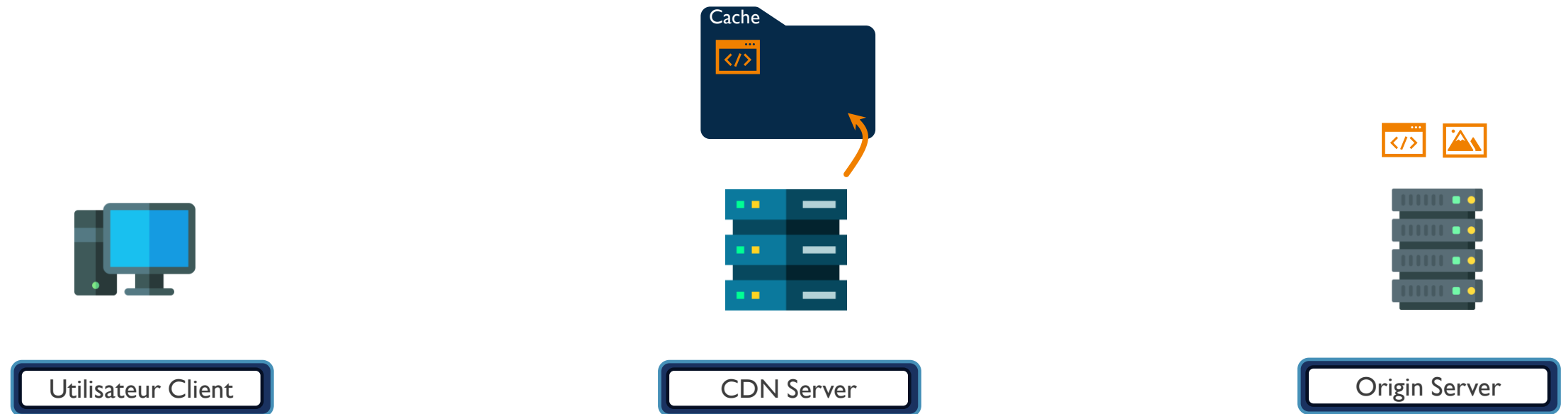
CHARGEMENT DE CONTENU STATIQUE



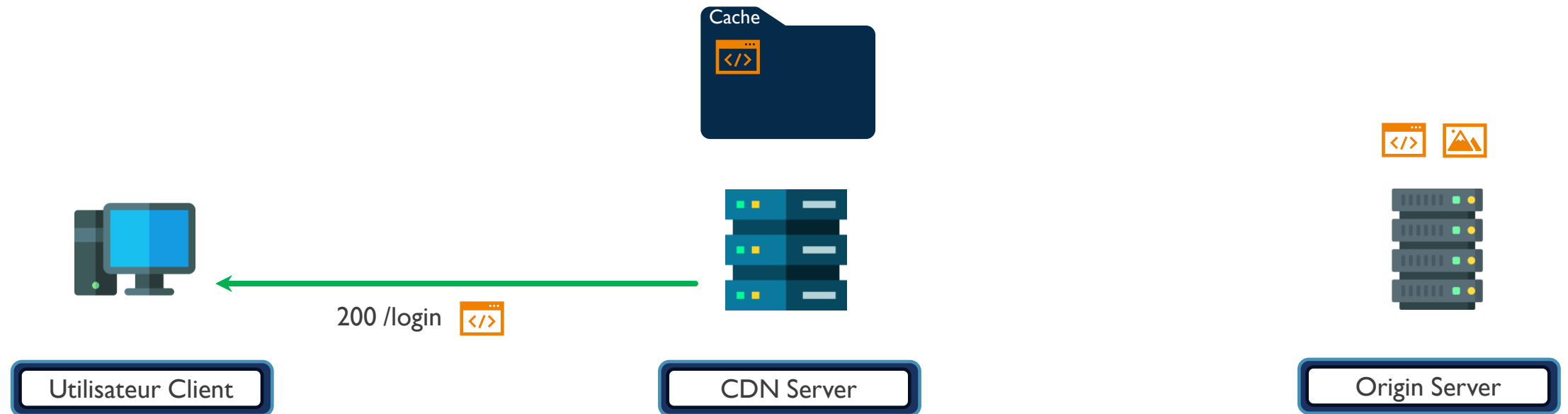
CHARGEMENT DE CONTENU STATIQUE



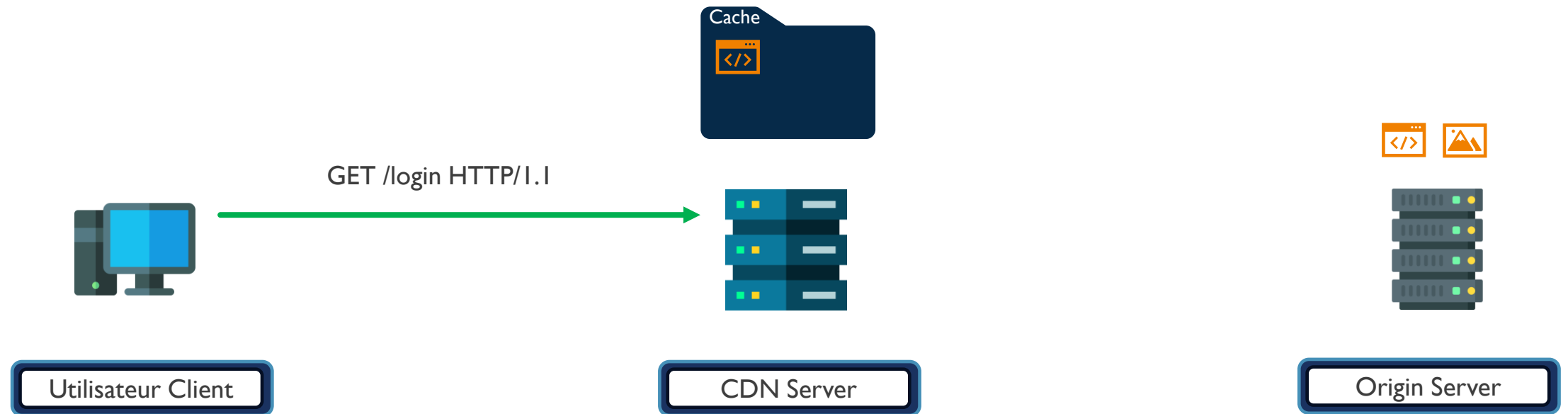
CHARGEMENT DE CONTENU STATIQUE



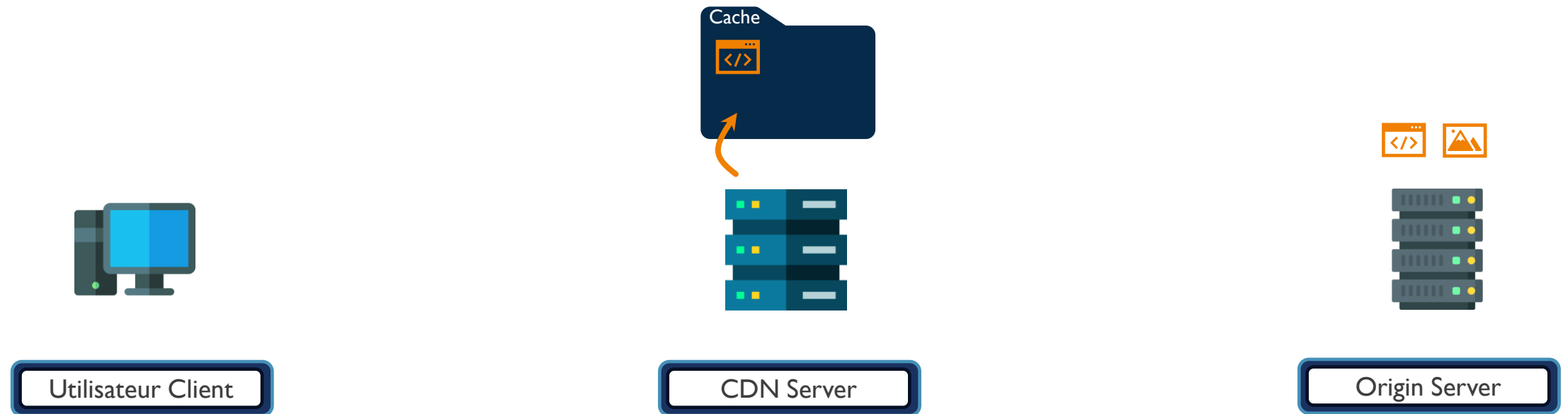
CHARGEMENT DE CONTENU STATIQUE



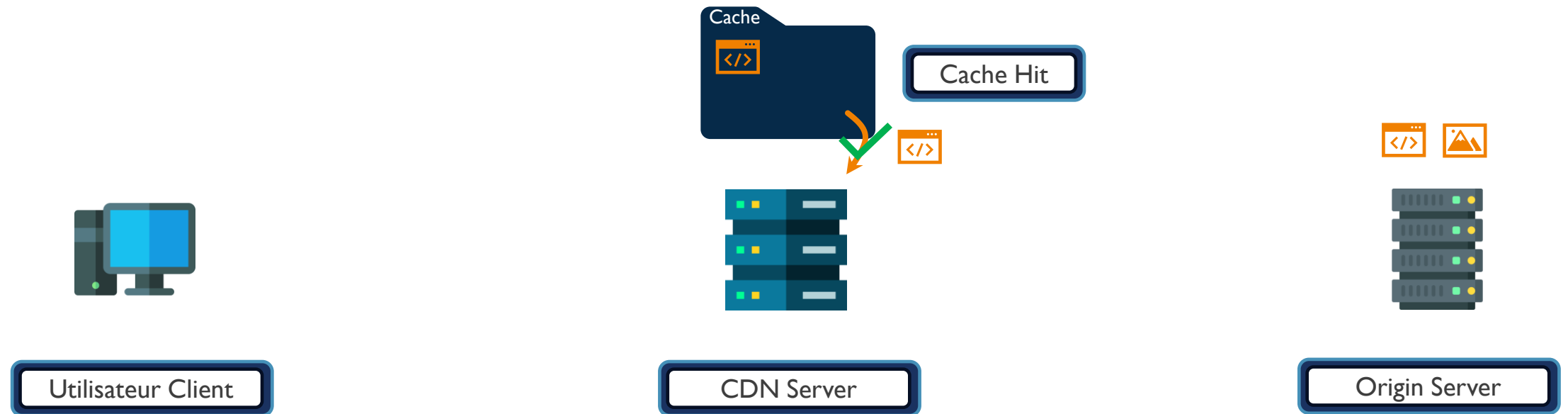
CHARGEMENT DE CONTENU STATIQUE



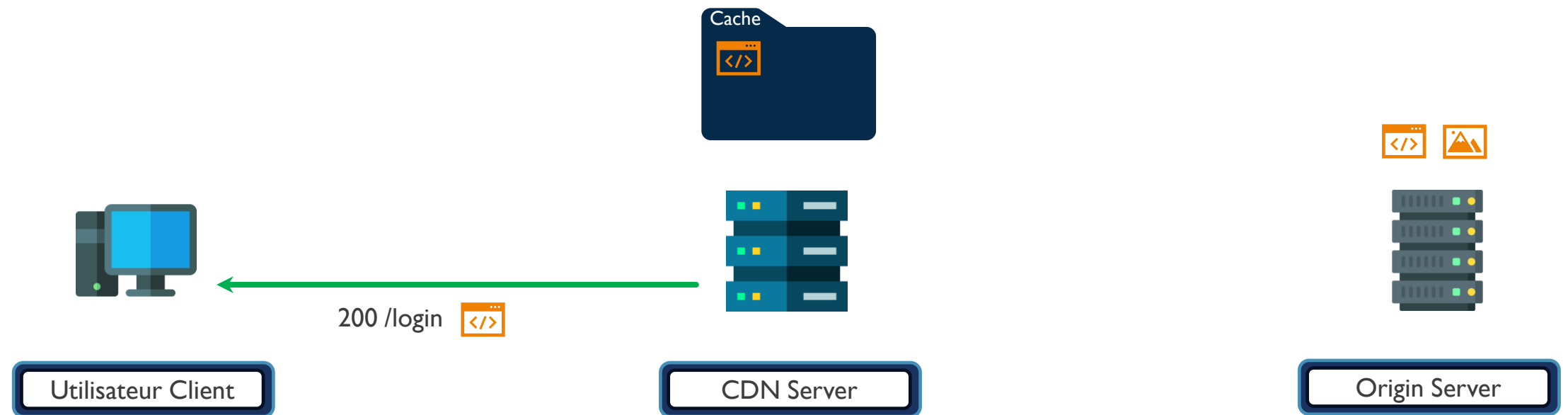
CHARGEMENT DE CONTENU STATIQUE



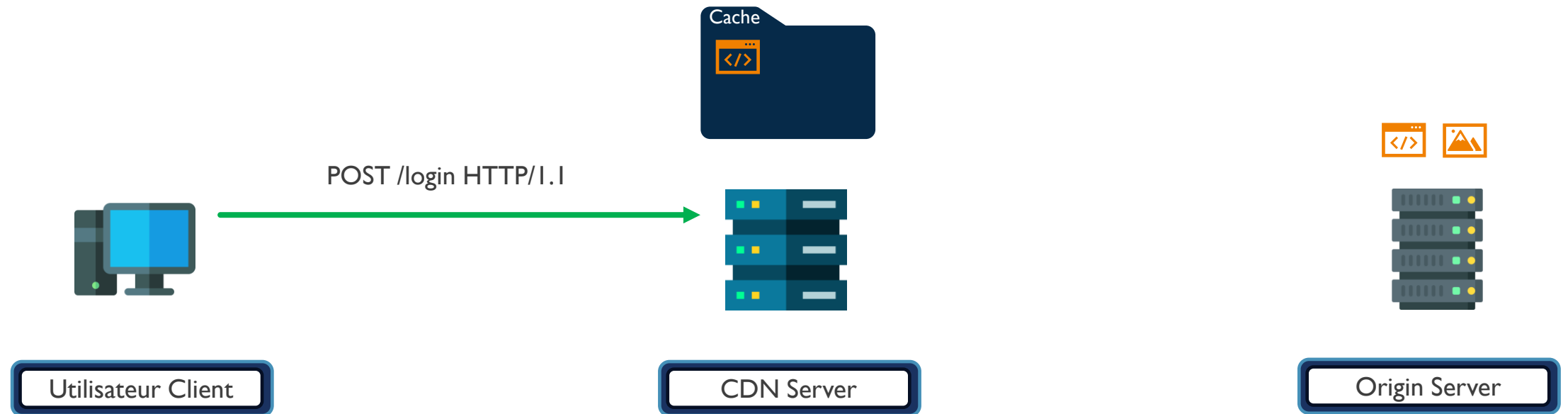
CHARGEMENT DE CONTENU STATIQUE



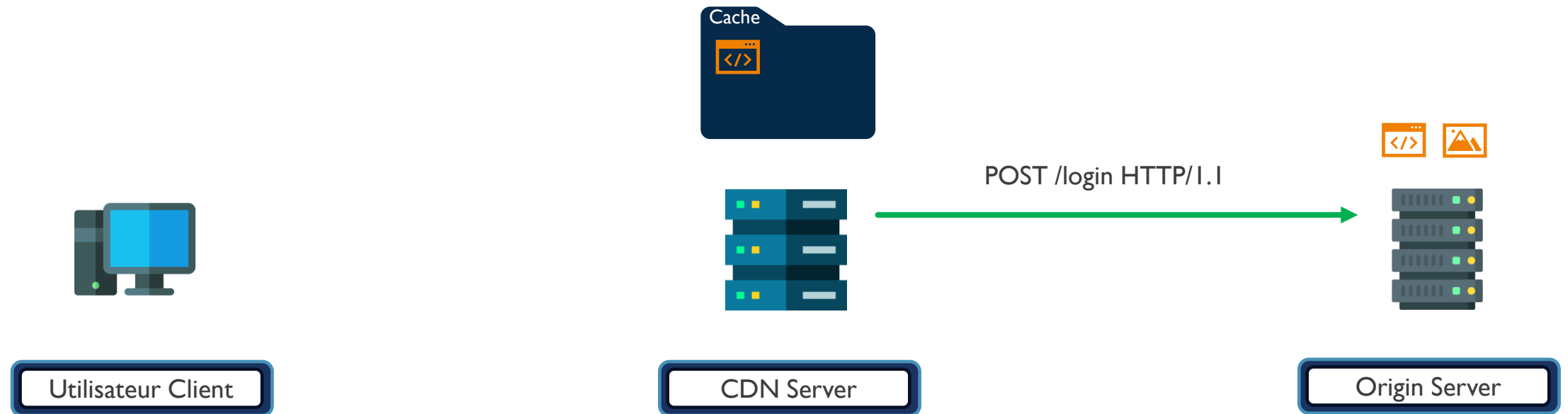
CHARGEMENT DE CONTENU STATIQUE



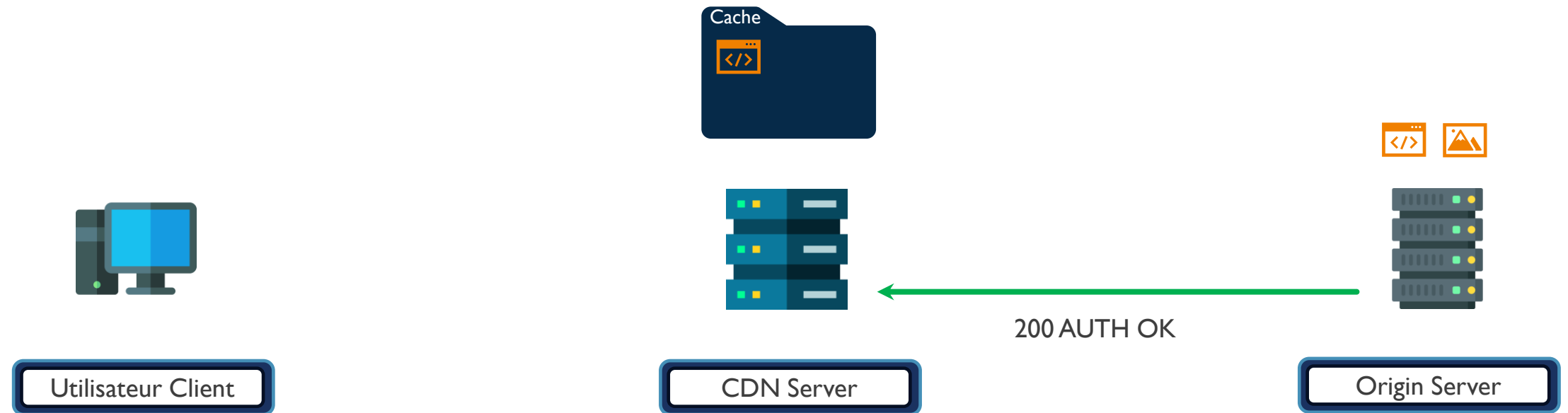
CHARGEMENT DE CONTENU STATIQUE



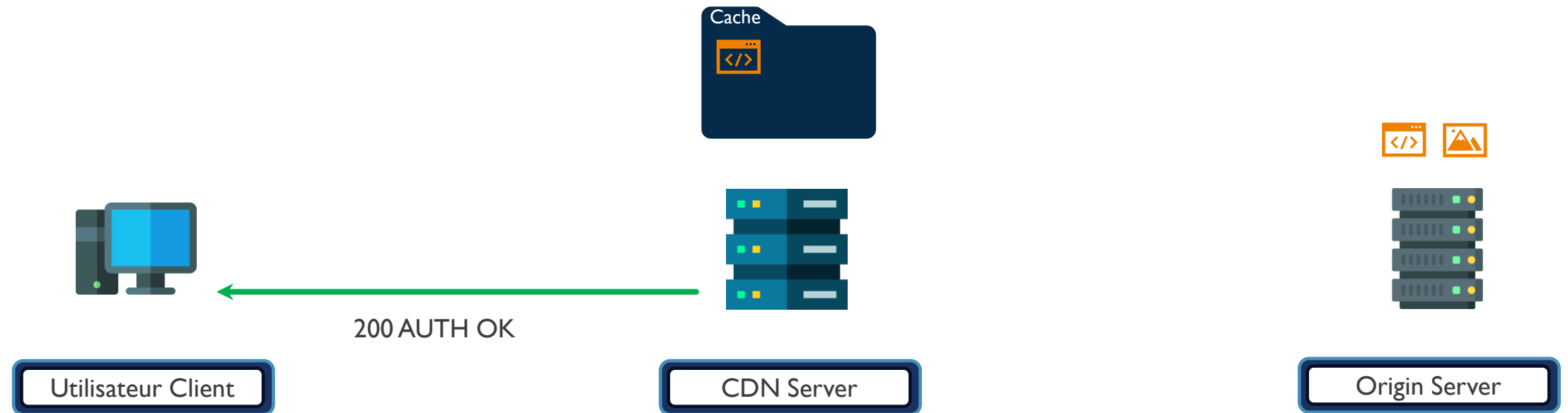
CHARGEMENT DE CONTENU STATIQUE



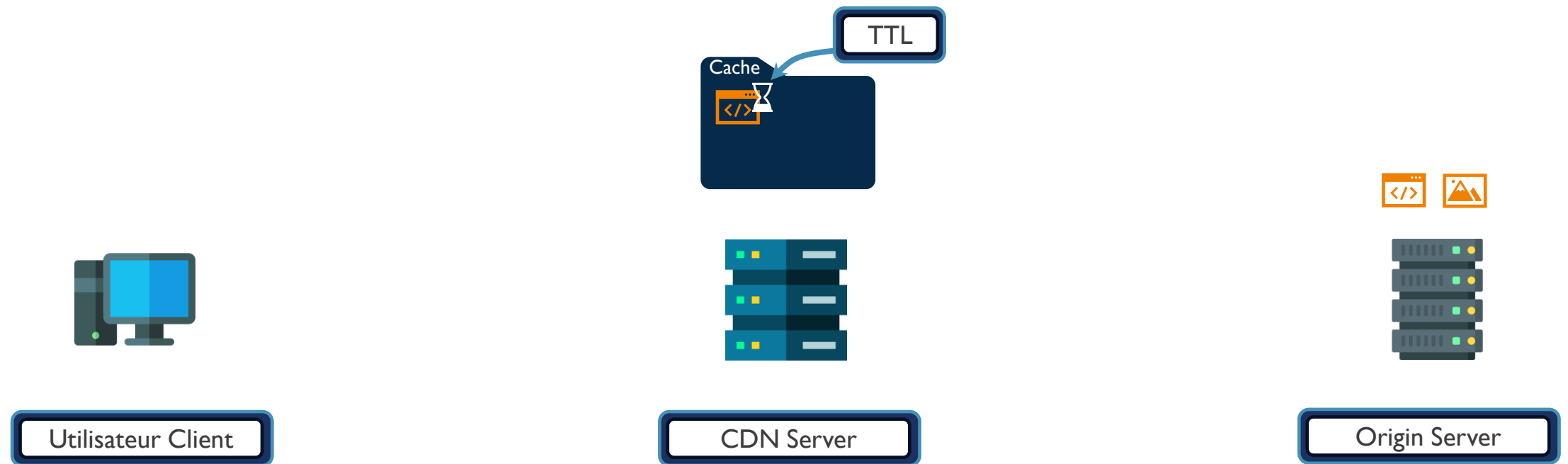
CHARGEMENT DE CONTENU STATIQUE



CHARGEMENT DE CONTENU STATIQUE



CHARGEMENT DE CONTENU STATIQUE



CHARGEMENT DE CONTENU STATIQUE



Utilisateur Client

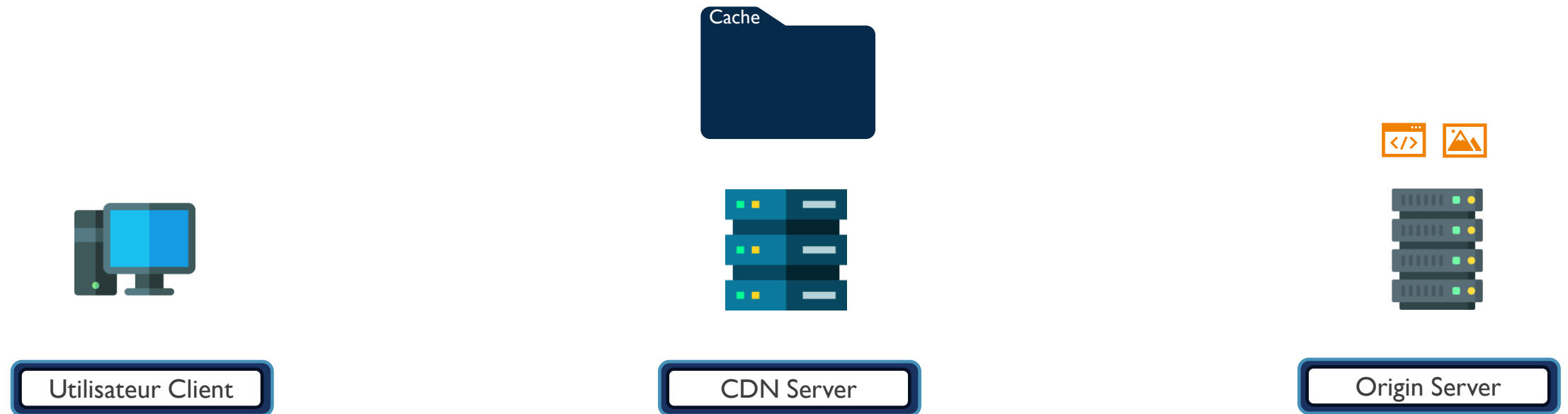


CDN Server

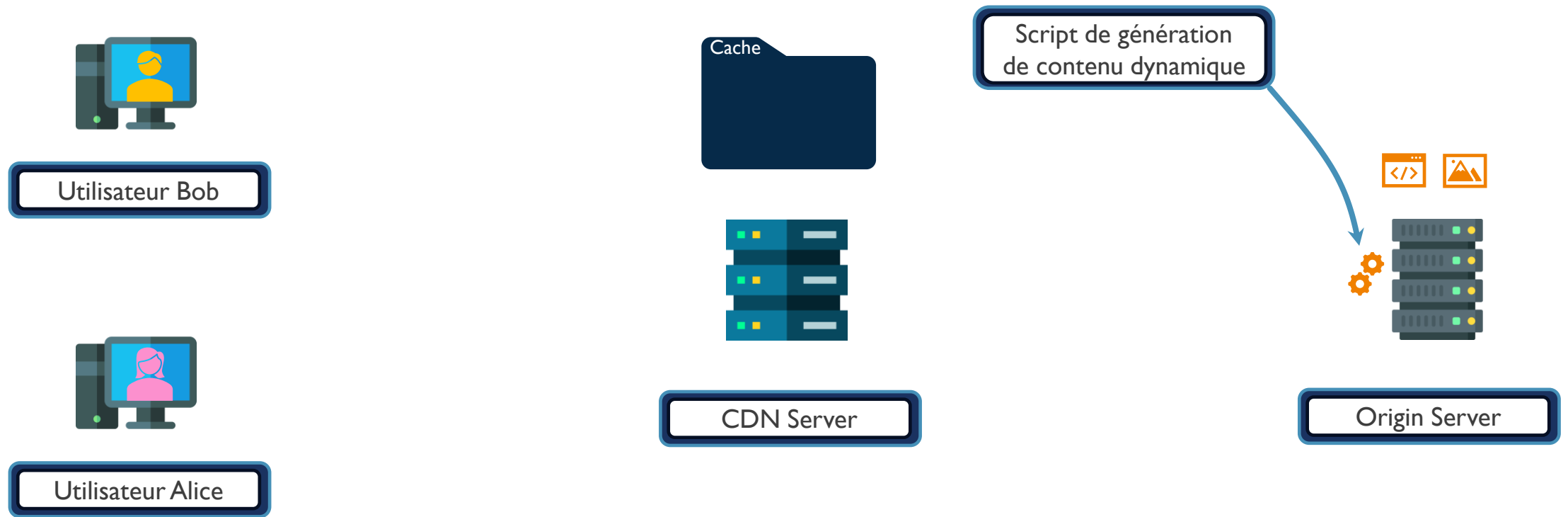


Origin Server

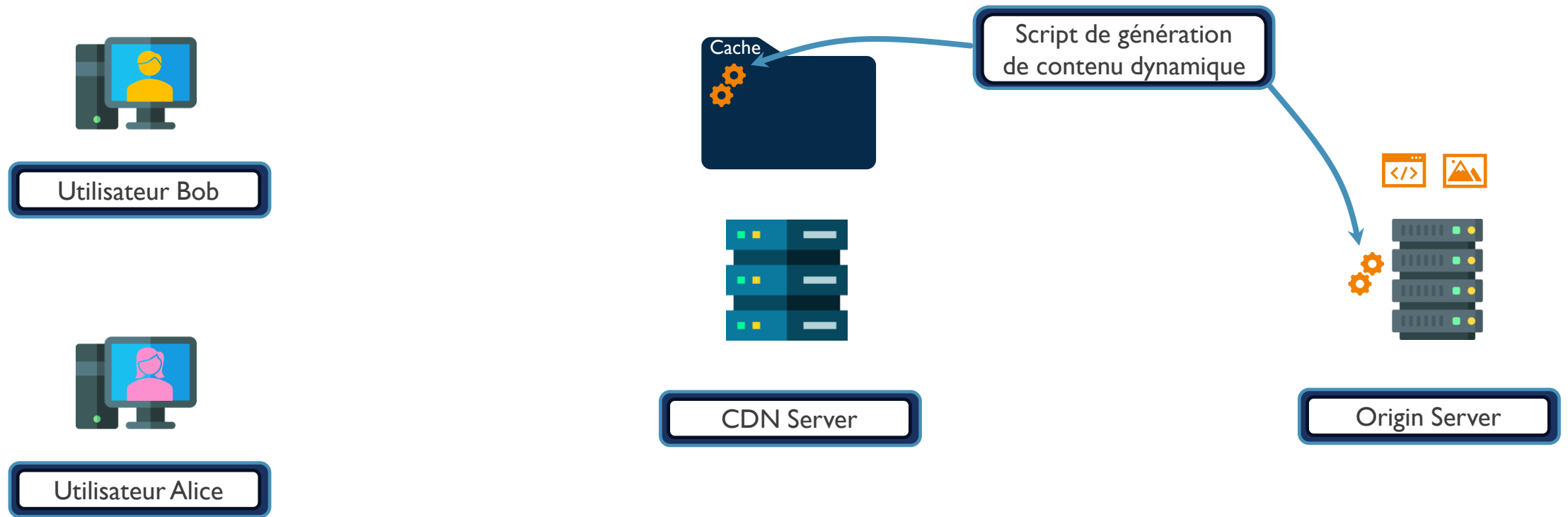
CHARGEMENT DE CONTENU STATIQUE



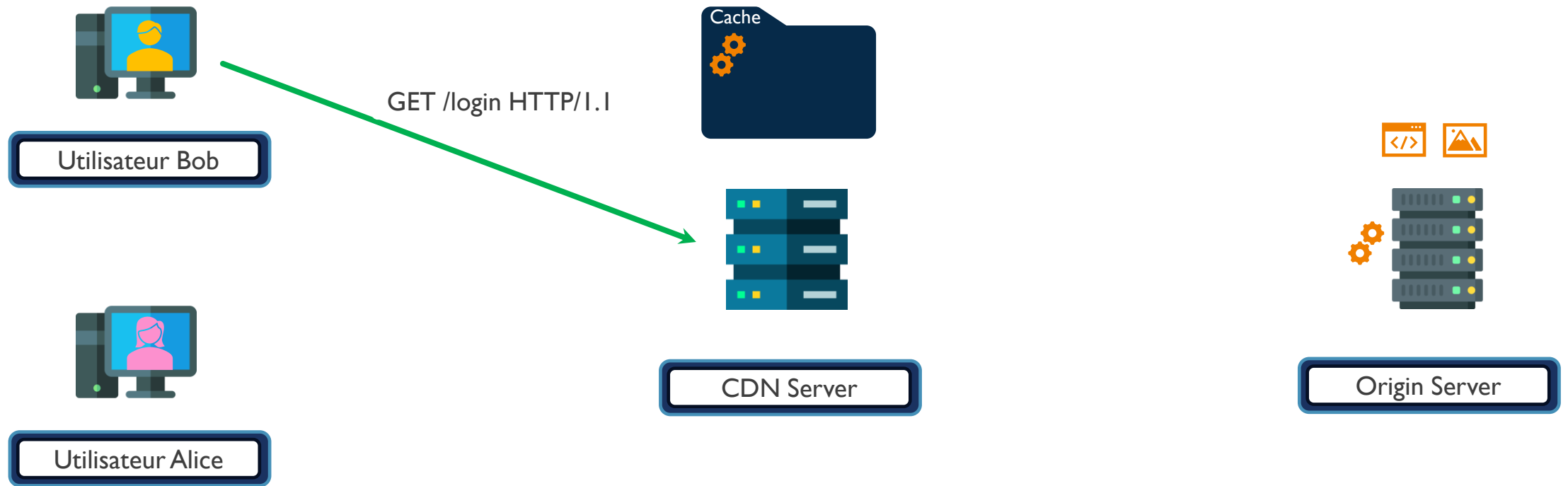
CHARGEMENT DE CONTENU DYNAMIQUE



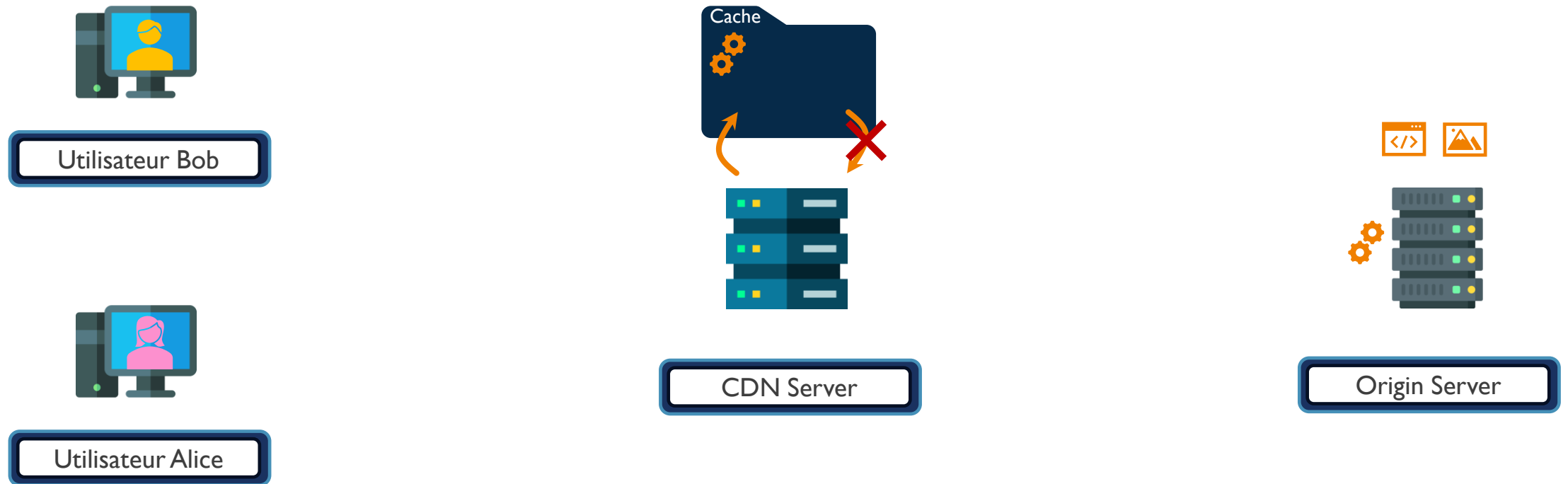
CHARGEMENT DE CONTENU DYNAMIQUE



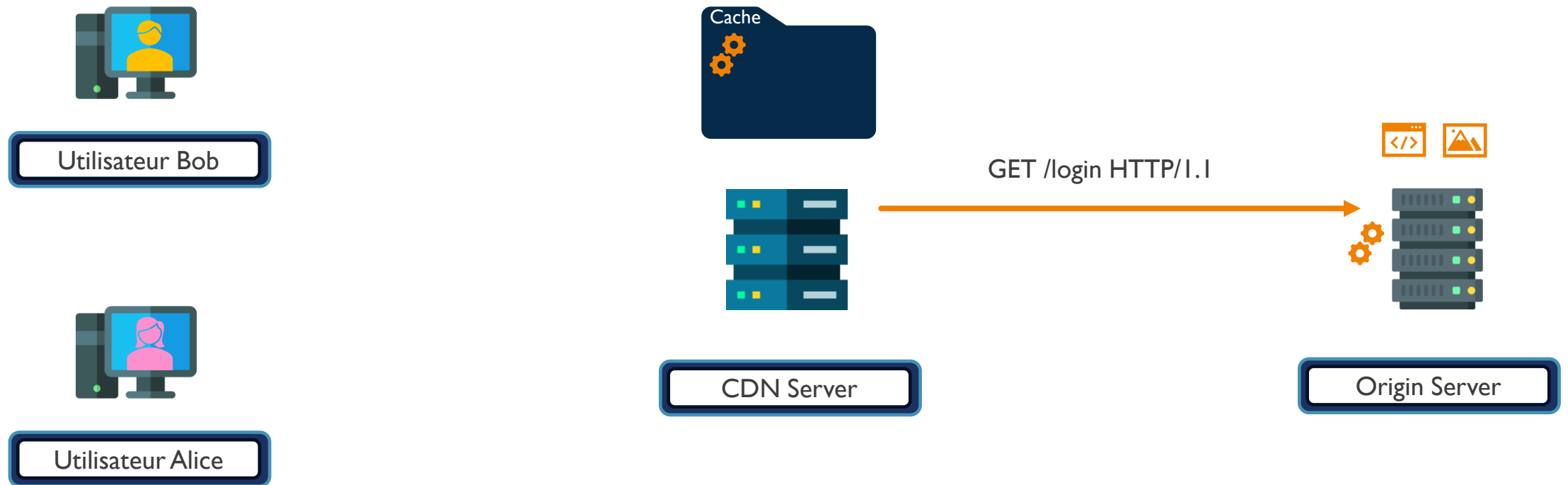
CHARGEMENT DE CONTENU DYNAMIQUE



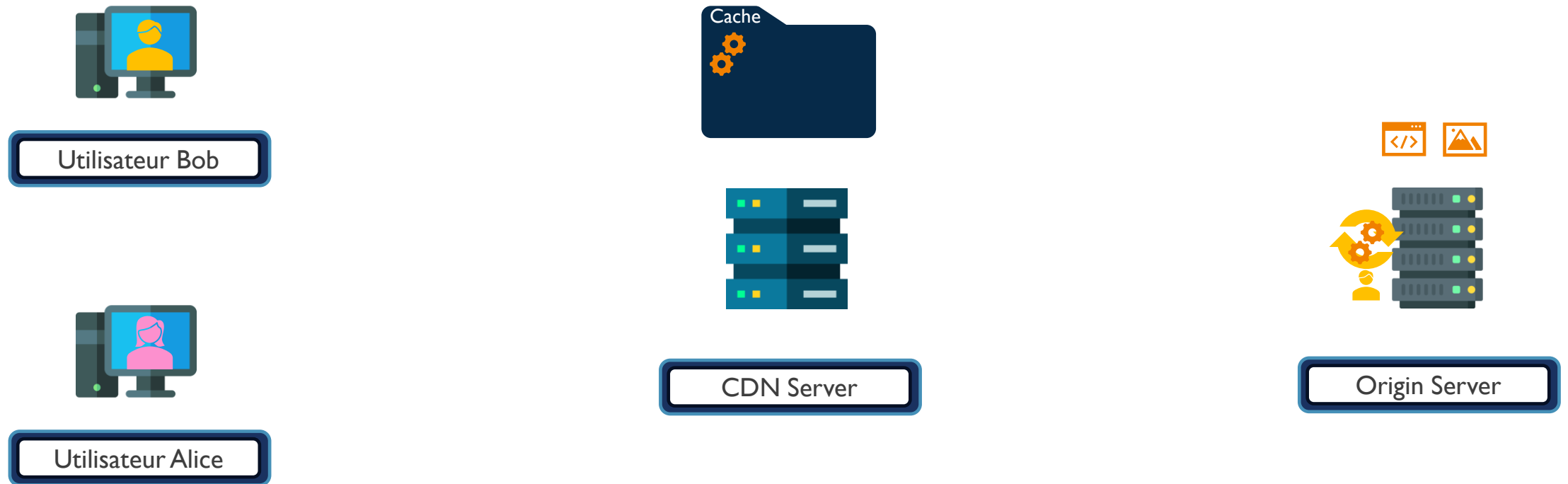
CHARGEMENT DE CONTENU DYNAMIQUE



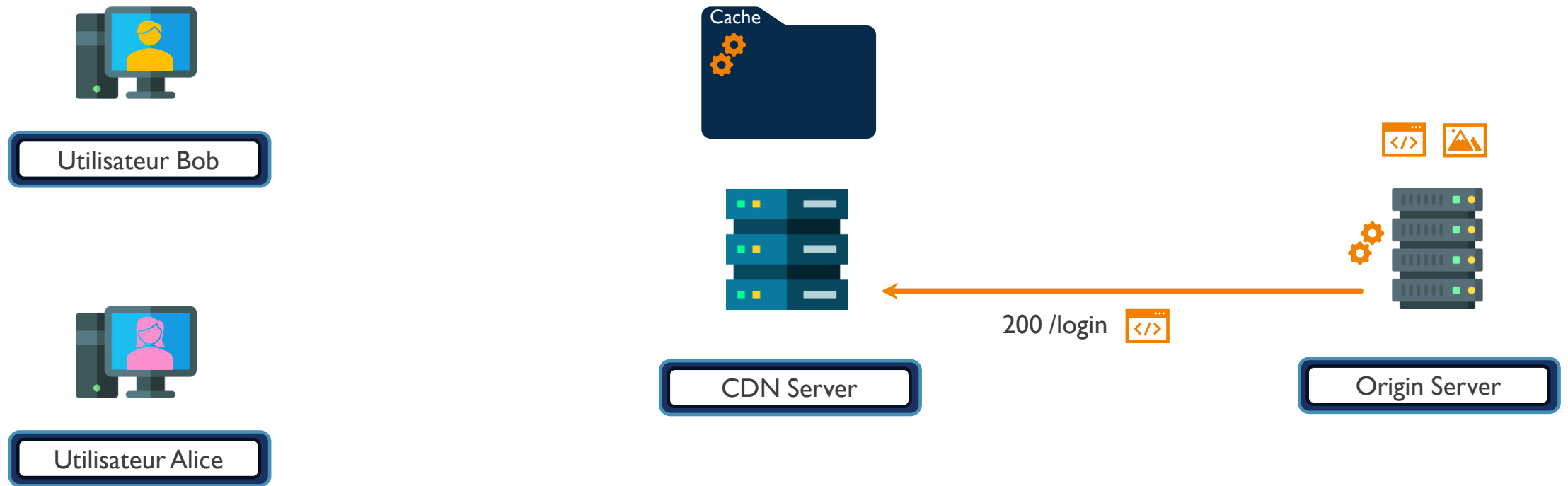
CHARGEMENT DE CONTENU DYNAMIQUE



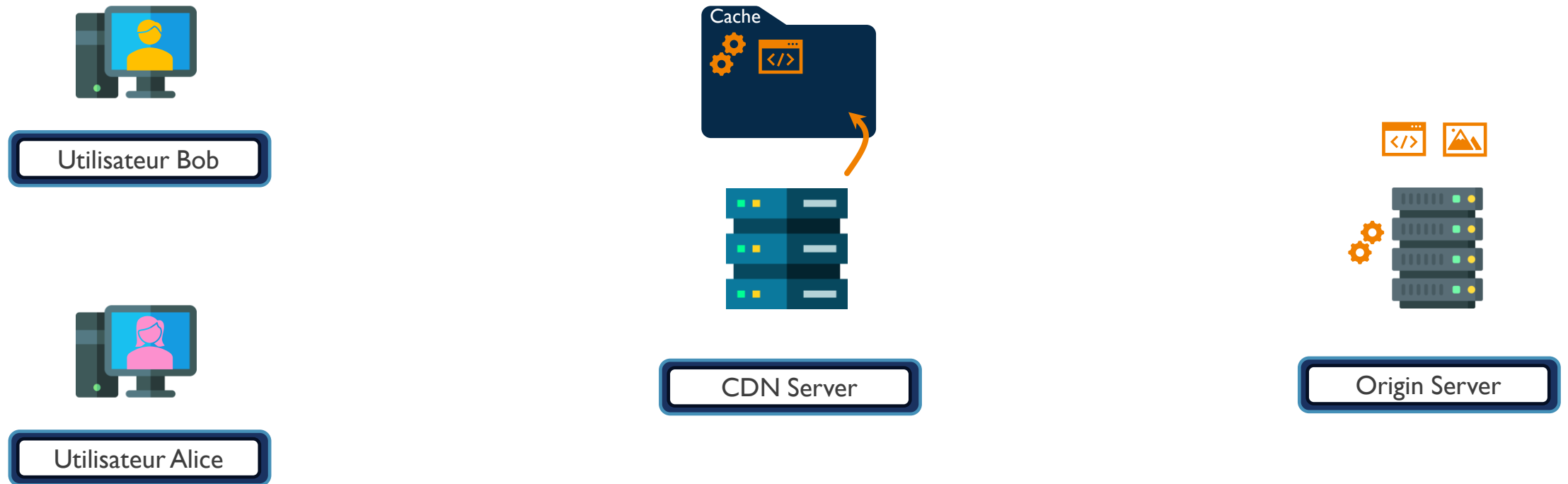
CHARGEMENT DE CONTENU DYNAMIQUE



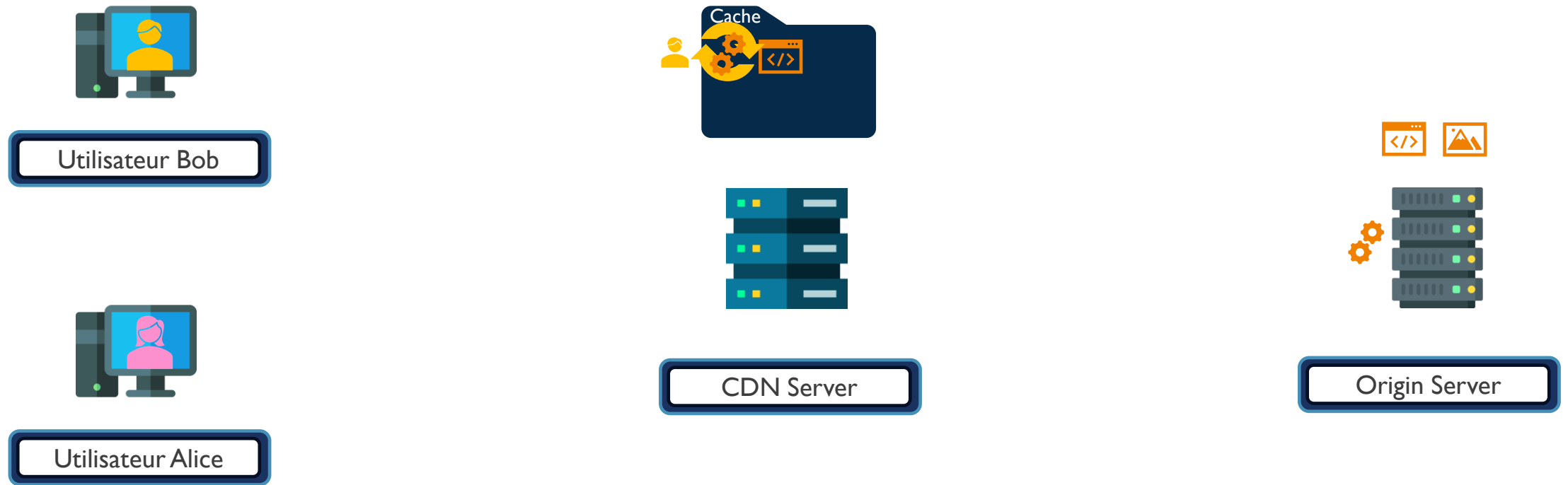
CHARGEMENT DE CONTENU DYNAMIQUE



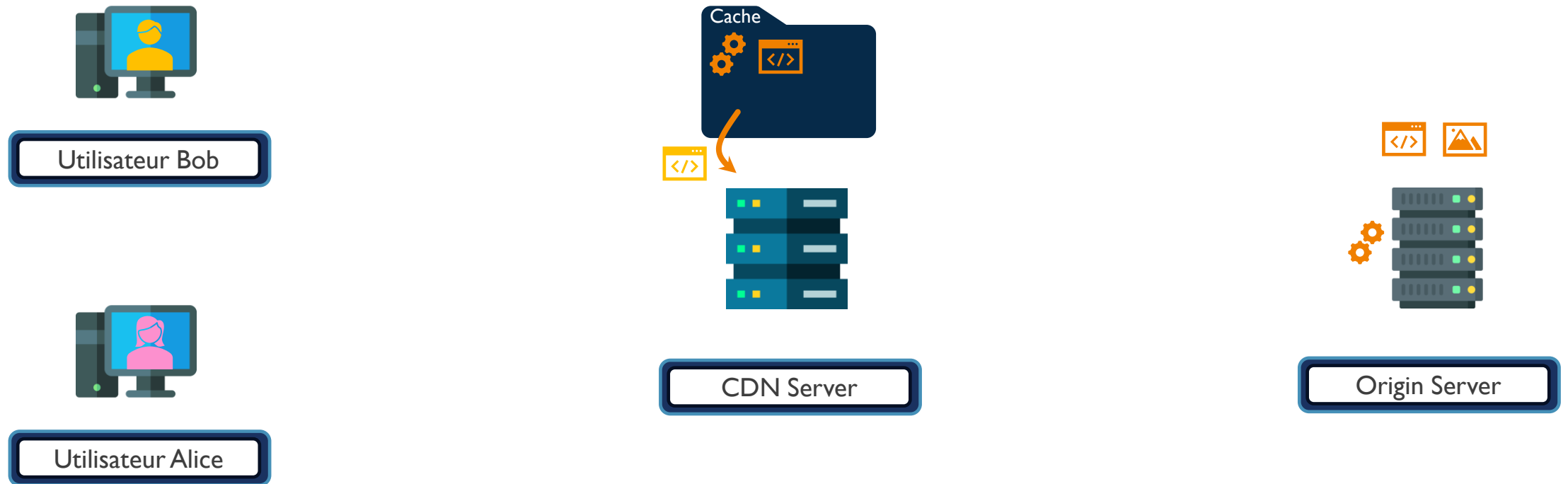
CHARGEMENT DE CONTENU DYNAMIQUE



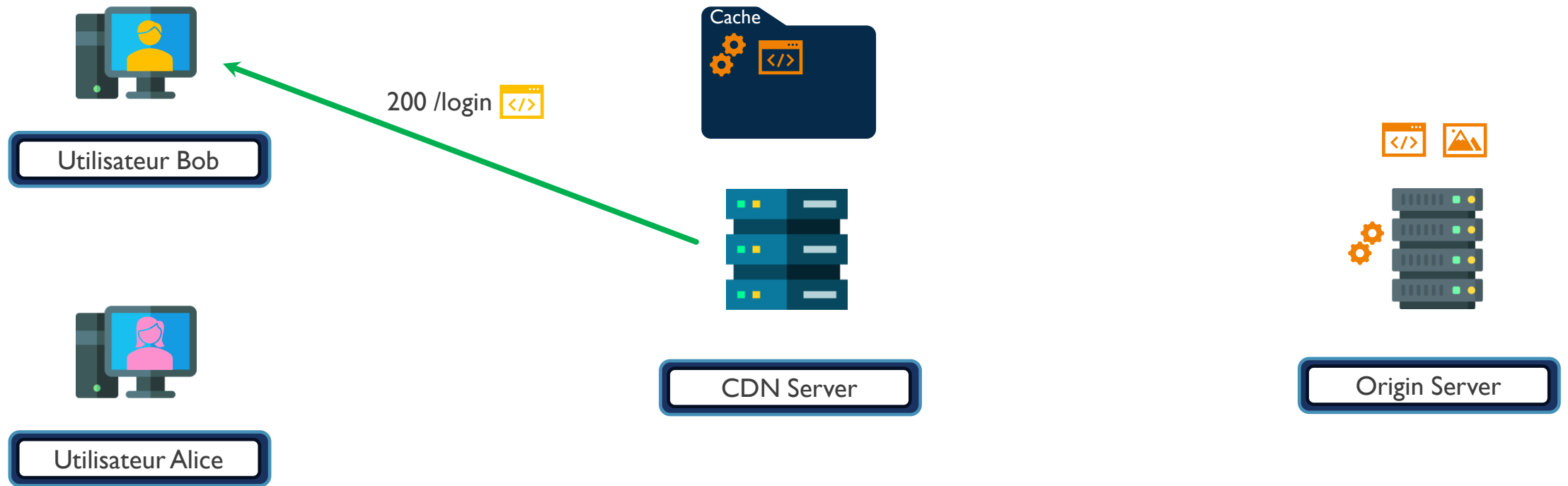
CHARGEMENT DE CONTENU DYNAMIQUE



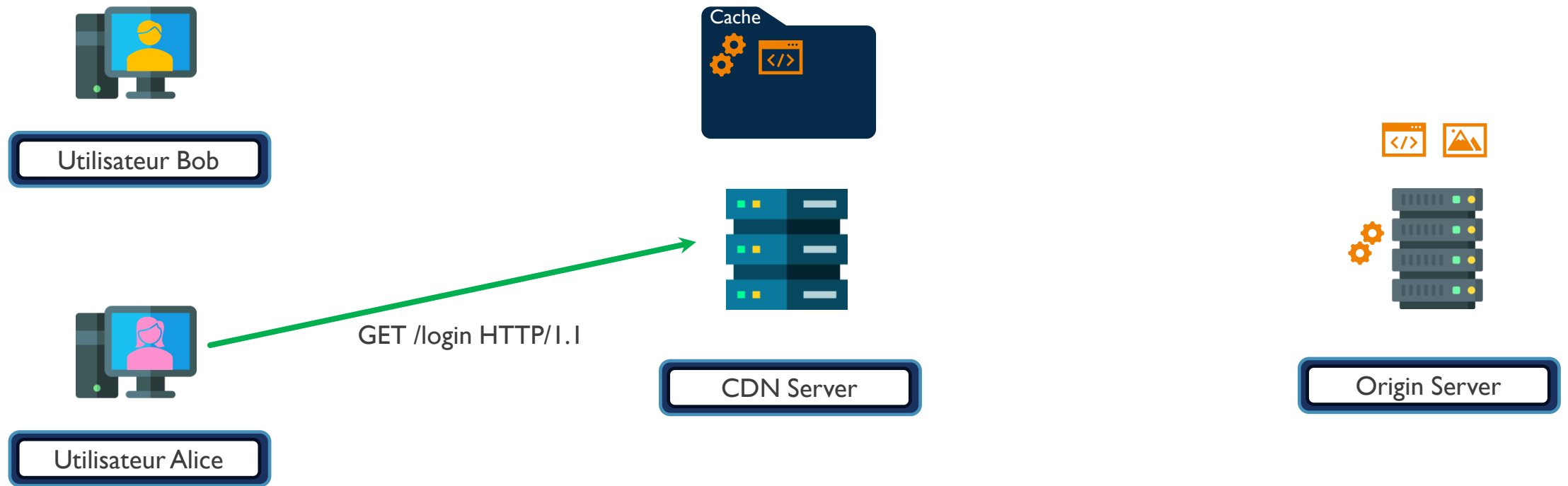
CHARGEMENT DE CONTENU DYNAMIQUE



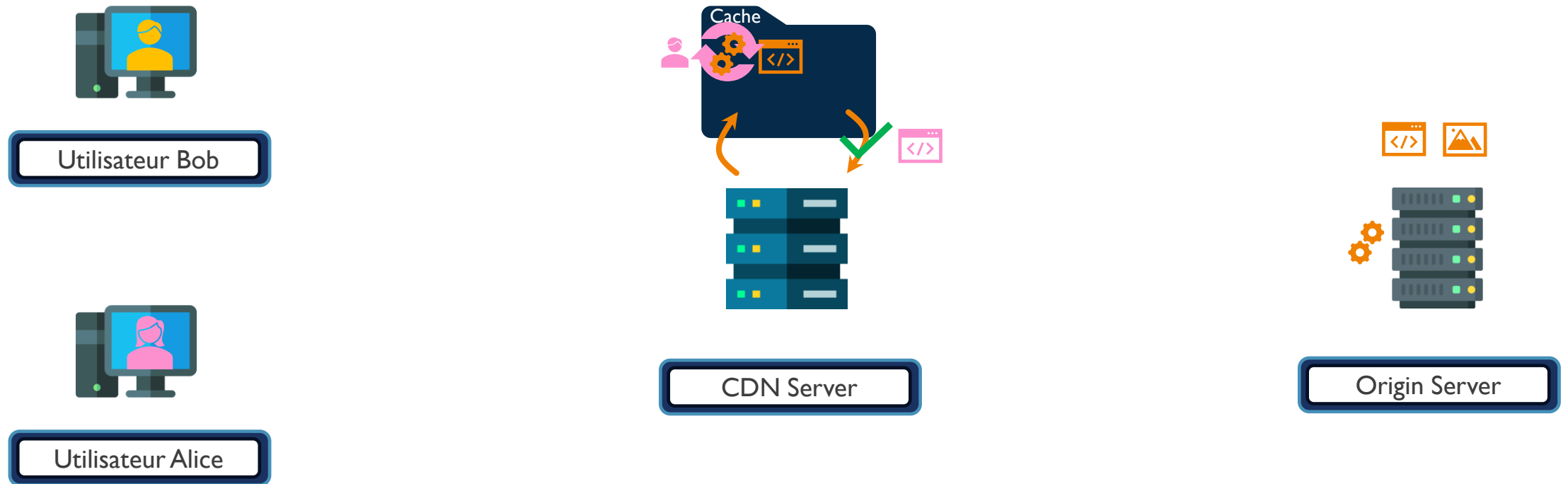
CHARGEMENT DE CONTENU DYNAMIQUE



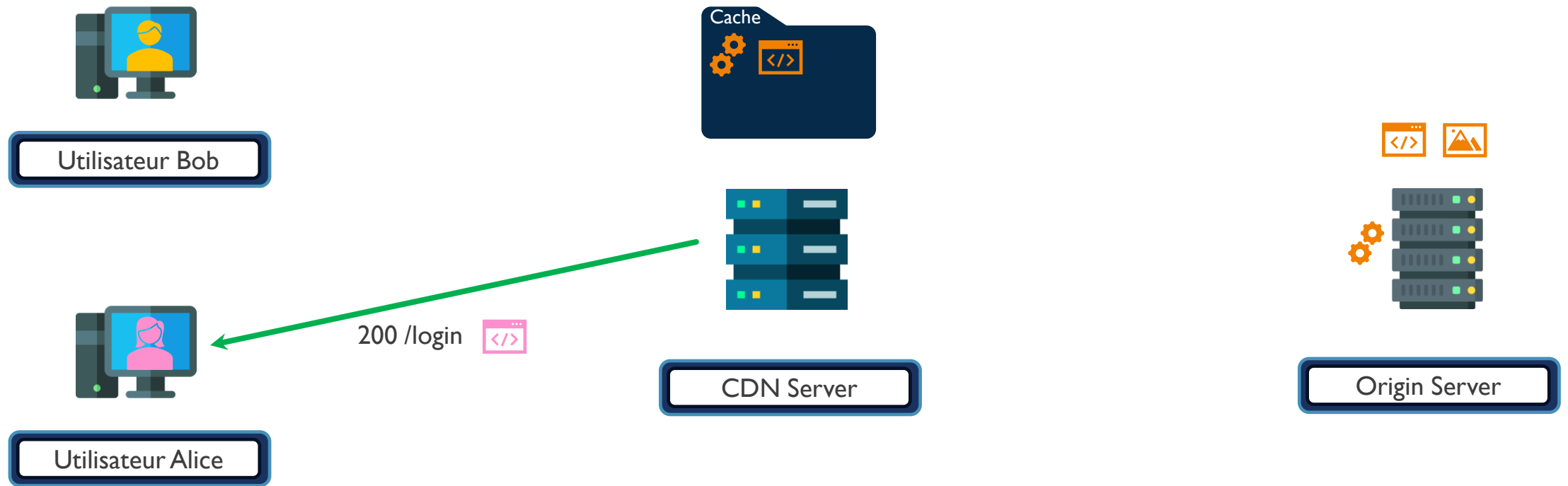
CHARGEMENT DE CONTENU DYNAMIQUE



CHARGEMENT DE CONTENU DYNAMIQUE



CHARGEMENT DE CONTENU DYNAMIQUE



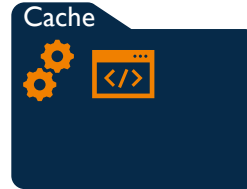
CHARGEMENT DE CONTENU



Utilisateur Bob



Utilisateur Alice



Indicateur de performance

Taux d'accès au cache

$$Taux = \frac{nombre_{hits}}{nombre_{hits} + nombre_{misses}}$$

Plus la valeur est élevée → plus le cache est efficace



Origin Server

GESTION DU CACHE

- En-tête HTTP pour la gestion de mise en cache
 - Intervient au niveau du cache navigateur mais également proxy, CDN, etc...
- Permet de spécifier si la mise en cache est autorisée
 - Identifie également si l'utilisateur peut utiliser des données en cache ou pas
- Plusieurs options possibles

The screenshot displays the 'Response Headers' section of a browser's developer tools for a GET request to https://example.org/. The status is 200. The response headers are as follows:

Header	Value
accept-ranges	bytes
alt-svc	h3=":443"; ma=93600,h3-29=":443"; ma=93600,h3-Q050=":443"; ma=93600,quic=":443"; ma=93600; v="46,43"
cache-control	max-age=2952
content-encoding	gzip
content-length	648
content-type	text/html
date	Mon, 20 Jan 2025 22:49:08 GMT
etag	"84238dfc8092e5d9c0dac8ef93371a07:1736799080.121134"
last-modified	Mon, 13 Jan 2025 20:11:20 GMT
vary	Accept-Encoding
X-Firefox-Spdy	h2

Annotations on the image:

- A green box highlights the `cache-control: max-age=2952` header, with an arrow pointing to a blue box labeled 'TTL'.
- An orange box highlights the `content-encoding: gzip` header, with an arrow pointing to a blue box labeled 'Compression'.
- A blue box highlights the `etag: "84238dfc8092e5d9c0dac8ef93371a07:1736799080.121134"` header, with an arrow pointing to a blue box labeled 'Version de la ressource en cache'.

« CACHE-CONTROL : ... ? »

- « **private** »

- Correspond généralement a des données privées
 - Information personnels → compte personnel ENT
- Ne permet pas la mise en cache
 - Par l'utilisateur
 - Par un agent intermédiaire (CDN, proxy)

- « **public** »

- Données considérées comme publics
- Permet la mise en cache générale

- « **no-store** »

- Ne permet pas la mise en cache
 - Toute demande utilisateur doit passer par le serveur d'origine
- Correspond aux données sensibles → compte bancaire

- « **no-cache** »

- Utilisation des données en cache s'ils sont à jour
- Utilisation du tag **ETag** → jeton unique de version de la ressource en cache
- Comparaison du **ETag** avec la version sur le serveur
 - S'ils sont identiques → les données du cache sont utilisés
 - Sinon → Récupération de la nouvelle version sur le serveur

« CACHE-CONTROL : ... ? »

■ « *max-age* »

- Correspond à la durée de vie de la donnée dans le cache
 - Valeur exprimée en secondes
- Ex: 1800 → 30 minutes de validité
 - < 30 minutes → la version en cache est utilisée
 - > 30 minutes → la donnée est « périmée »
 - La requête doit aller au serveur d'origine

■ « *s-maxage* »

- Directive spécifiquement destinée aux caches partagés
→ CDN
- Détermine la durée de vie de la ressource dans le cache
- Remplace l'option « *max-age* » des clients individuels

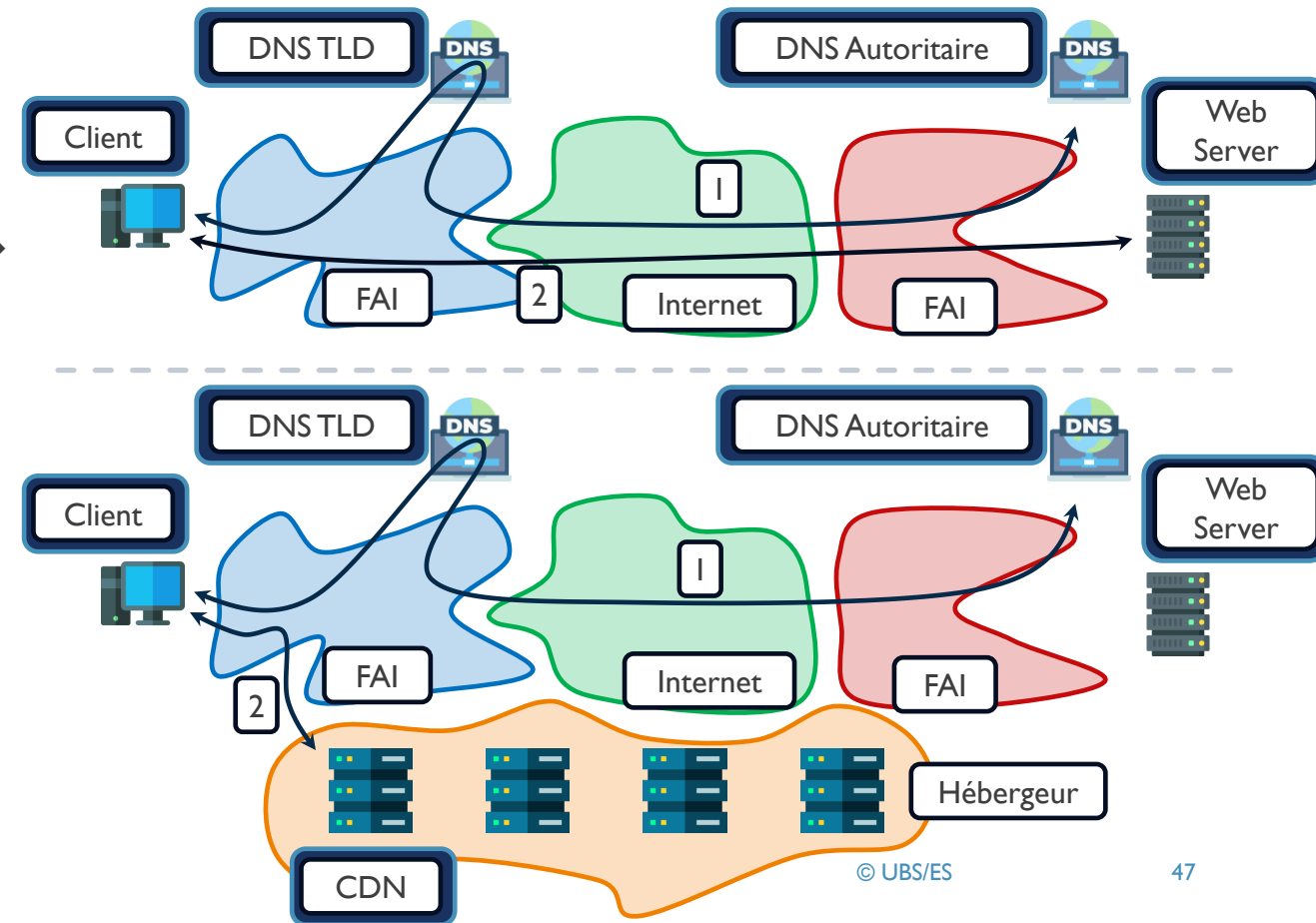
ROUTAGE CDN

- Plusieurs méthodes de déploiement de CDN
 - CDN basés-DNS
 - CDN basés-URL
- Ces approches utilisent des méthodes de routage pour orienter les requêtes
- CDN basés-DNS
 - *Basé routage DNS* : Accord entre l'hébergeur et les gestionnaires DNS
 - *Approche Akamai* : Pas d'intervention DNS nécessaire
- CDN basés-URL
 - *Équilibrage de charge* : point de connexion TCP proche du serveur
 - *Routage sur le contenu* : point de connexion TCP proche du client

CDN BASÉS-DNS

Routage basé-DNS

- Sélection du CDN lors du translation nom d'hôte → adresse IP
- Utilisation d'un serveur DNS particulier
 - Traite le nom d'hôte et la source
 - Calcule sur plusieurs métriques
 - RTT, charge de serveur, temps de réponse, etc...
- Approche transparente pour l'utilisateur



CDN BASÉS-DNS

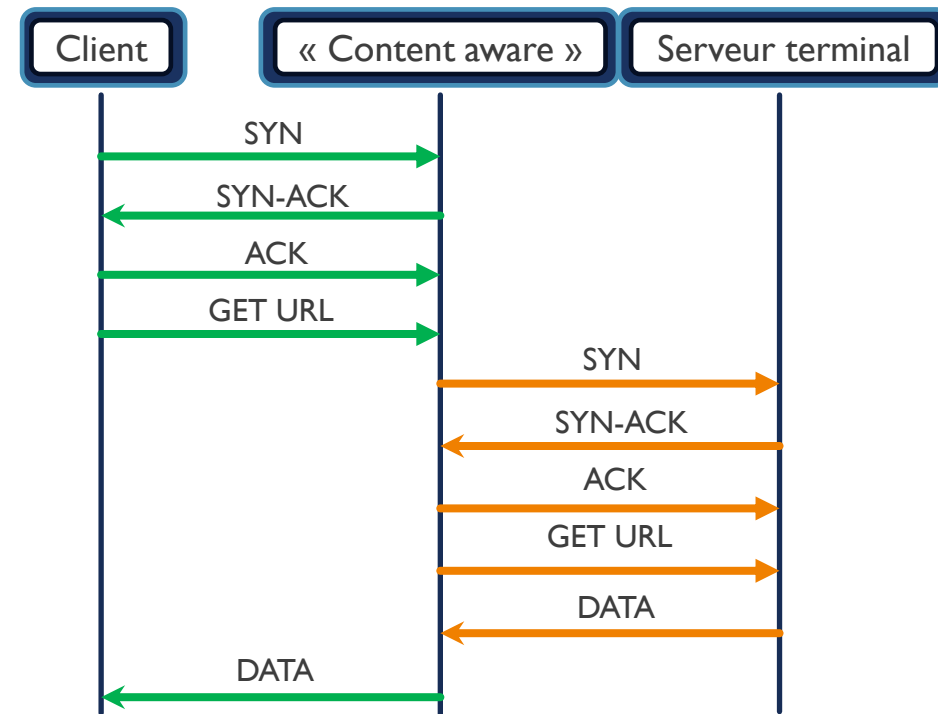
Approche Akamai

- Utilisation d'un protocole propriétaire de redirection de trafic envers ses CDN SANS intervention des serveurs DNS
- Utilisation d'un nom de domaine classique
- Page web contient des ressources avec un domaine spéciale vers un cache Akamai spécifique
 - `http://cnn.com/a.gif` → `http://a128.g.akamai.net/7/23/cnn.com/a.gif`
- Requêtes DNS du navigateur vers le serveur cache de proximité

CDN BASÉS-URL

Équilibrage de charge serveur

- Deux approches de load balancing
 - Niveau 4 : TCP connexions sont relayés par le load balancer
 - « Content-unaware »
 - Le même serveur terminal maintient la connexion TCP et répond
 - Aucun autre serveur n'intervient
 - Load balancing sur l'adresse IP source, le port TCP source, etc...
 - Niveau 7 : Clôture des connexions TCP par le load balancer
 - « Content-aware »
 - Deux sessions TCP → Client – load balancer et load balancer – serveur terminal
 - Plusieurs serveurs peuvent répondre aux requêtes
 - Load balancing basé sur l'URL complet

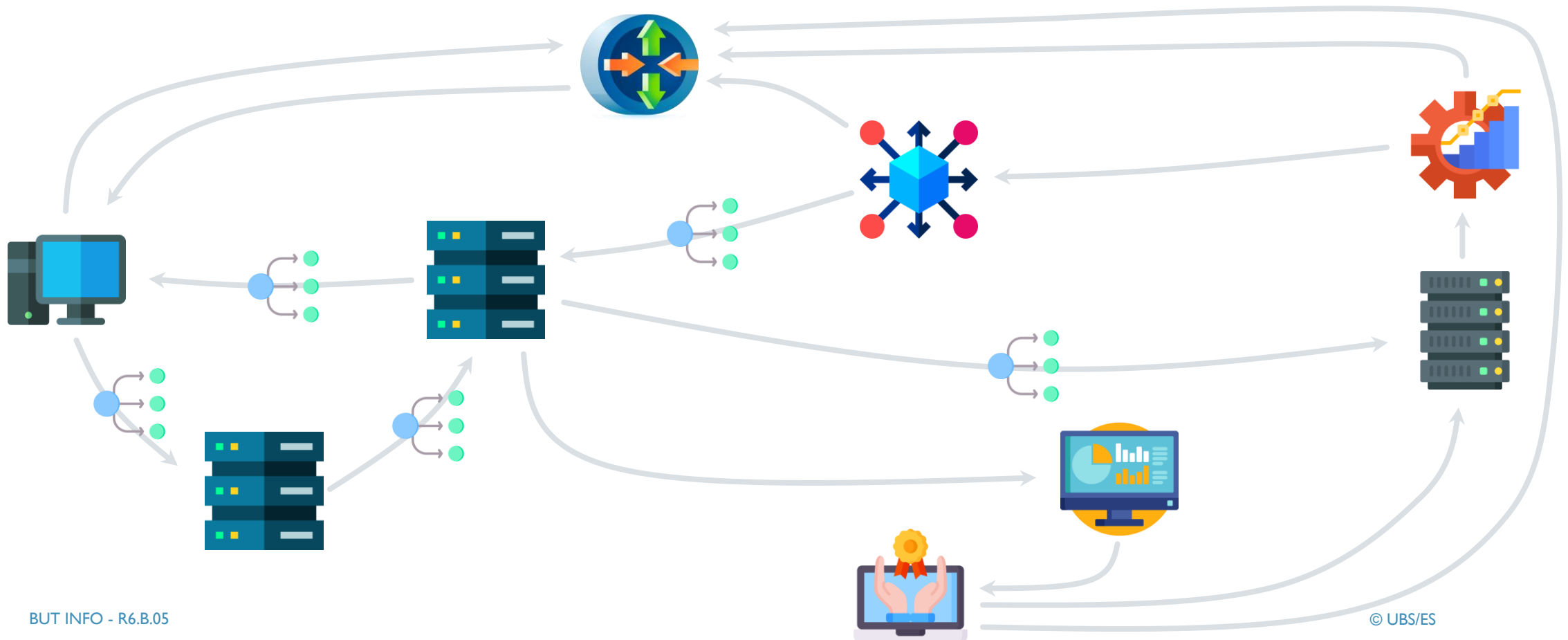


CDN BASÉS-URL

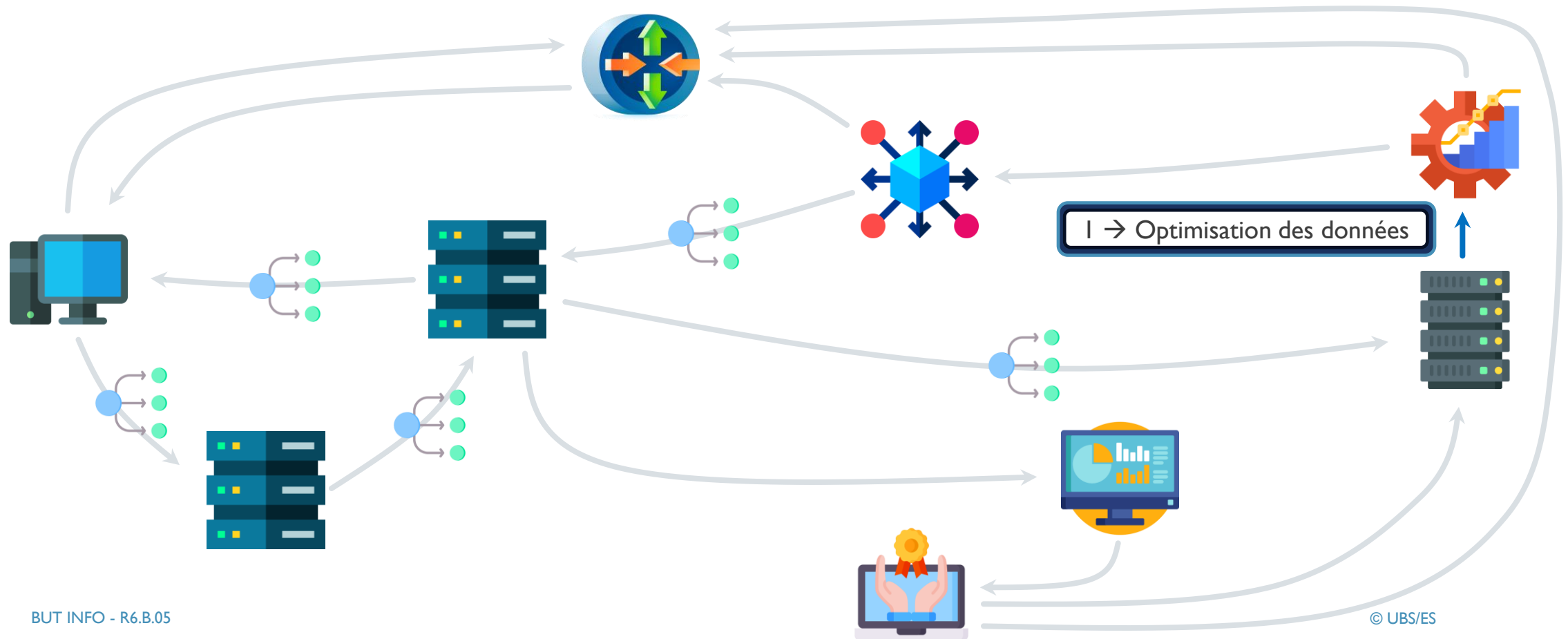
Routage sur le contenu

- Utilisation de « routeurs de contenu »
 - Équipements capables de router le trafic vers le meilleur cache basé sur l'URL
- Utilisation de TCP en mode « content-aware »
 - Clôture des sessions TCP entre chaque routeur
 - Utilisation d'un protocole de gestion de livraison de contenu
 - Extraction de l'URL par le premier routeur puis propagé via un protocole spécifique

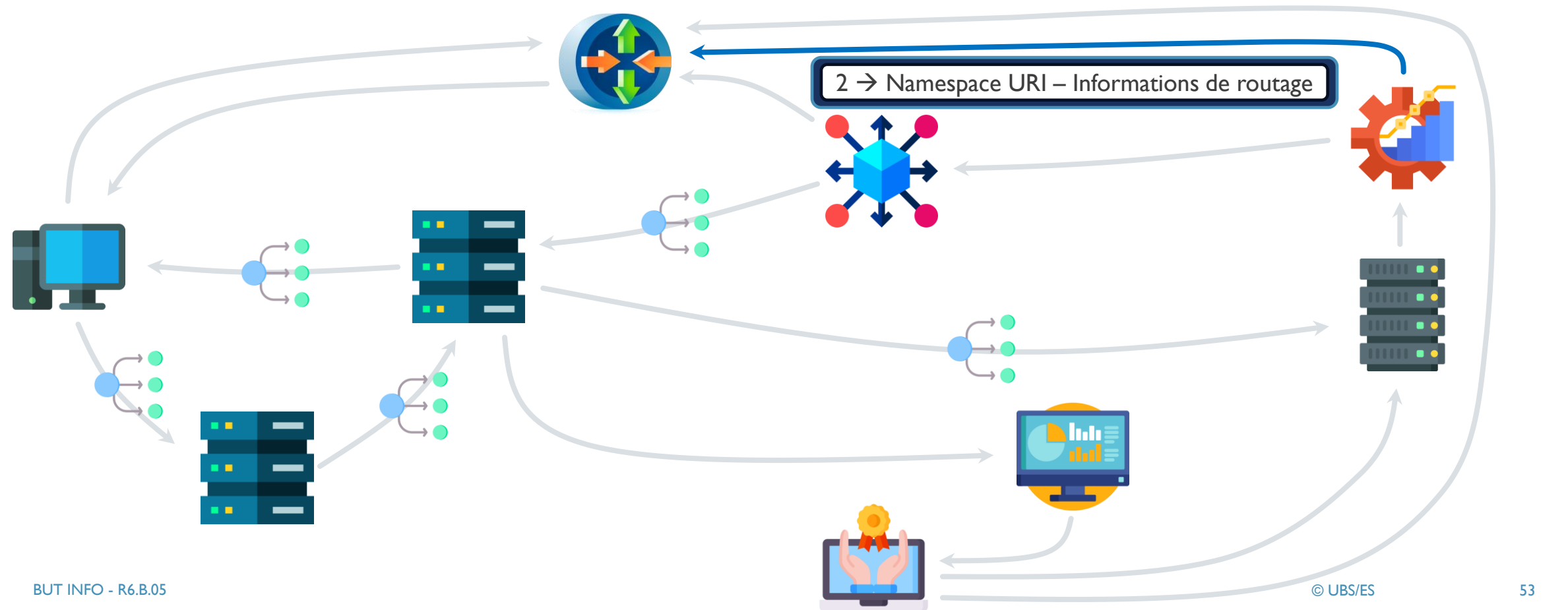
DU COUP ?



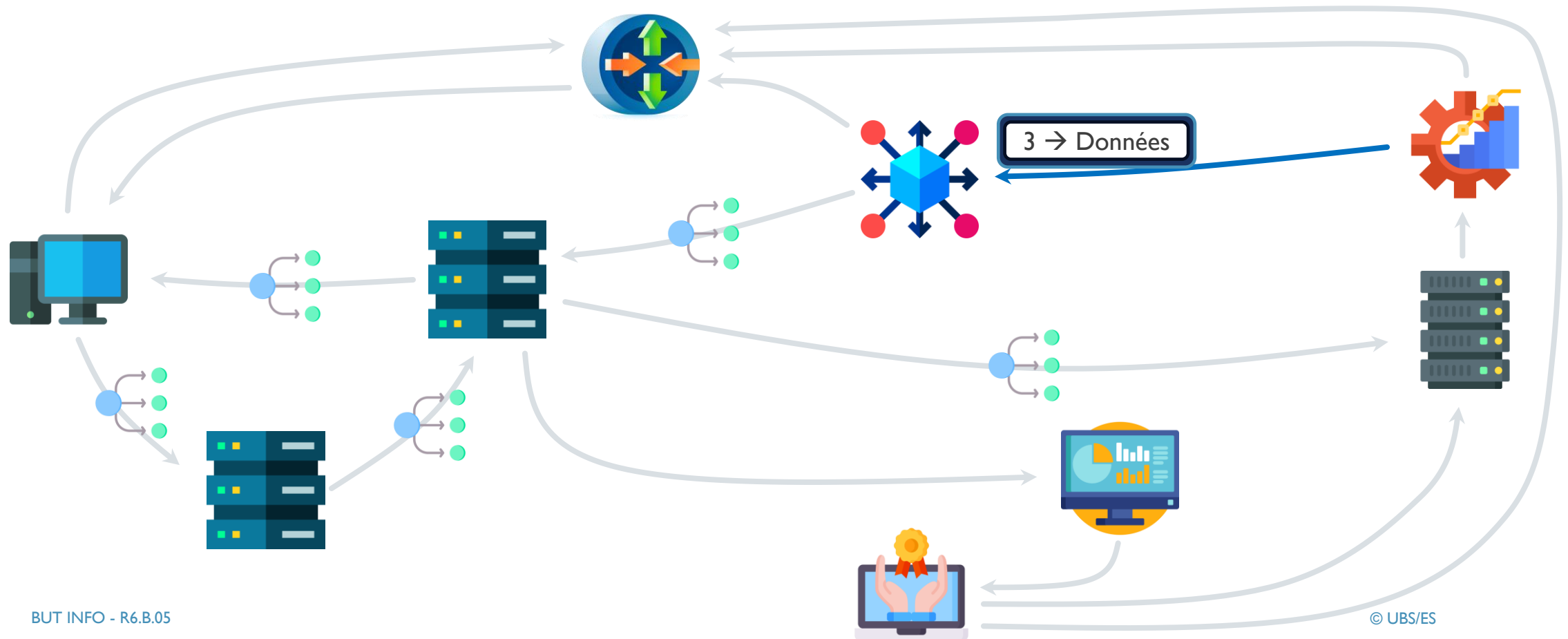
DU COUP ?



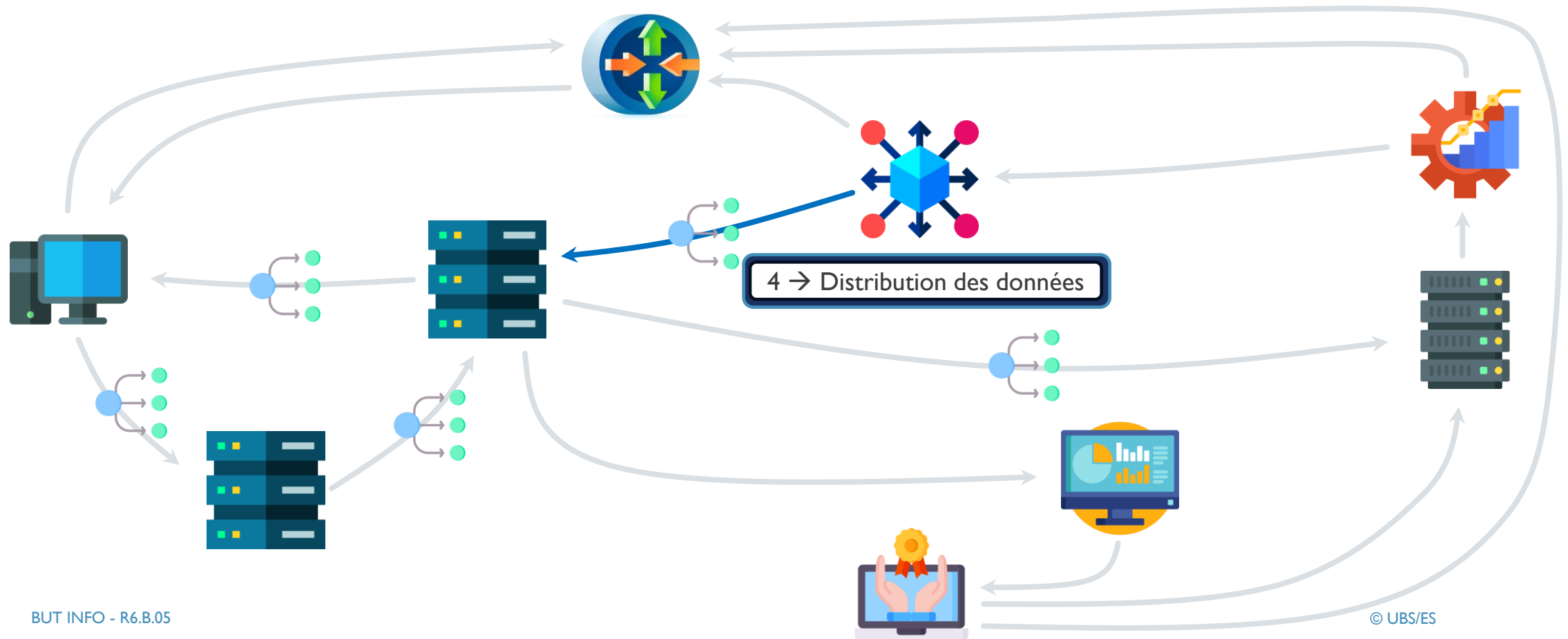
DU COUP ?



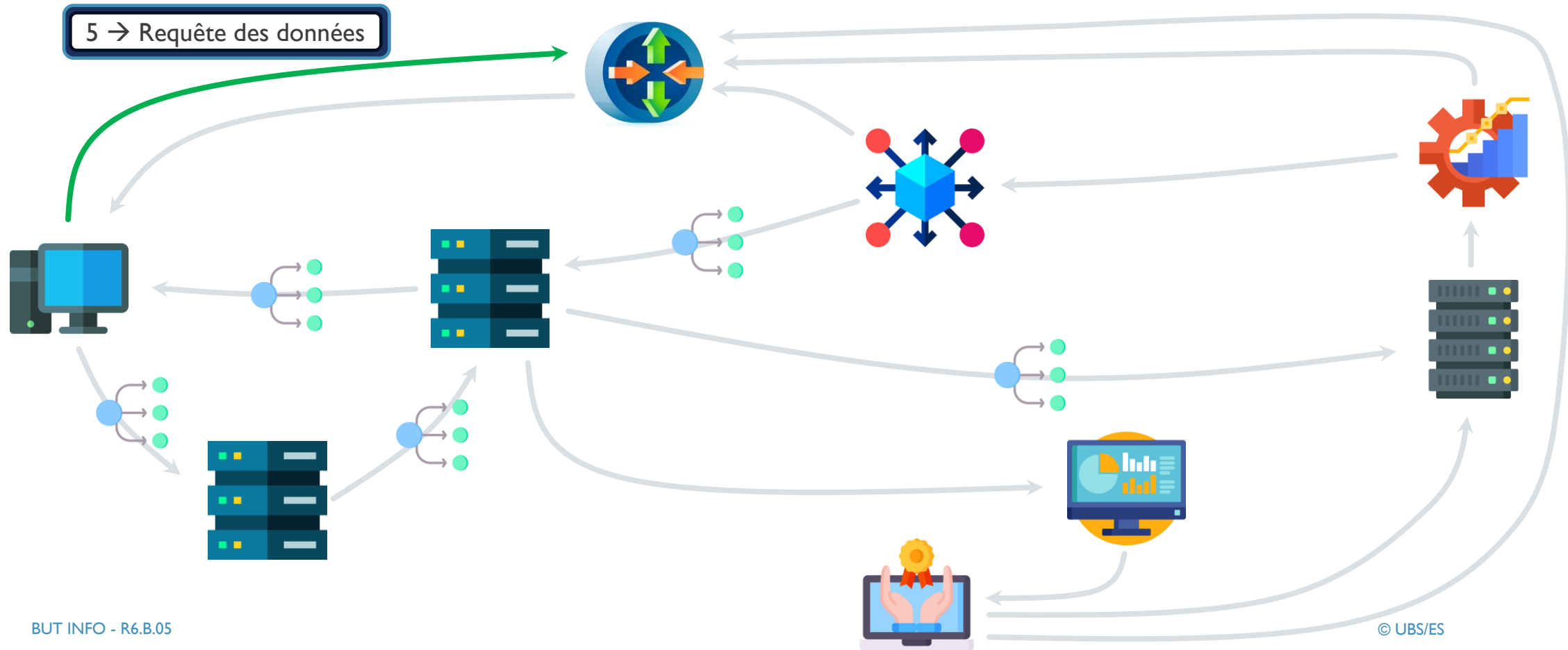
DU COUP ?



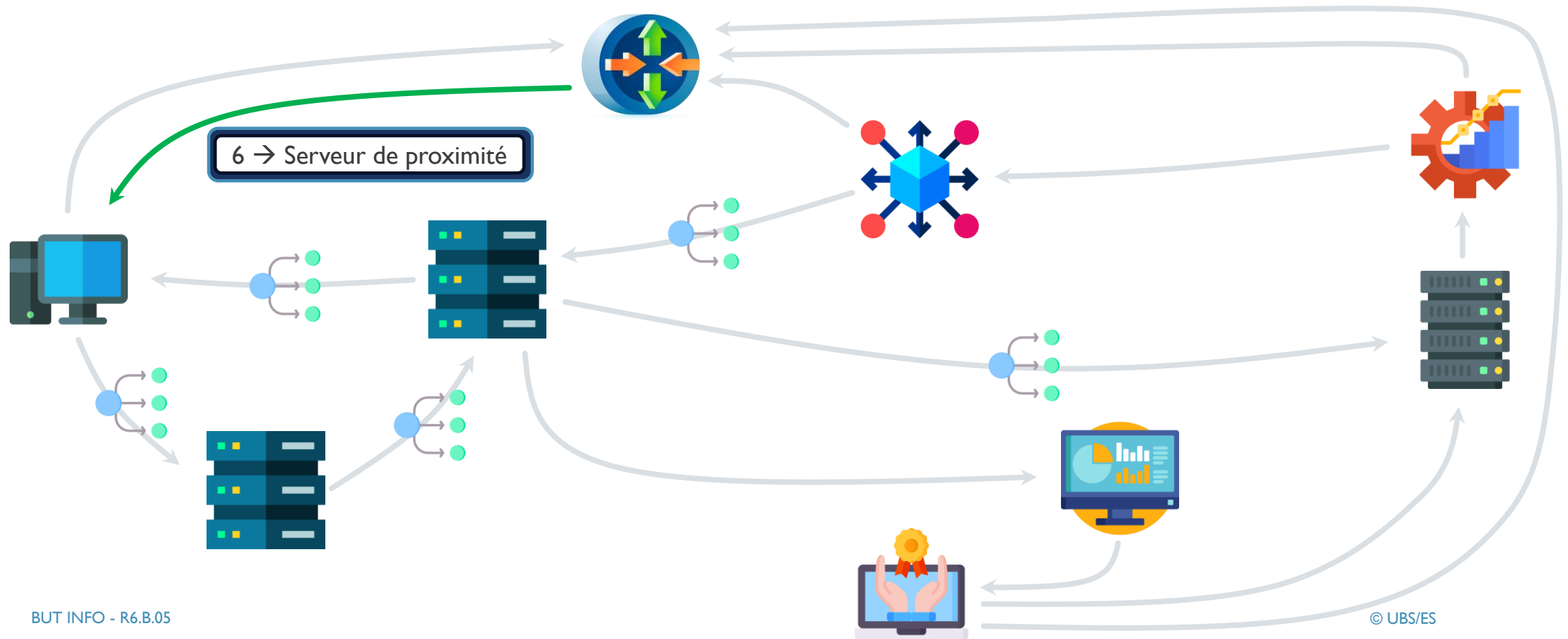
DU COUP ?



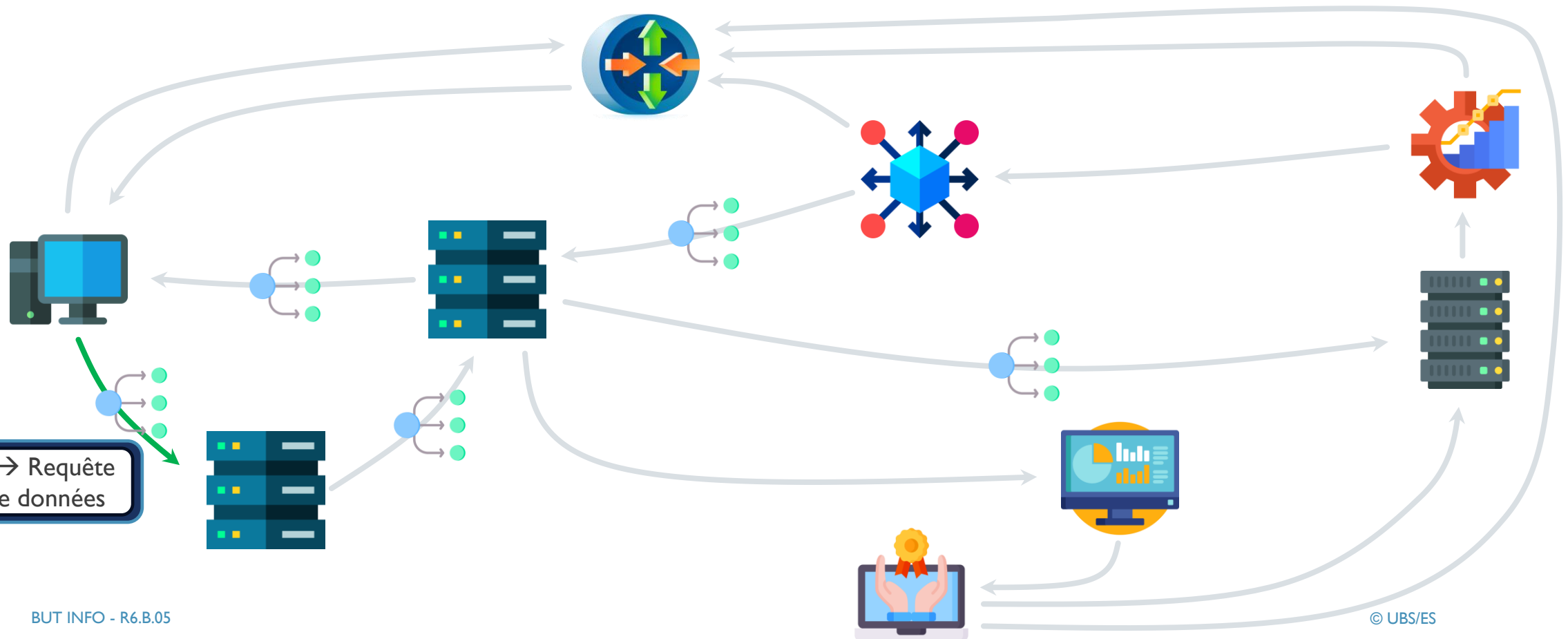
DU COUP ?



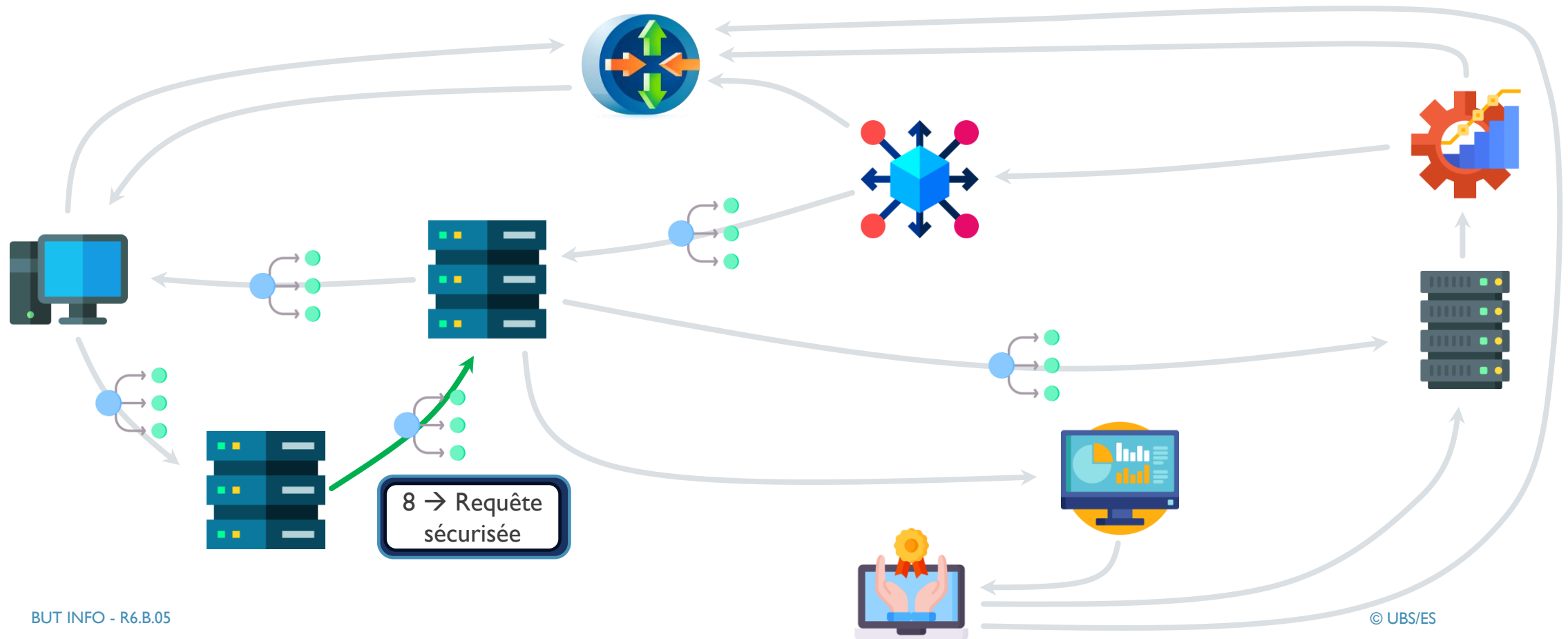
DU COUP ?



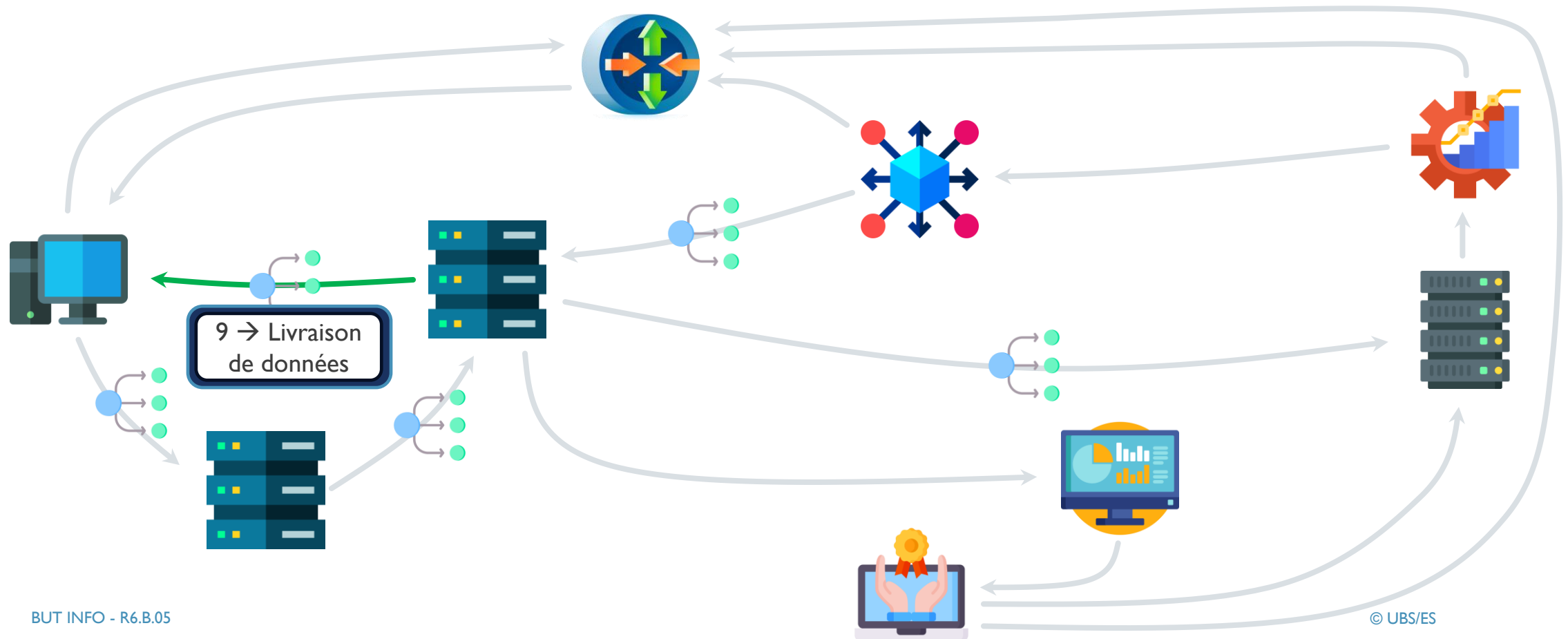
DU COUP ?



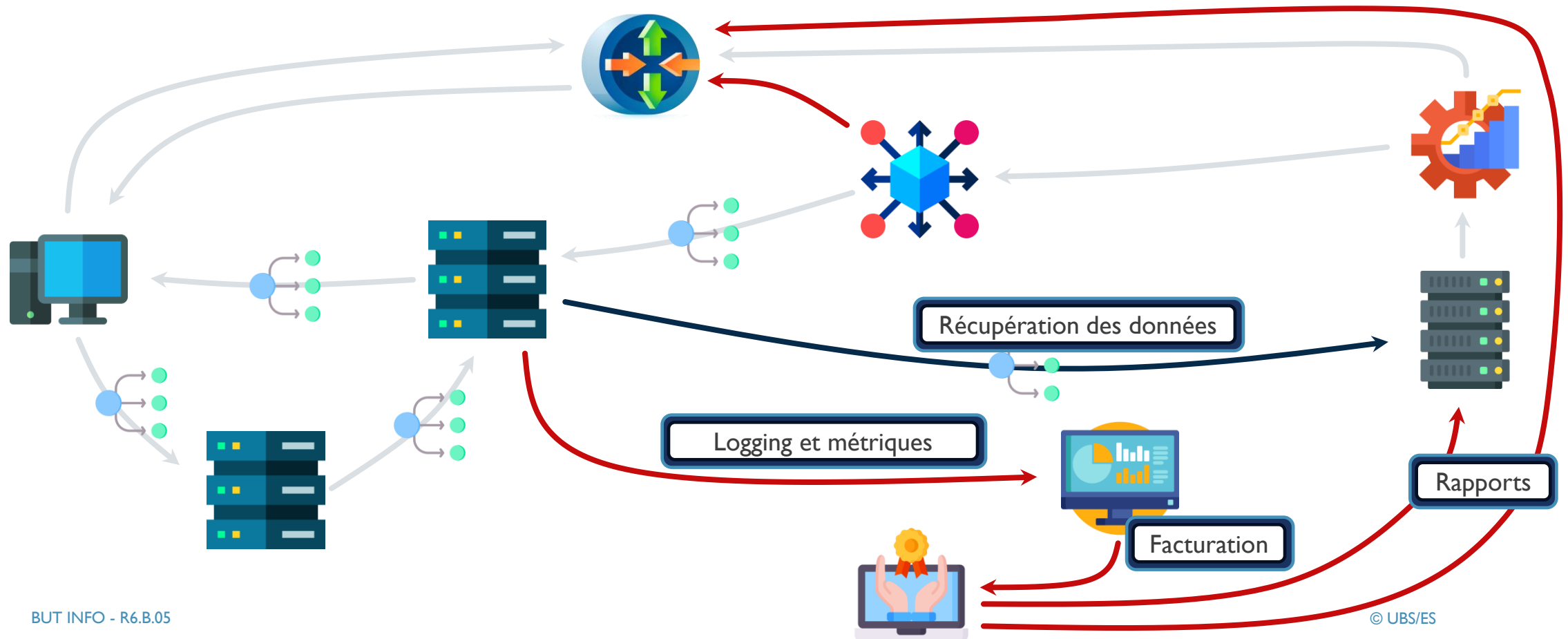
DU COUP ?



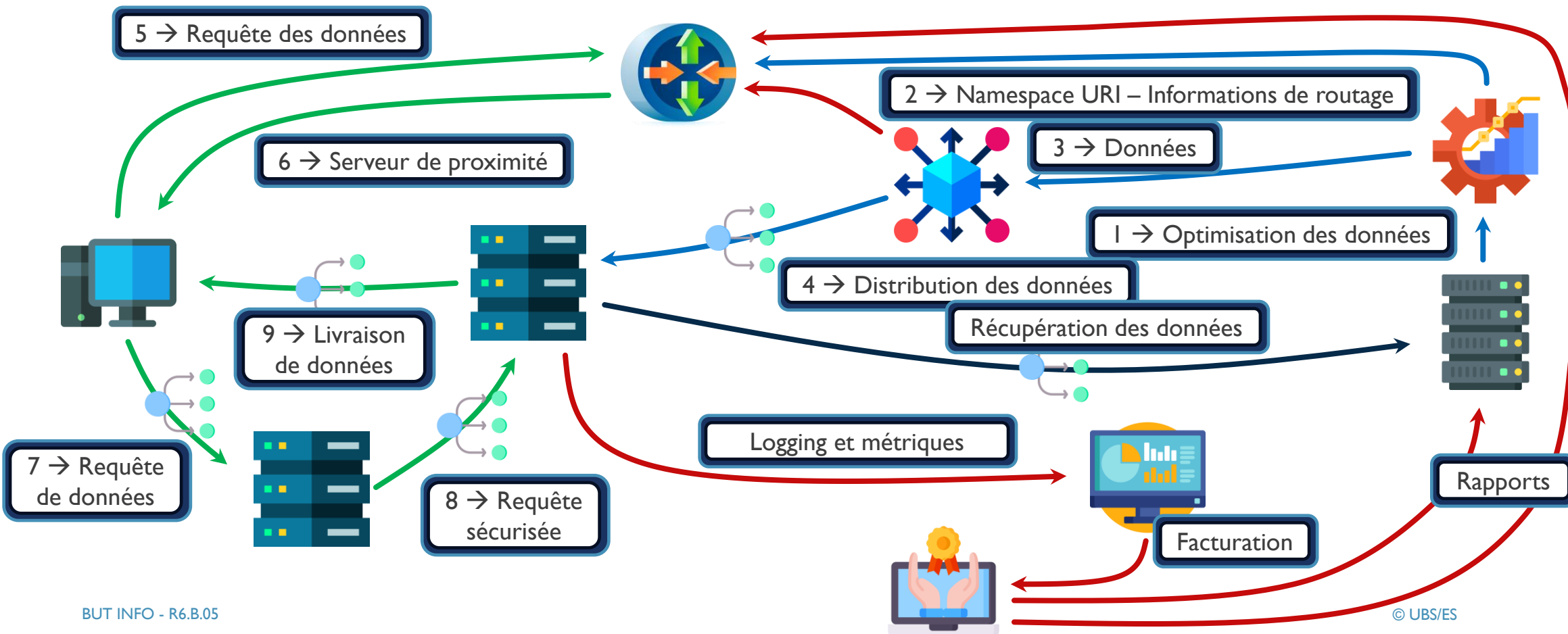
DU COUP ?



DU COUP ?



DU COUP ?



POURQUOI UTILISER UN CDN ?



Performances



Fiabilité



Réduction des
coûts



Résilience face aux
attaques

PERFORMANCES



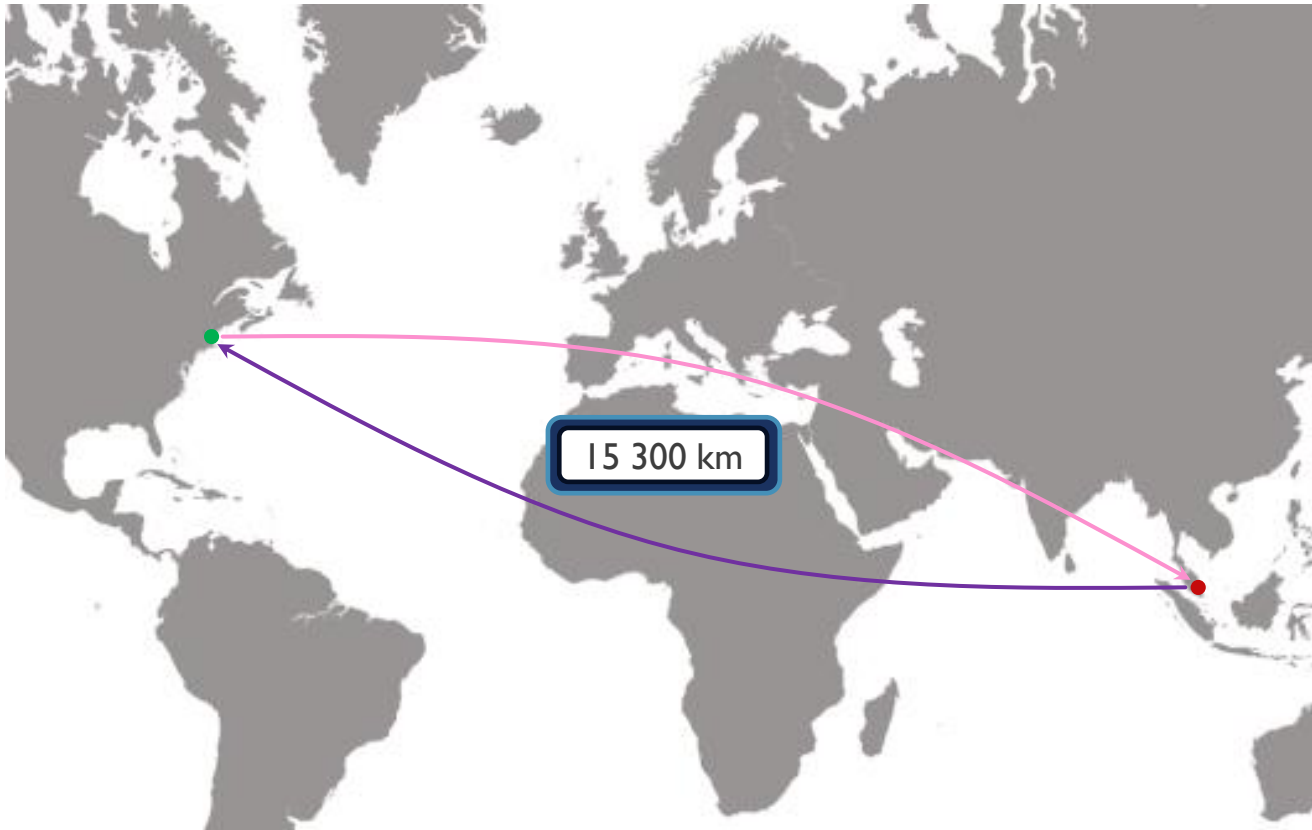
- Accélération des performances
 - En moyenne réduction de 50 % de la latence
- Placement généralement aux *points d'échange Internet (IXP)*
 - Points d'échange entre réseaux des FAI
 - Mutualisation des ressources des réseaux FAI
- Placement également dans les datacenters
 - Placement dépendant du niveau de trafic / emplacements stratégiques
- Diffusion de contenu rapide et efficace
- Trois optimisations :
 - Réduction de la distance entre le client et les données
 - Optimisations d'infrastructure (SSD, load balancing, etc...)
 - Réduction des tailles de fichiers pour réduire le temps de transfert

PERFORMANCES – DISTANCE EXEMPLE



Situation sans CDN

- Client à New York – Serveur à Singapour



PERFORMANCES – DISTANCE EXEMPLE



Situation sans CDN

- Client à New York – Serveur à Singapour
- Présence de trois routeurs intermédiaires
 - Distance trop longue pour une liaison directe

PERFORMANCES – DISTANCE EXEMPLE



Situation sans CDN

- Client à New York – Serveur à Singapour
- Présence de trois routeurs intermédiaires
- 250 ms New York → R1 → R2 → Singapour
 - Ajout de latence par les routeurs

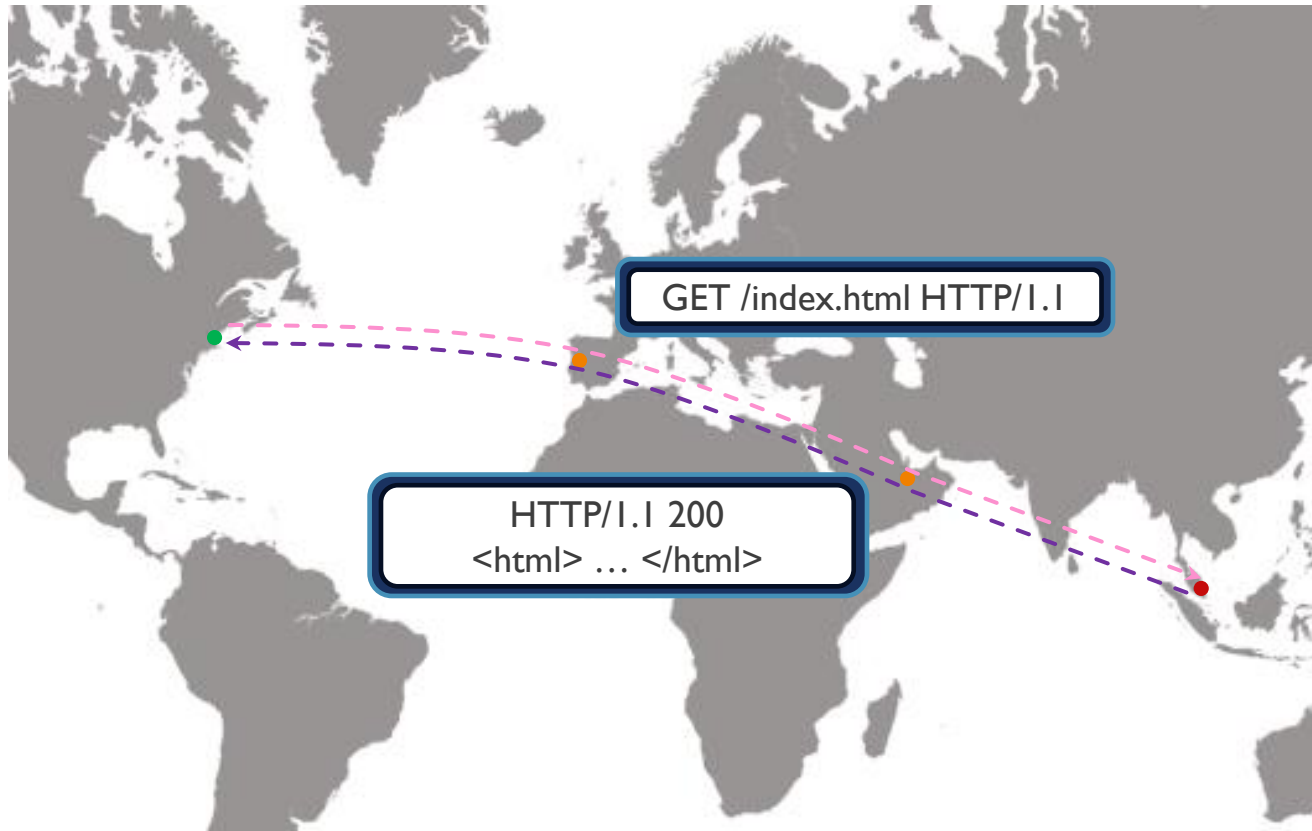
PERFORMANCES – DISTANCE EXEMPLE



Situation sans CDN

- Client à New York – Serveur à Singapour
- Présence de trois routeurs intermédiaires
- 250 ms New York → R1 → R2 → Singapour
- HTTP → TCP → 3-way handshake → 750 ms
 - Echange de trois messages distincts à 250 ms chacun

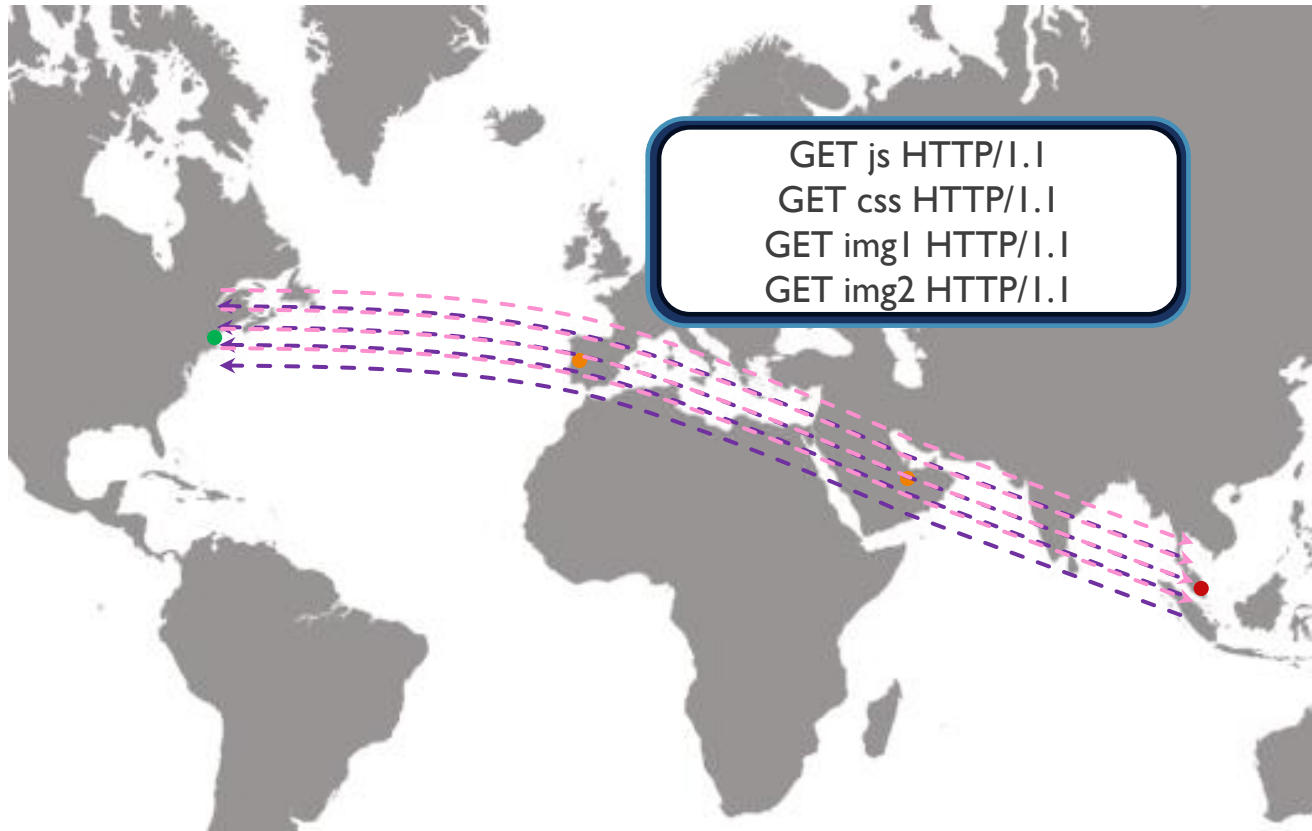
PERFORMANCES – DISTANCE EXEMPLE



Situation sans CDN

- Client à New York – Serveur à Singapour
- Présence de trois routeurs intermédiaires
- 250 ms New York → R1 → R2 → Singapour
- HTTP → TCP → 3-way handshake → 750 ms
- Le site web possède 5 ressources
 - La page HTML → 500 ms
 - Requête → 250 ms
 - Réponse → 250 ms

PERFORMANCES – DISTANCE EXEMPLE



BUT INFO - R6.B.05

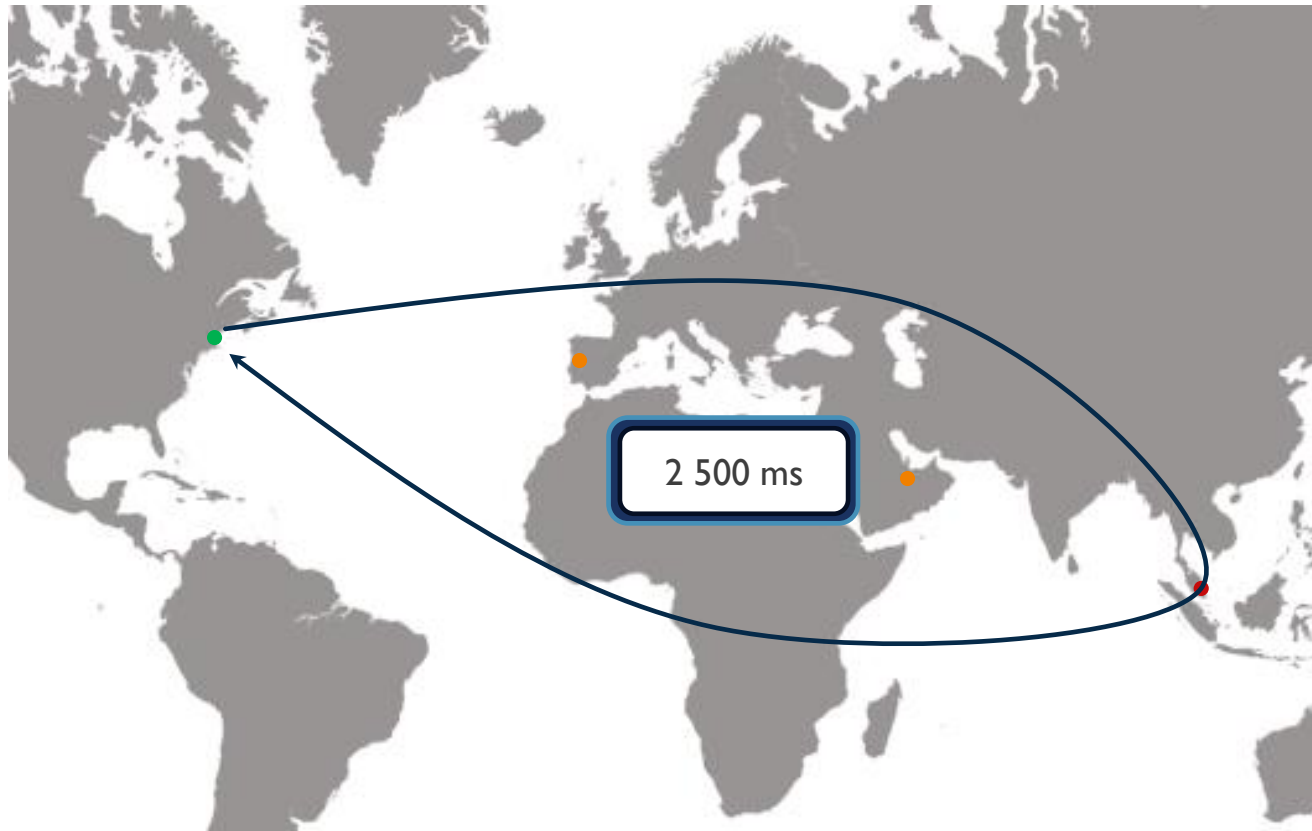
Situation sans CDN

- Client à New York – Serveur à Singapour
- Présence de trois routeurs intermédiaires
- 250 ms New York → R1 → R2 → Singapour
- HTTP → TCP → 3-way handshake → 750 ms
- Le site web possède 5 ressources
 - La page HTML → 500 ms
 - Fichier CSS, fichier JS et 2 images → 1250 ms
 - Requête → 250 ms chacun
 - Réponse asynchrone → 250 ms chacun

} En parallèle

© UBS/ES

PERFORMANCES – DISTANCE EXEMPLE



Situation sans CDN

- Client à New York – Serveur à Singapour
- Présence de trois routeurs intermédiaires
- 250 ms New York → R1 → R2 → Singapour
- HTTP → TCP → 3-way handshake → 750 ms
- Le site web possède 5 ressources
 - La page HTML → 500 ms
 - Fichier CSS, fichier JS et 2 images → 1250 ms

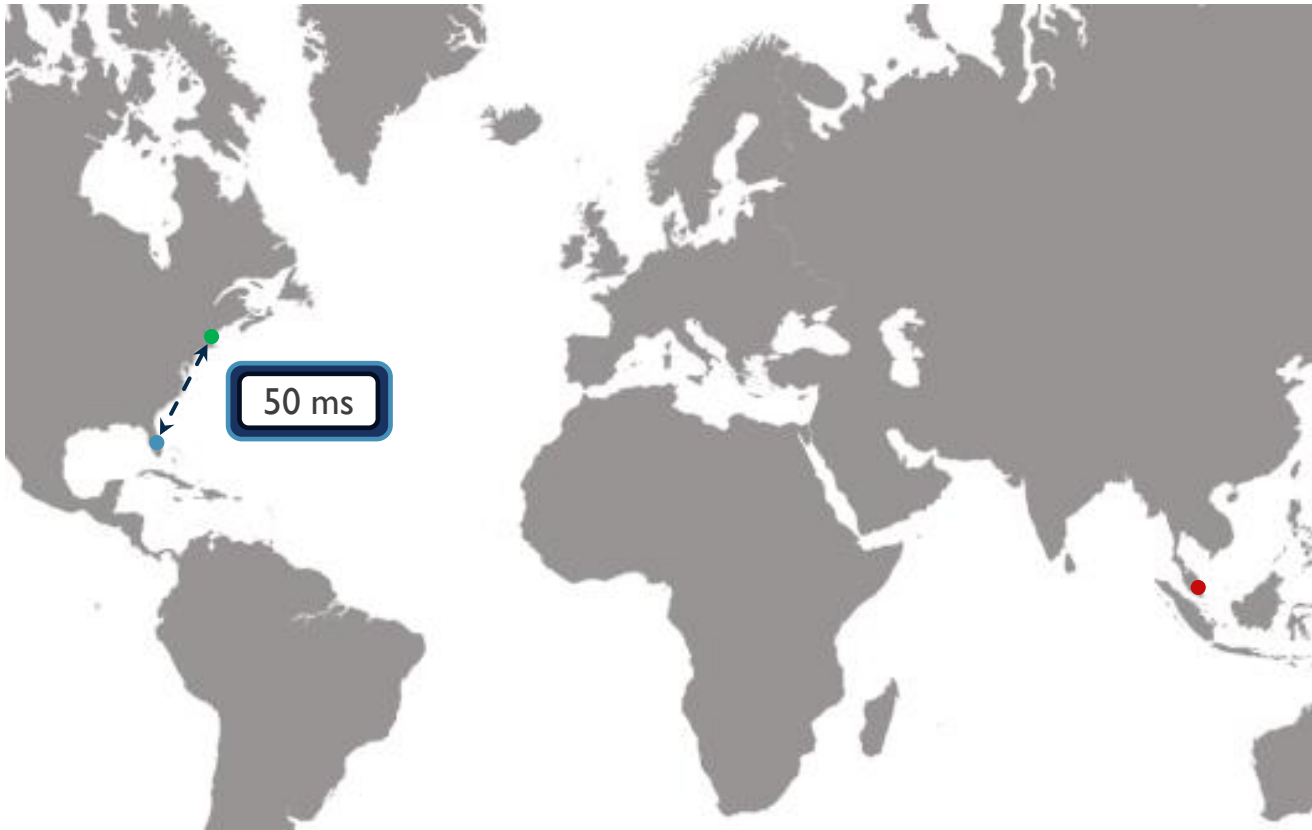
PERFORMANCES – DISTANCE EXEMPLE



Situation avec CDN

- Client à New York – CDN à Miami

PERFORMANCES – DISTANCE EXEMPLE



Situation avec CDN

- Client à New York – CDN à Miami
- 50 ms New York → Miami
 - Communication directe, pas de routeurs

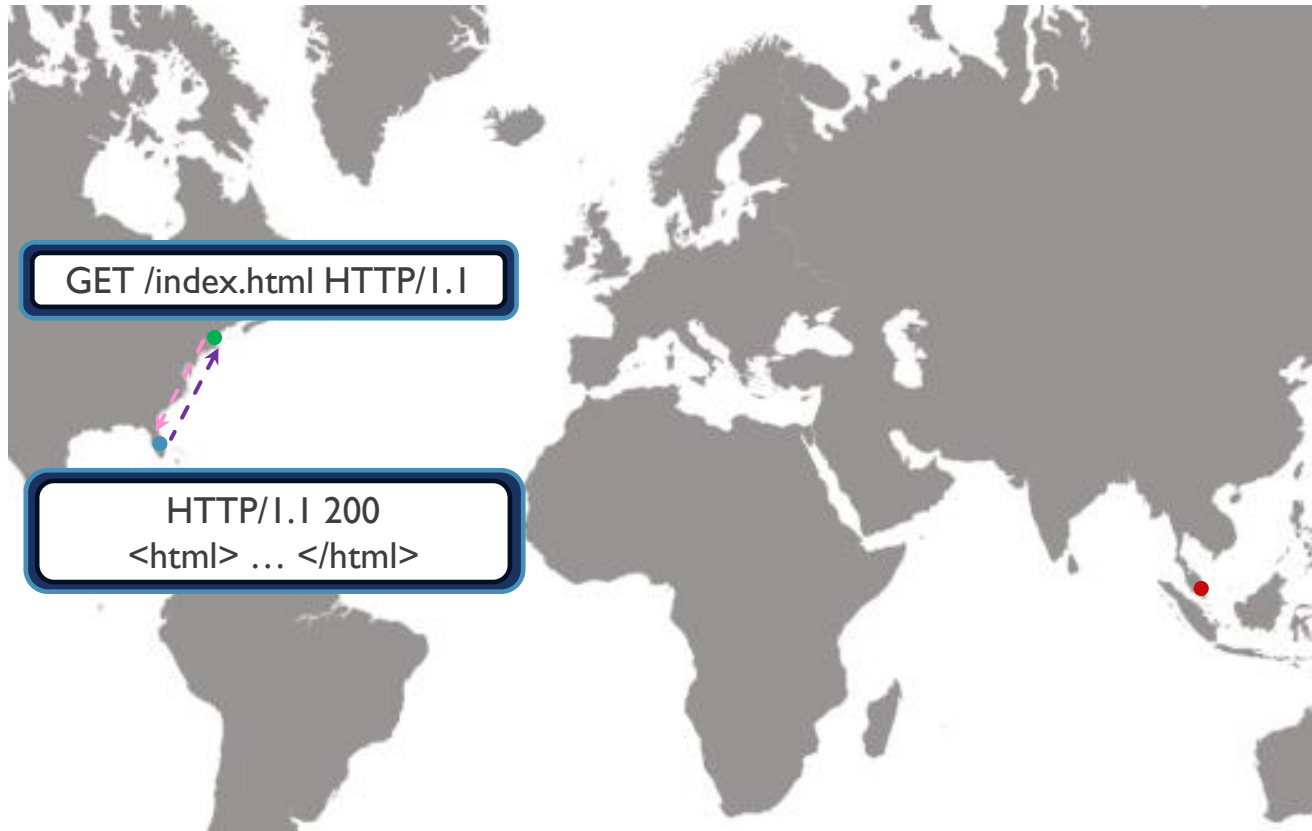
PERFORMANCES – DISTANCE EXEMPLE



Situation avec CDN

- Client à New York – CDN à Miami
- 50 ms New York → Miami
 - Communication directe, pas de routeurs
- HTTP → TCP → 3-way handshake → 150 ms
 - Echange de trois messages distincts à 50 ms chacun

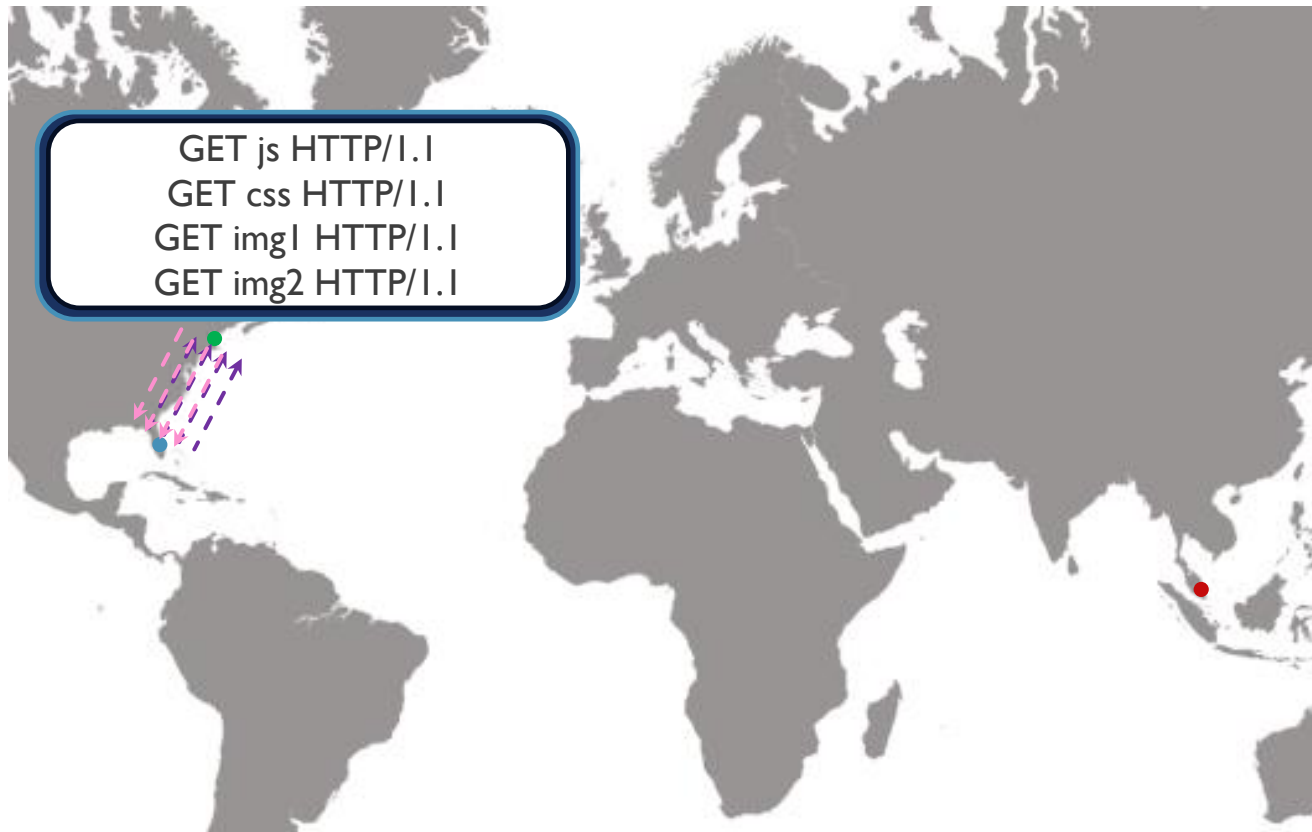
PERFORMANCES – DISTANCE EXEMPLE



Situation avec CDN

- Client à New York – CDN à Miami
- 50 ms New York → Miami
 - Communication directe, pas de routeurs
- HTTP → TCP → 3-way handshake → 150 ms
- Le site web possède 5 ressources
 - La page HTML → 100 ms
 - Requête → 50 ms
 - Réponse → 50 ms

PERFORMANCES – DISTANCE EXEMPLE



BUT INFO - R6.B.05

Situation avec CDN

- Client à New York – CDN à Miami
- 50 ms New York → Miami
 - Communication directe, pas de routeurs
- HTTP → TCP → 3-way handshake → 150 ms
- Le site web possède 5 ressources
 - La page HTML → 100 ms
 - Fichier CSS, fichier JS et 2 images → 250 ms
 - Requête → 50 ms chacun
 - Réponse asynchrone → 50 ms chacun

} En parallèle

© UBS/ES

PERFORMANCES – DISTANCE EXEMPLE



Situation avec CDN

- Client à New York – CDN à Miami
- 50 ms New York → Miami
 - Communication directe, pas de routeurs
- HTTP → TCP → 3-way handshake → 150 ms
- Le site web possède 5 ressources
 - La page HTML → 100 ms
 - Fichier CSS, fichier JS et 2 images → 250 ms

PERFORMANCES – DISTANCE EXEMPLE



- Sans CDN → **2500 ms**
- Avec CDN → **500 ms**
- Réduction de 2000 ms
- Le CDN maintient son cache à jour à partir des données du serveur d'origine

PERFORMANCES – RÉDUCTION DE TAILLE DES FICHIERS



- Gros fichiers → transfert plus long
- Deux avantages à la réduction
 - Augmentation de la Vitesse de transfert
 - Réduction de l'emprunte disque du cache
- Deux approches
 - Minimisation
 - Suppression de l'espace « inutile » dans du code
 - Compression
 - Réduction de la taille des fichiers → GZip

```
1 // Function to say happy birthday to a user
2 // also incrementing their age at the same time
3 // and returning the updated value
4 function birthday(name, age)
5 {
6     age = age + 1;
7     console.log("Happy birthday " + name + ", " + age + " today!!");
8     return age;
9 }
10
11 age = birthday("Edward", 30);
```

312 o

```
1 function birthday(a,d){return d+=1,console.log("Happy birthday "+a+", "+d+" today!!"),d}age=birthday("Edward",30);
```

114 o

RÉDUCTION DES COÛTS

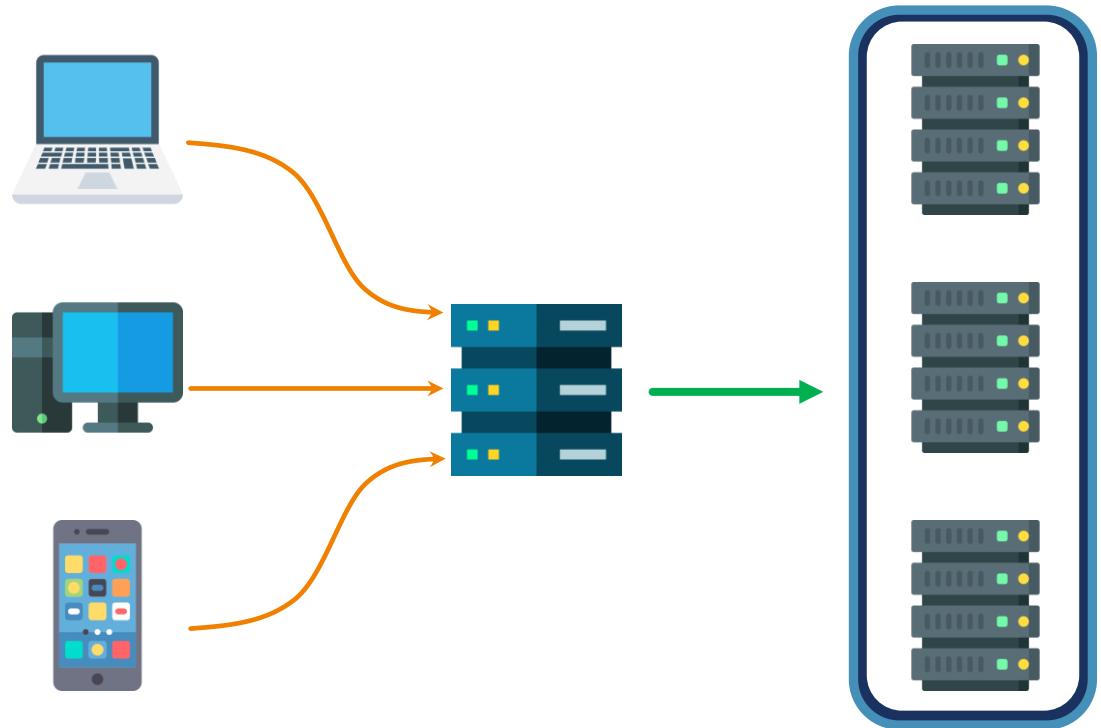


- Réduction du cout de transfert de données
 - Du au positionnement entre l'utilisateur et le serveur d'origine
 - Réduction de la quantité de trafic avec les serveurs d'origine
- Réduction de la latence
 - Stockage au plus près de l'utilisateur
 - Cf exemple New York – Singapour
- Réduction du cout financier du serveur d'origine
 - Facturation de la bande passante utilisé
 - Plus de CDN → moins de trafic avec le serveur d'origine
 - Moins de frais

FIABILITÉ



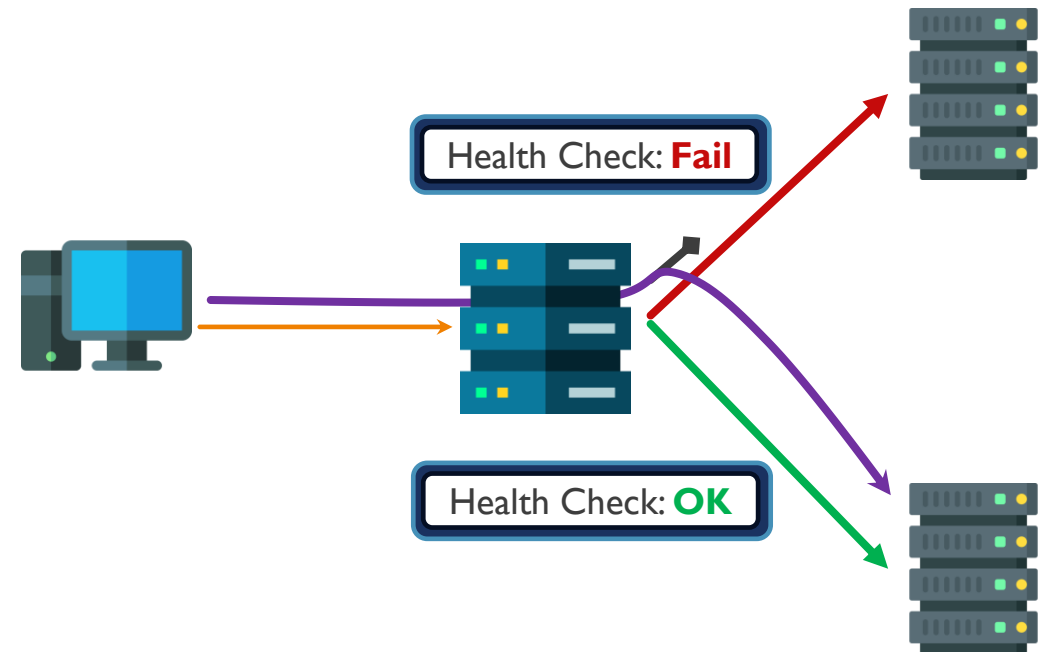
- Plusieurs CDN pour un serveur d'origine
 - Permet de combattre les problèmes
 - Pannes réseau / matériel, congestion, attaques ...
 - Utilisation de plusieurs approches
 - Load balancing
 - Basculement intelligent
 - Réorientation du trafic
 - Distribution multi-datacenter



FIABILITÉ – BASCULEMENT INTELLIGENT



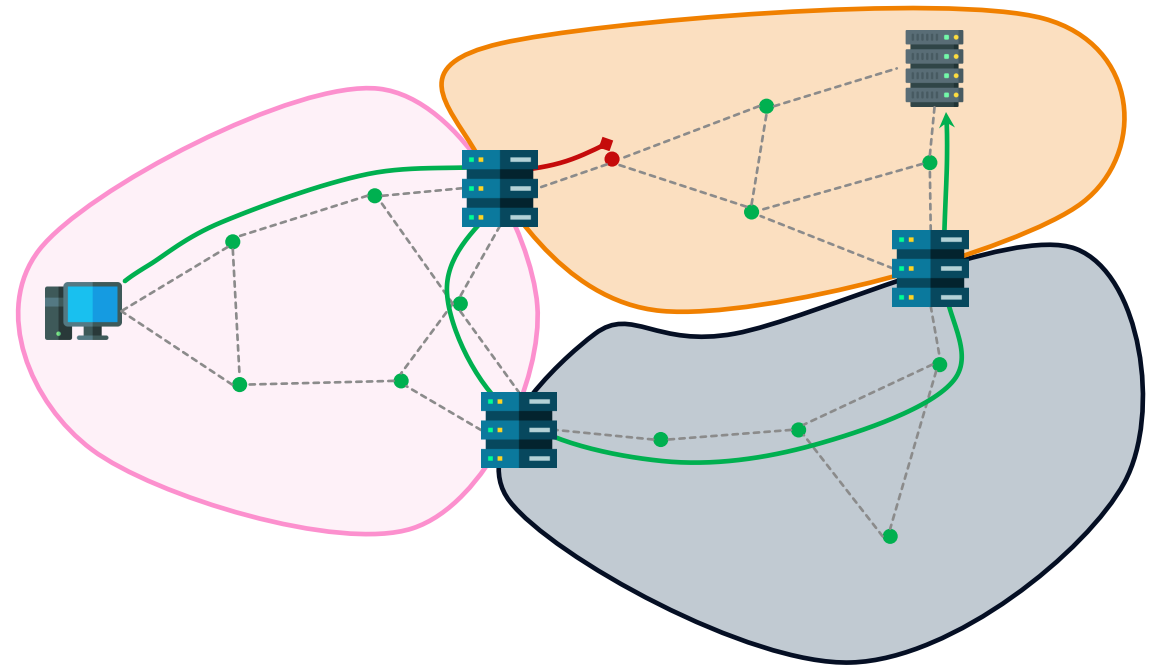
- Système de basculement (*failover*)
 - Empêcher la perte du trafic en cas de serveur indisponible
 - Redirection du trafic vers un serveur fonctionnel
 - Permettre la continuité de service



FIABILITÉ – RÉORIENTATION DU TRAFFIC



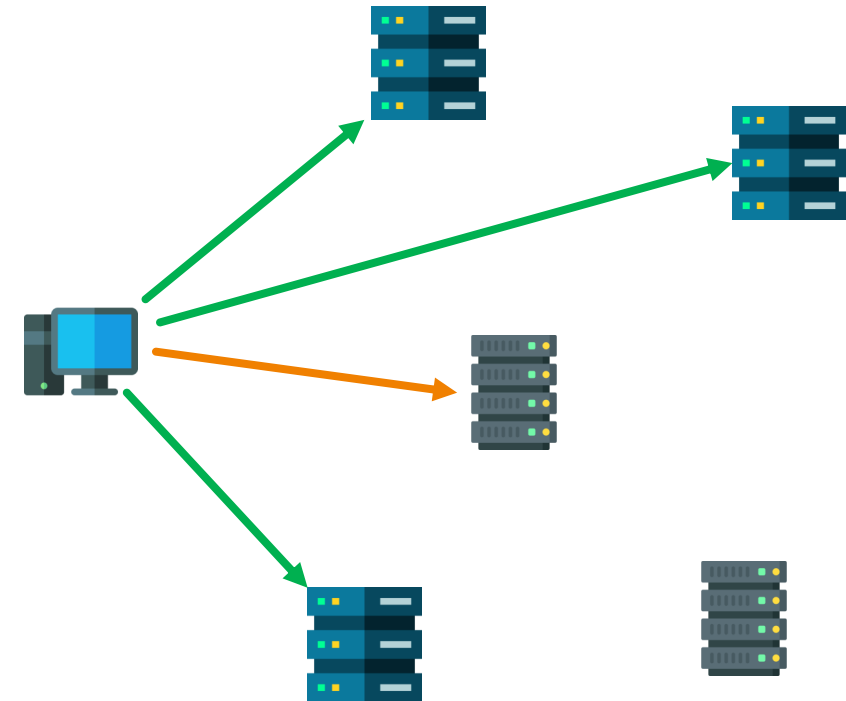
- Trouver le chemin optimal vers la destination
 - Éviter tout congestion, panne, etc ...
 - Fonctionnement similaire au GPS
 - Empêcher la perte du trafic en cas de serveur indisponible
 - Redirection du trafic vers un serveur fonctionnel
 - Permettre la continuité de service
- Parfois besoin de négociations si changement de Réseau via les CDN de périphérie
 - Peut engendrer de la latence



FIABILITÉ – DISTRIBUTION MULTI-DATACENTER



- Utilisation de l'approche *Anycast* au lieu que l'*Unicast*
 - **Anycast** → Plusieurs destinataires peuvent recevoir le message
 - **Unicast** → Un destinataire seul peut recevoir le message
- Permet de joindre plusieurs datacenters sur une adresse IP
 - Réponse déterminée sur une méthode de priorisation
- Apporte une protection contre le DDoS
 - Absorbé par chacun des centres de données du CDN



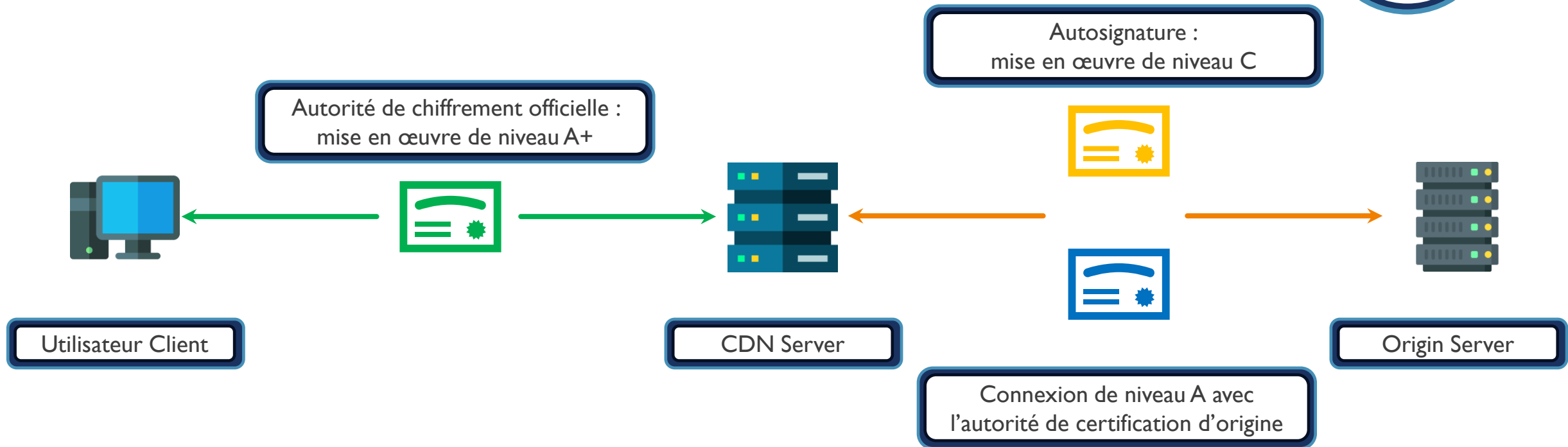
RÉSILIENCE FACE AUX ATTAQUES



- Défense adaptée contre les attaques DoS et DDoS
- Utilisation des certificats TLS / SSL
 - Niveau élevé d'authentification
 - Chiffrement des données
 - Confirmation de l'intégrité



CERTIFICATS TLS / SSL



EXEMPLES DE CDN

Publics

- Amazon
 - AWS CloudFront
- Cloudflare
 - Cloudflare CDN
 - 330 CDN dans le monde (statique + dynamique)
- Akamai
 - Fournisseur très connu et très utilisé dans le monde
 - Plusieurs solutions possibles

FAI

- Mise en place de CDN coté FAI
 - Apporte les avantages des CDN au plus près des clients des fournisseurs
- Orange Business
 - CDN à destination des entreprises
 - Utilisation de « Aura Network Solutions »
- SFR Business Team
 - CDN à destination des abonnés grand public
 - Utilisation d'infrastructure propre