

5. Energieforum

AS4 Rollmaterial – 2 Ansätze

Rückgewinnung von Bremsenergie

Prof. P. Barrade

Institut des Systèmes Industriels

HES-SO Valais-Wallis

Route du Rawyl 47, CP, 1950 Sion 2

+41 27 606 8750, philippe.barrade@hevs.ch

Zusammenfassung

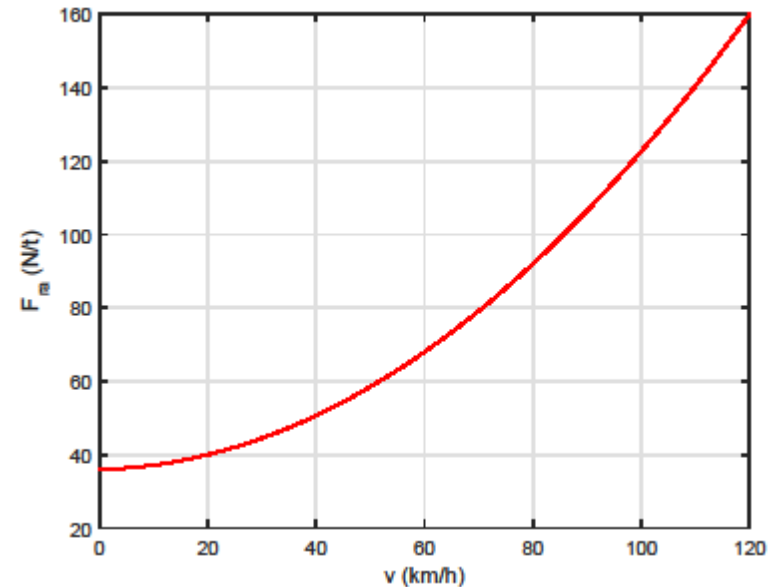
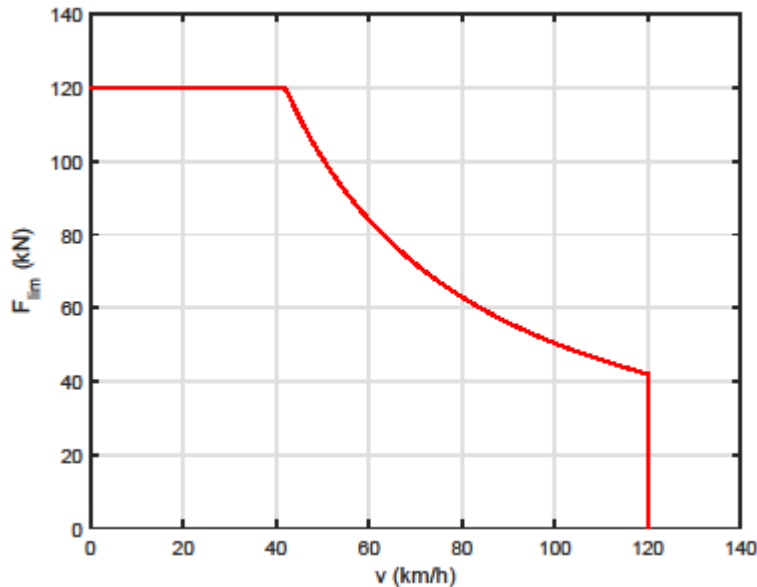
- Art des vorgestellten Projekts
- Beschreibung der entwickelten Instrumente
- Analyse der erzielten Resultate
 - Mobile Speicher
 - Feste Speicher
- Vergleich der Resultate
- Schlussfolgerung und Ausblick

Art des vorgestellten Projekts

- Ziele:
 - Versorgung von Regionalzügen mit Gleichspannung 1500V.
 - Identifizierung des mit der Integration von Speichern verbundenen Potenzials:
 - Mobile Speicher.
 - Feste Speicher (parallel zu den Unterwerken).
 - Fallstudie:
 - LEB-Verkehrsnetz (VD)
 - Halbstunden-, Viertelstunden-, 10-Minuten-Taktfahrplan.
 - Indikatoren:
 - Leistungs- und Energiebilanzen
- Mittel:
 - Entwicklung eines Verkehrsnetz-Modells bestehend aus 7 Zügen für 5 Unterwerke (24 km, Höhenunterschied ca. 200 m).
 - Lösung durch Simulation der Modelle, mit/ohne Speicher.
 - Post-processing und vergleichende Analyse der Resultate.

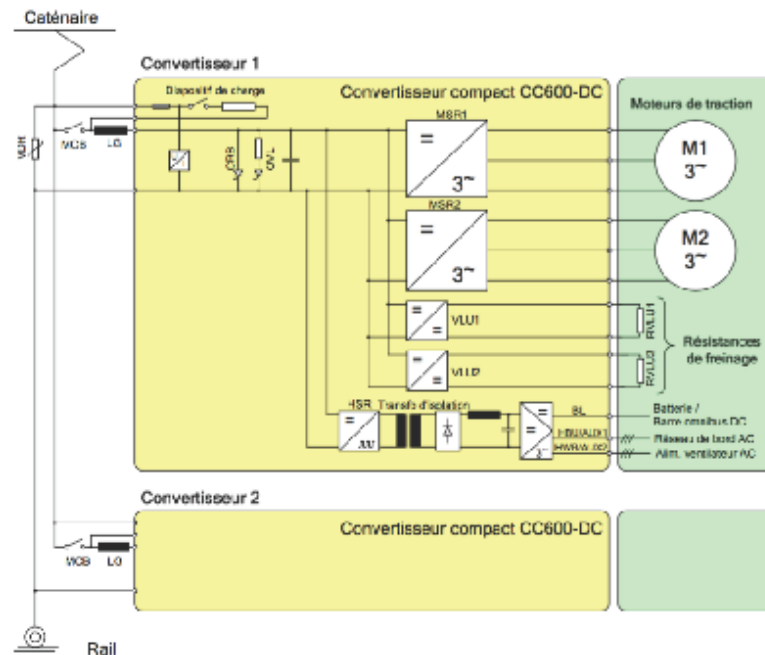
Beschreibung der entwickelten Instrumente

- Triebwagen-Modell
 - Mechanisches Modell
 - Berücksichtigung der Massen, der rotierenden Massen, der max. Beschleunigung, des max. Aufwands, der max. elektrischen Leistung usw.



Beschreibung der entwickelten Instrumente

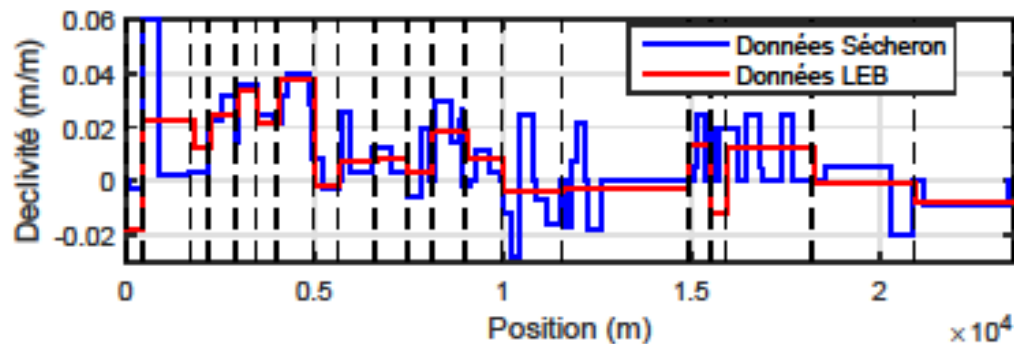
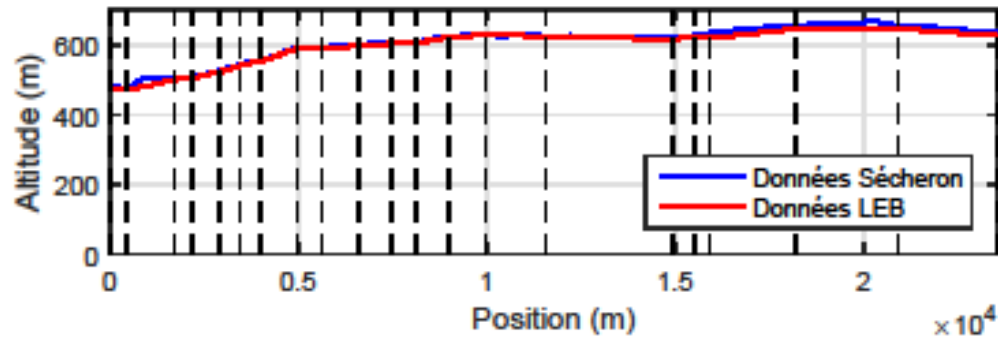
- Triebwagen-Modell
 - Elektrisches Modell
 - Berücksichtigung des Verbrauchs von Nebenaggregaten
 - Berücksichtigung der Auslösestrategien von Widerstandsbremsen



Gemäss Dokument «Convertisseur compact BORDLINE CC600-DC, Type FW D684 600kVA, manuel de service, ABB Switzerland, Doc N° 3BHS243795 D04, 26.06.2009»

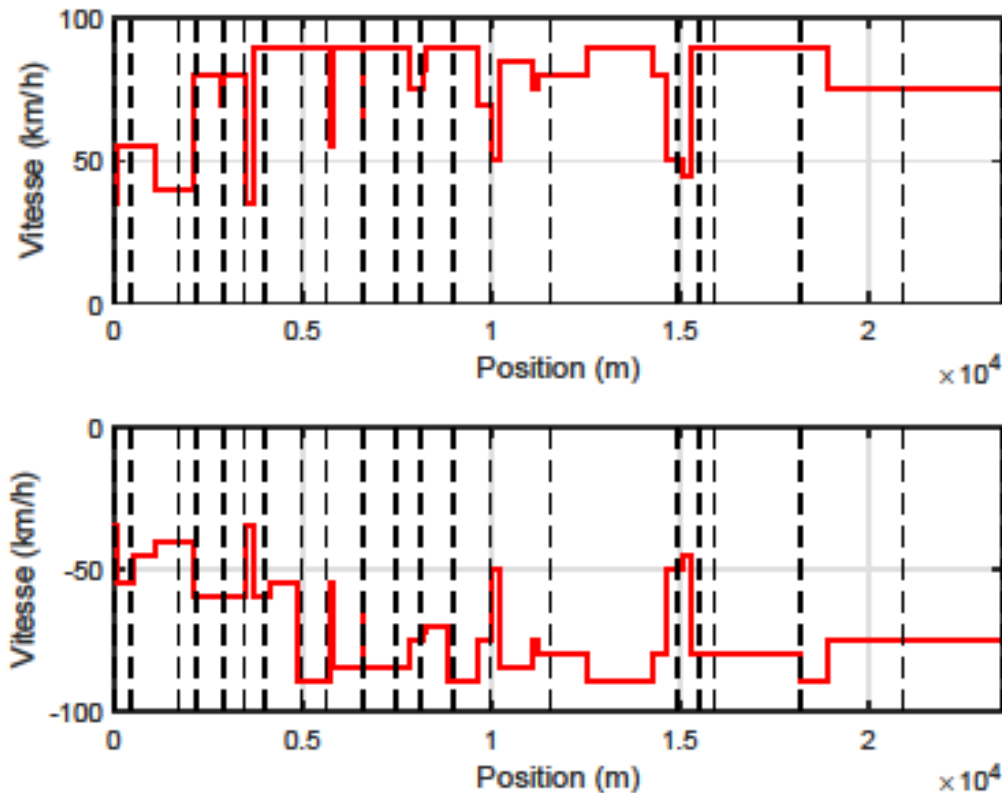
Beschreibung der entwickelten Instrumente

- Verkehrsnetz-Modell
 - Von Lausanne-Flon nach Bercher
 - Neigungsprofil und Profil des Krümmungsradius



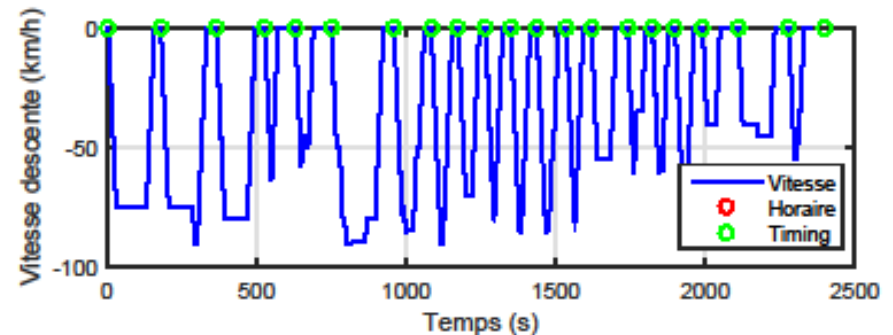
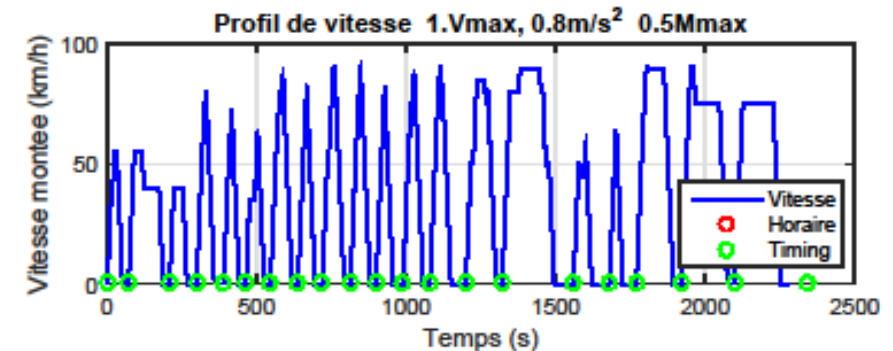
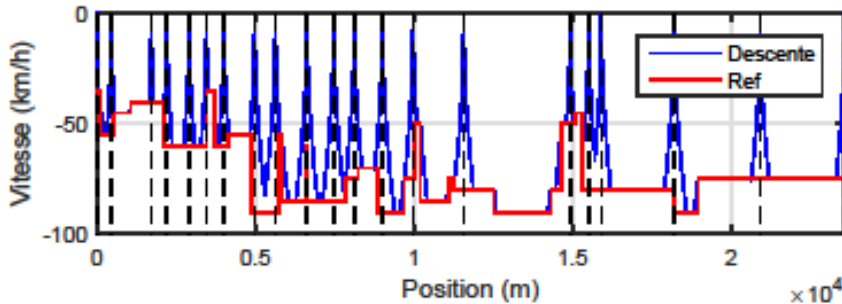
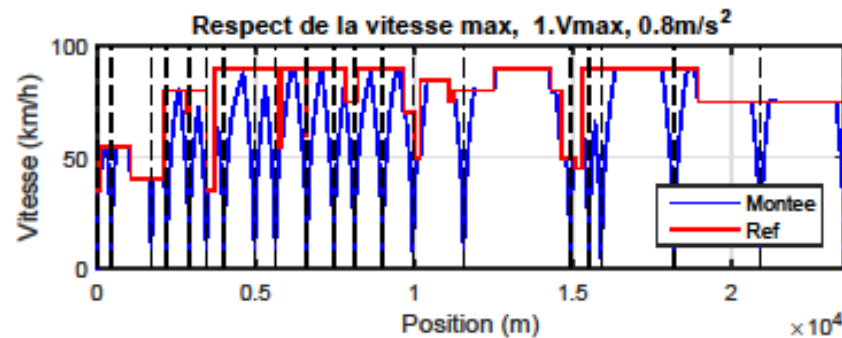
Beschreibung der entwickelten Instrumente

- Verkehrsnetz-Modell
 - Von Lausanne-Flon nach Bercher
 - Profil der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten



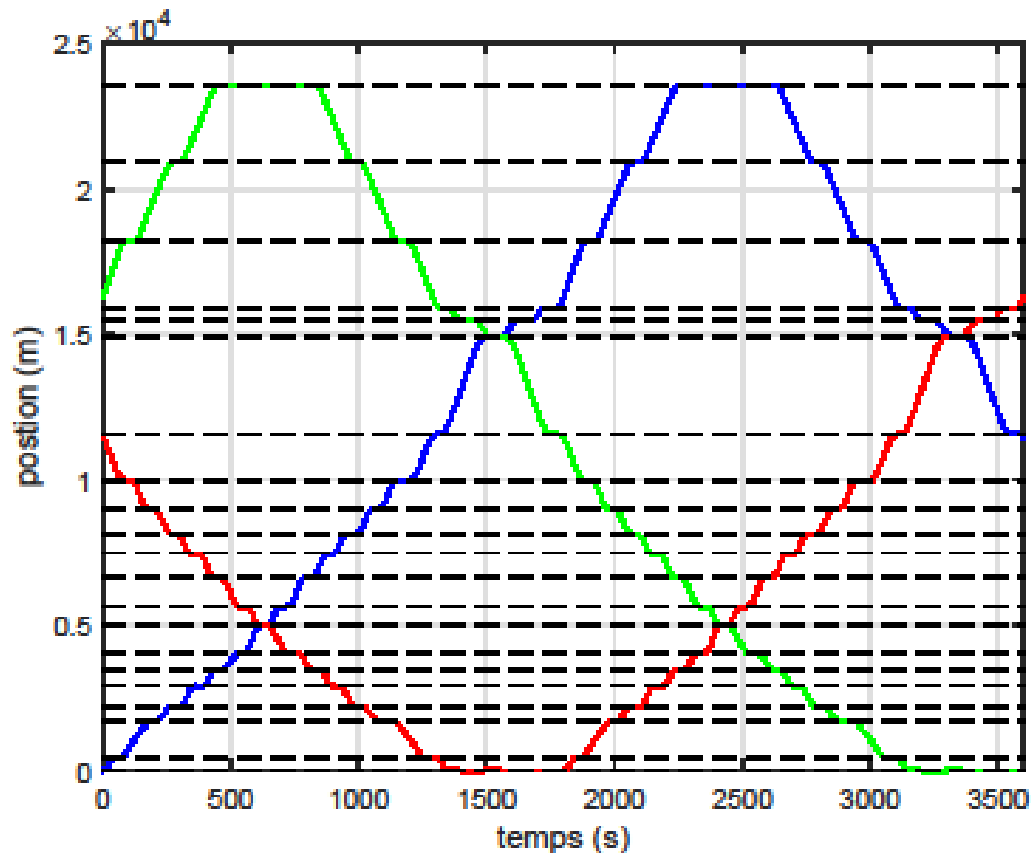
Beschreibung der entwickelten Instrumente

- Verkehrsnetz-Modell
 - Von Lausanne-Flon nach Bercher
 - Profile der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten und Berücksichtigung des Fahrplans
 - Berücksichtigung der Wagen-Beschränkungen



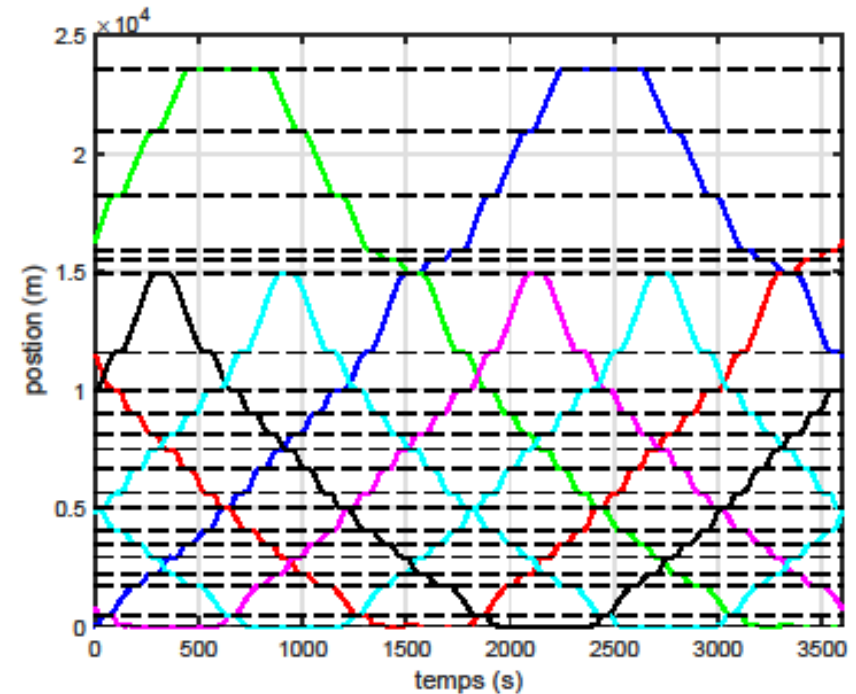
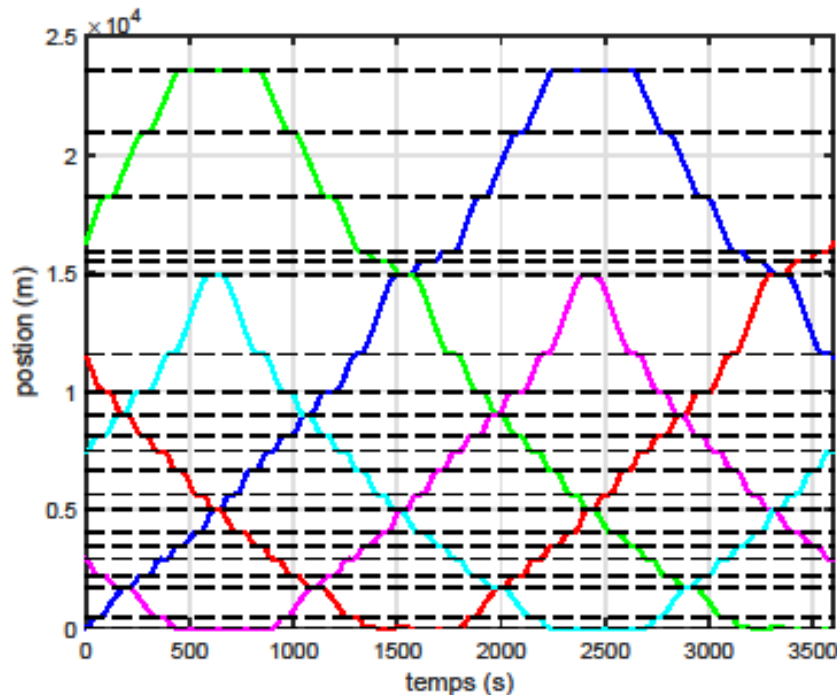
Beschreibung der entwickelten Instrumente

- Verkehrsnetz-Modell
 - Halbstundentakt (3 Züge Lausanne-Flon Bercher)



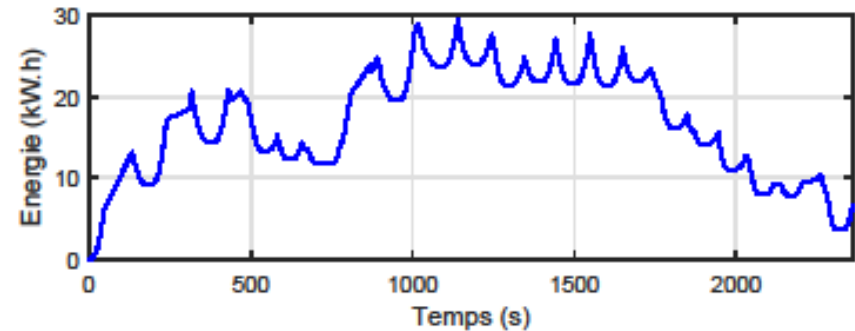
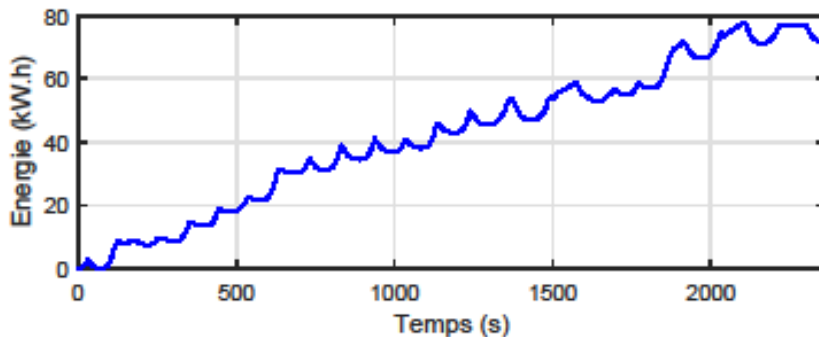
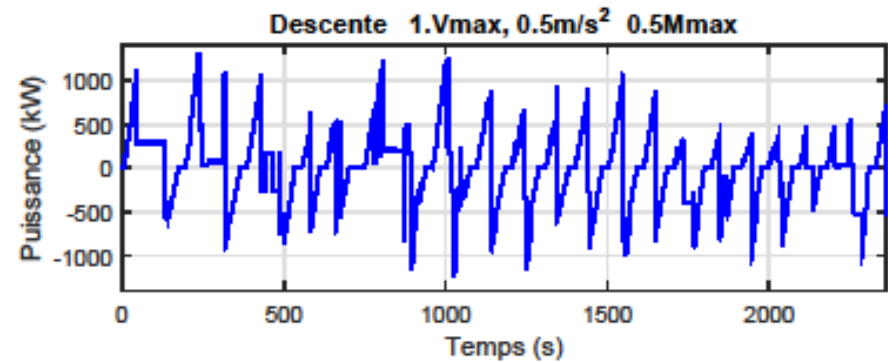
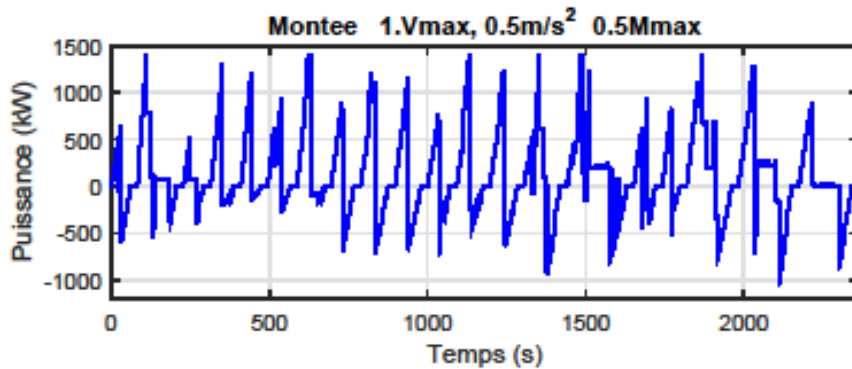
Beschreibung der entwickelten Instrumente

- Verkehrsnetz-Modell
 - Viertelstundentakt (3 Züge Lausanne-Flon Bercher, 2 Züge Lausanne-Flon Echallens)
 - 10-Minuten-Takt (3 Züge Lausanne-Flon Bercher, 4 Züge Lausanne-Flon Echallens)



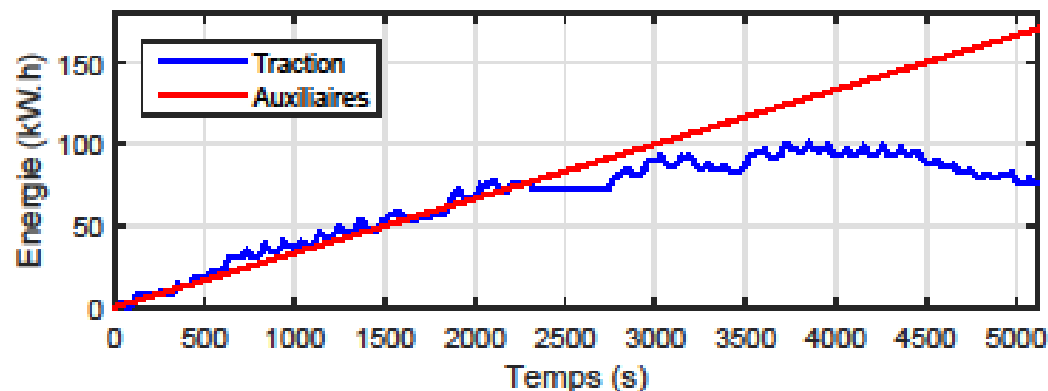
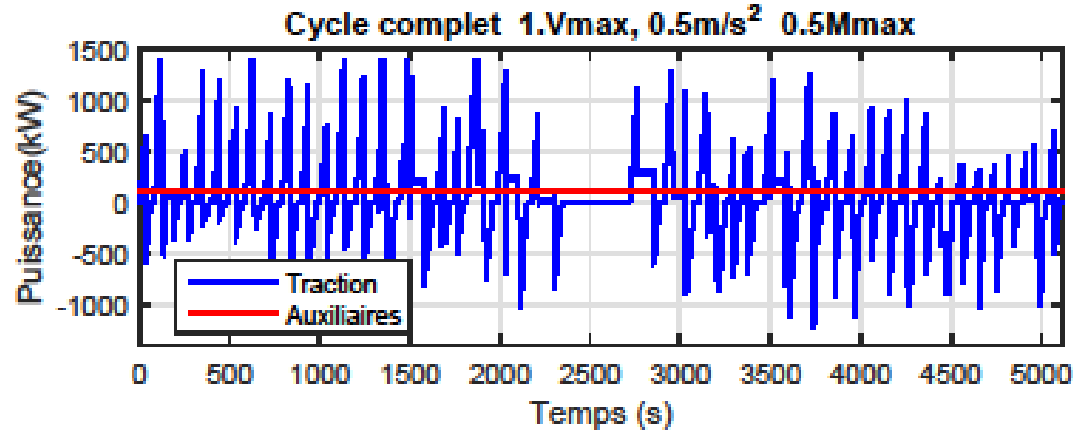
Beschreibung der entwickelten Instrumente

- Verkehrsnetz-Modell
 - Leistungsbedarf eines Zuges
 - Lausanne-Flon Bercher – Bercher Lausanne-Flon



Beschreibung der entwickelten Instrumente

- Verkehrsnetz-Modell
 - Leistungsbedarf eines Zuges
 - Lausanne-Flon Bercher – Bercher Lausanne-Flon



Beschreibung der entwickelten Instrumente

- Verkehrsnetz-Modell
 - Einbeziehung aller Züge auf dem Verkehrsnetz
 - Einbeziehung von 5 Unterwerken zur Speisung
 - Einbeziehung der Speicher (mobil und fest)

Toshiba SCiBTM Battery System
(20 kWh, 620 kg, 0,8 m³)

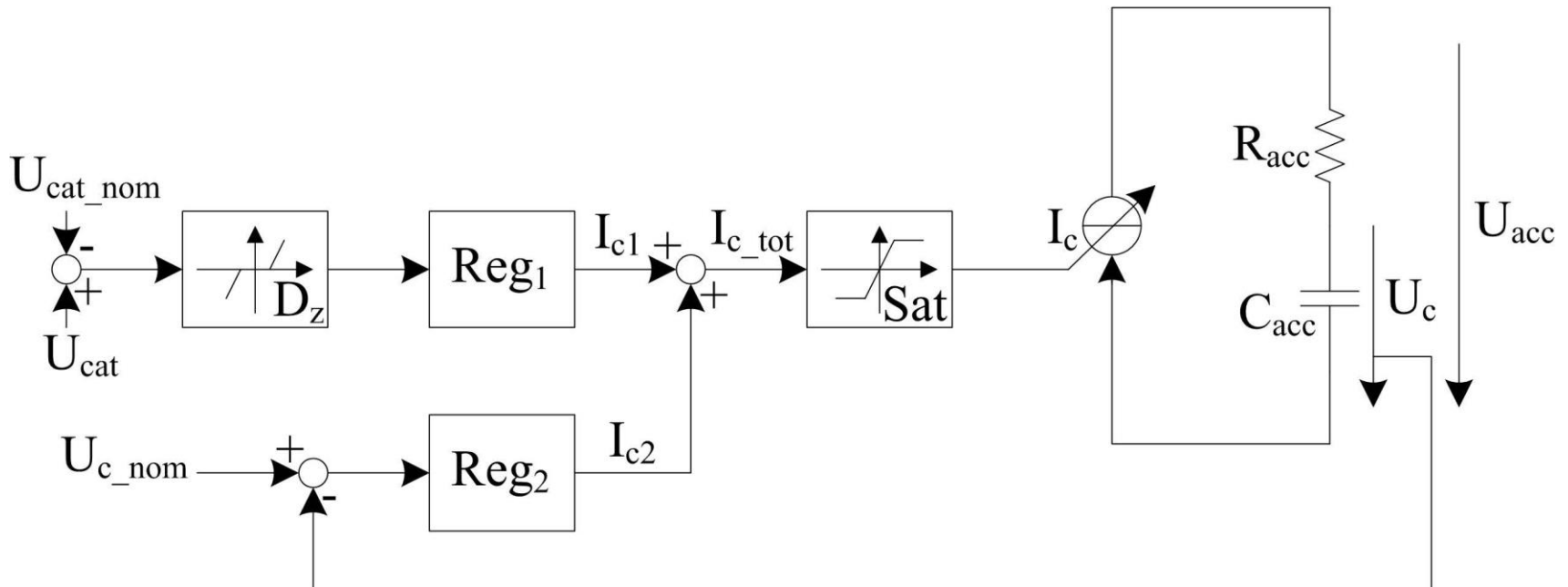


ABB ENVILINtm System
(bis 11,6 kWh, *power converters included*)



Beschreibung der entwickelten Instrumente

- Verkehrsnetz-Modell
 - Einbeziehung von Strategien zur Verwaltung der Speicher

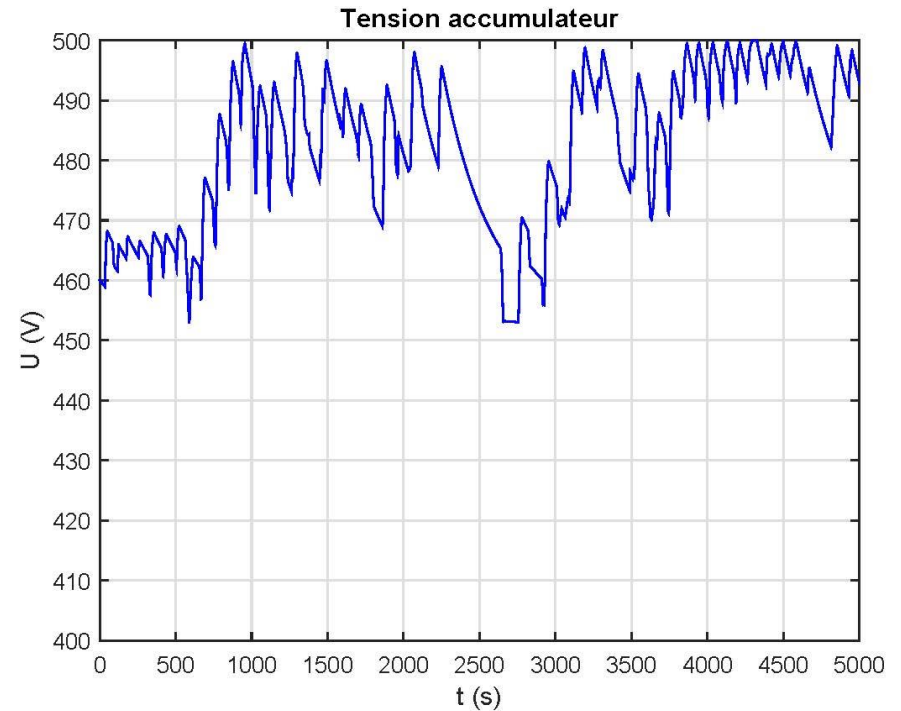
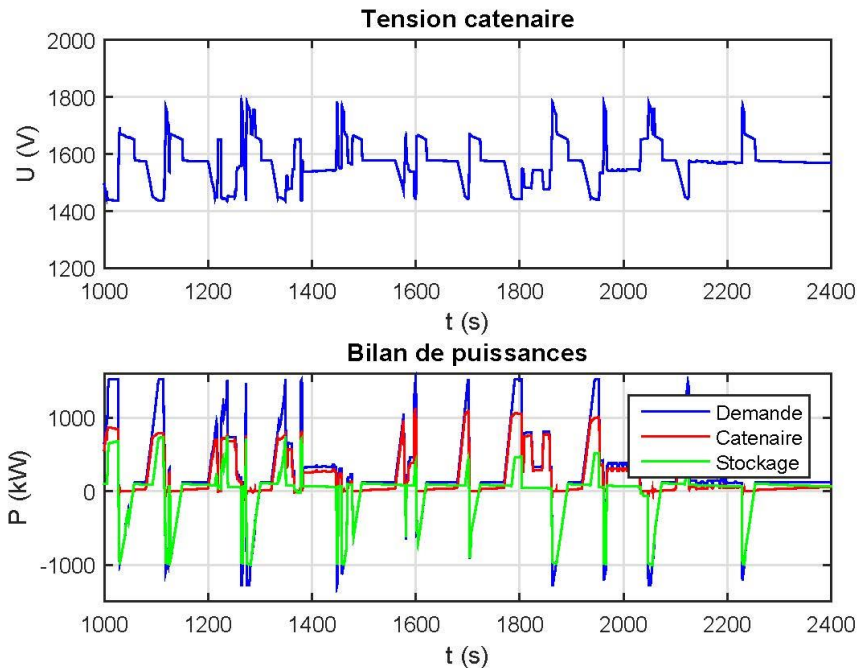


Beschreibung der entwickelten Instrumente

- Verkehrsnetz-Modell
 - Modell des gesamten LEB-Verkehrsnetzes
 - Einbeziehung von 7 Fahrzeugen (mit/ohne eingebetteten Speicher)
 - Einbeziehung von 5 Unterwerken zur Speisung
 - Einbeziehung von 5 Festspeicher-Vorrichtungen
 - Parallel zu den Unterwerken.
 - Zufällige Platzierung auf der Strecke.

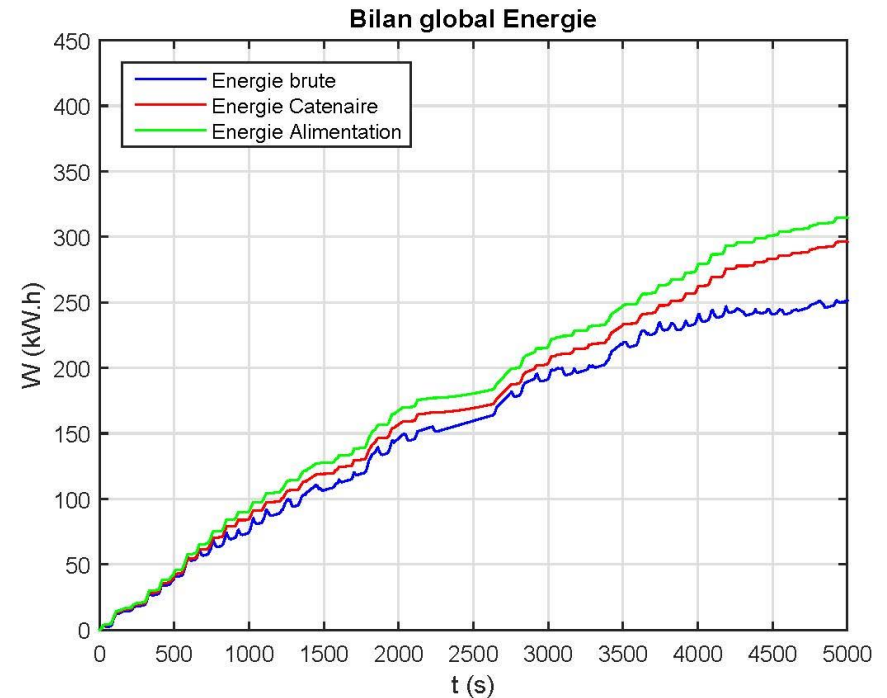
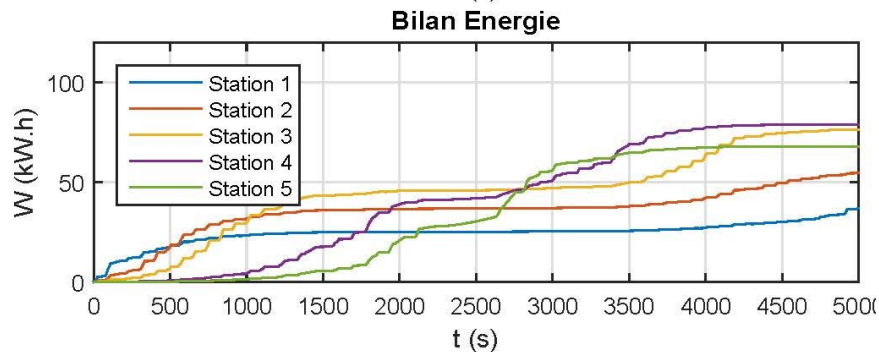
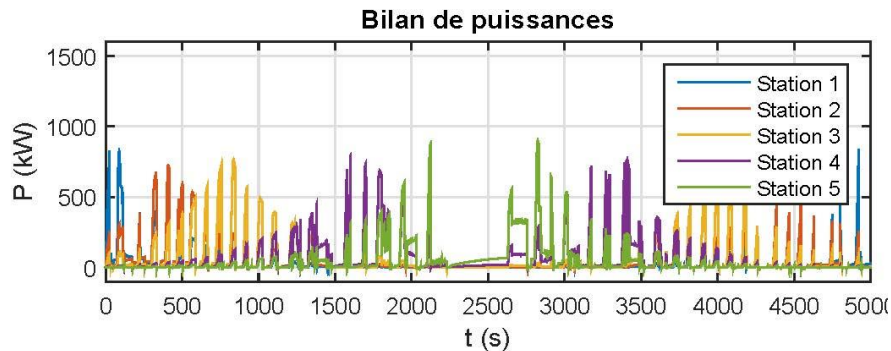
Beschreibung der entwickelten Instrumente

- Ergebnisse der gegebenen Typen:
 - Ein Zug mit mobilem Speicher



Beschreibung der entwickelten Instrumente

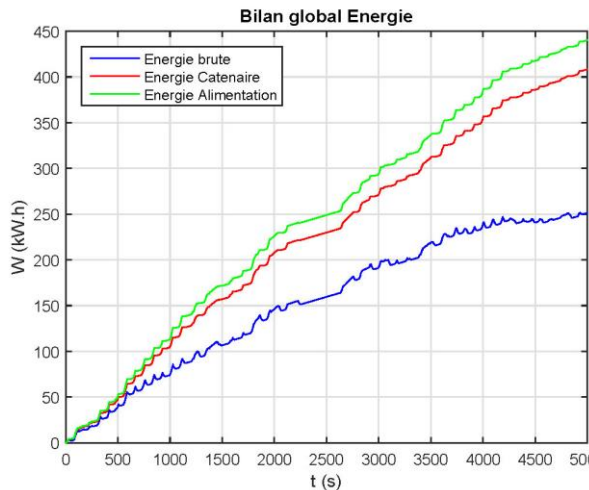
- Ergebnisse der gegebenen Typen:
 - Ein Zug mit mobilem Speicher
 - Unterwerke



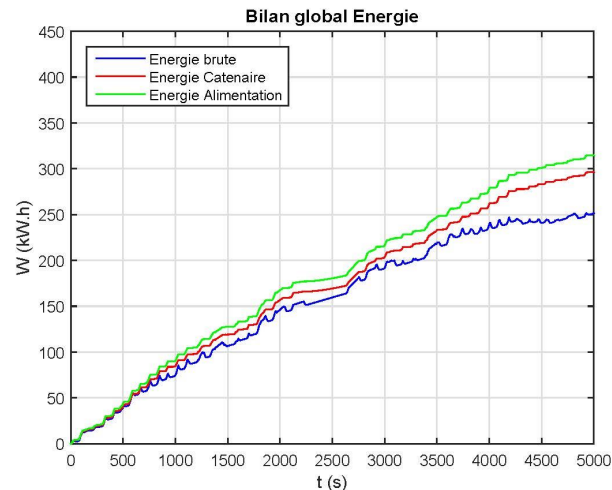
Beschreibung der entwickelten Instrumente

- Ergebnisse der gegebenen Typen:
 - Ein Zug (ohne Speicher, mit mobilem oder festem Speicher)
 - Unterwerke

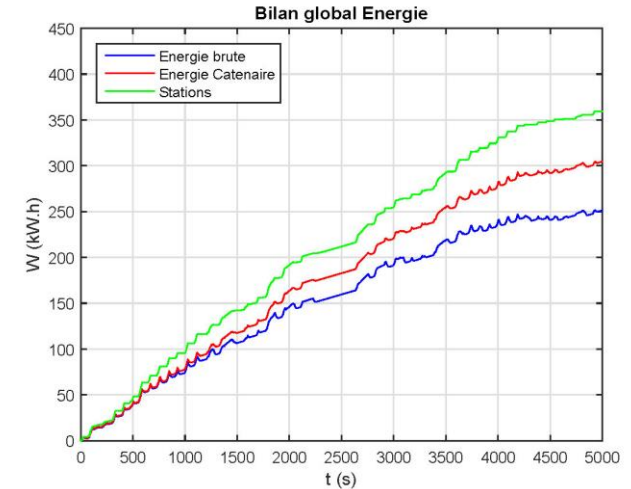
Ohne Speicher



Mobiles Speicher



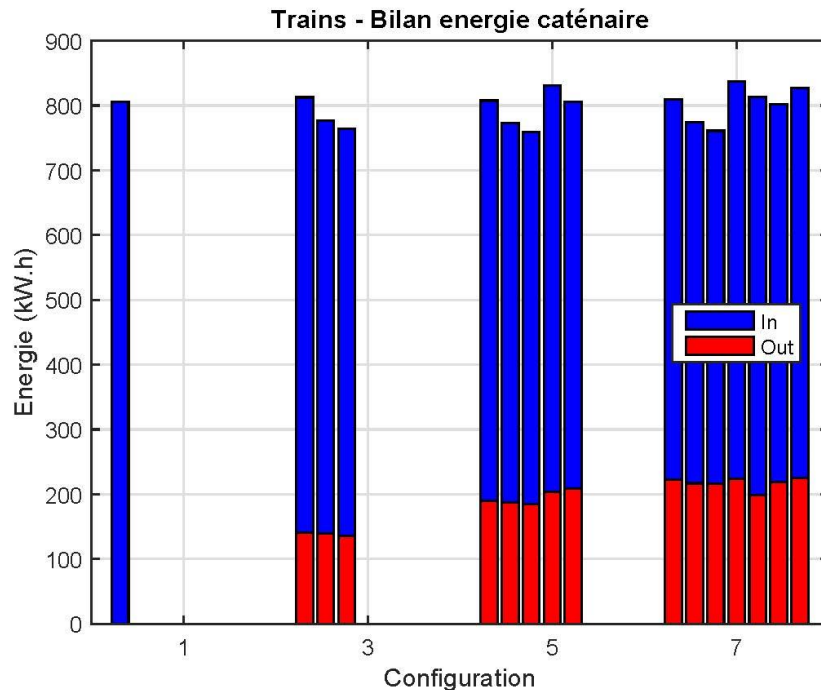
Fester Speicher 3



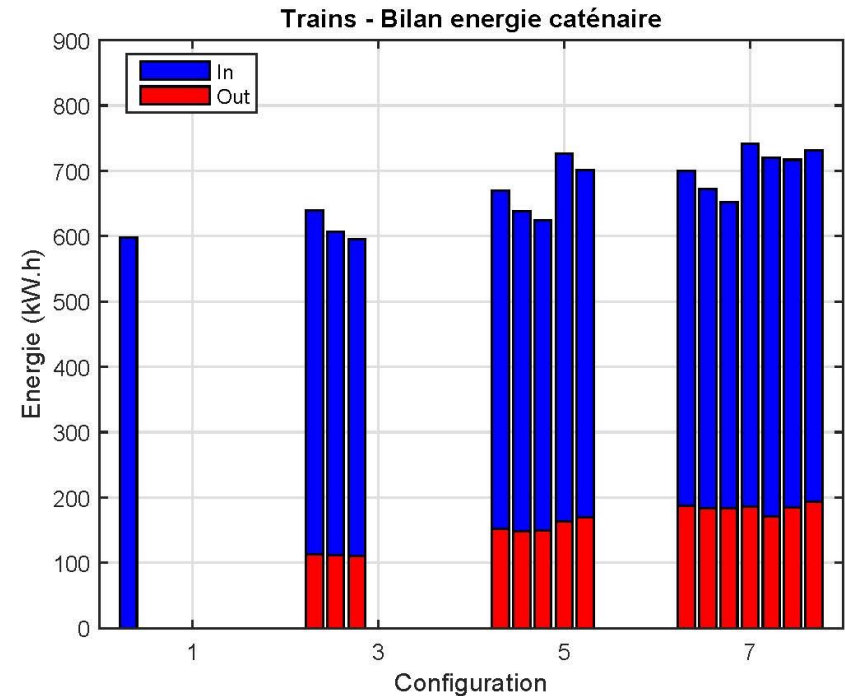
Analyse der Resultate

- Mobile Speicher
 - An der Fahrleitung durch die Züge ausgetauschte Energie

Ohne Speicher



Mobiler Speicher

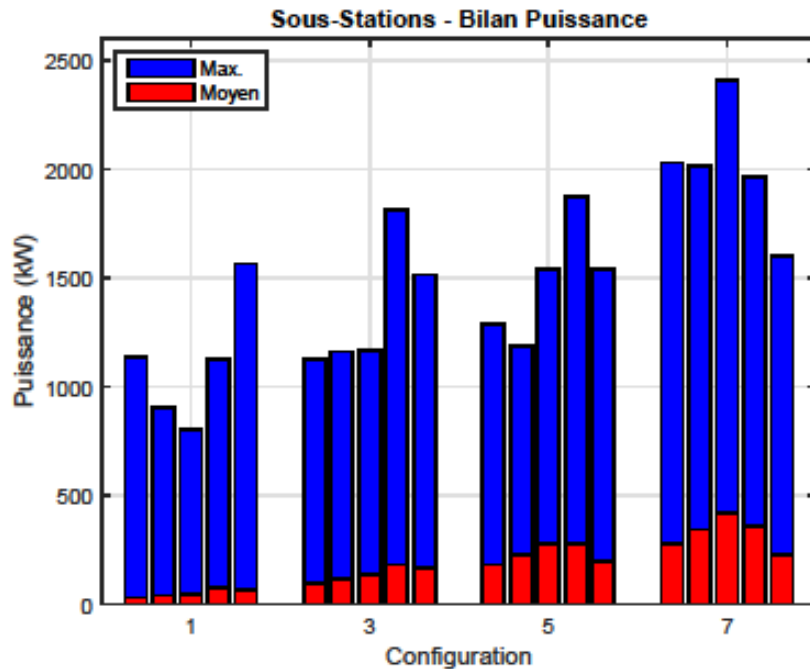


- Die Energierückgabe an die Fahrleitung während des Bremsvorgangs bleibt als Eigenschaft erhalten (begrenzte Energiekapazität des Speichers).

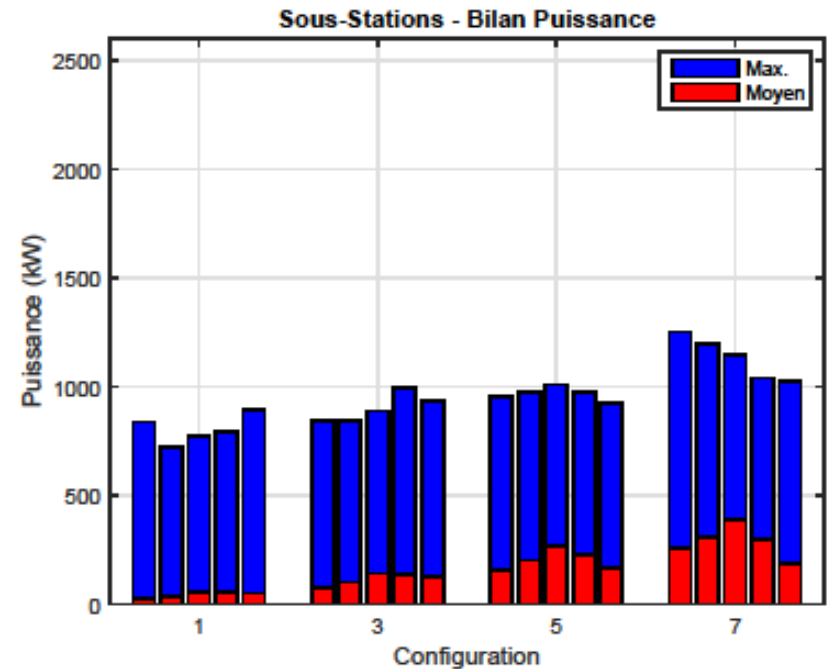
Analyse der Resultate

- Mobile Speicher
 - Leistungsbilanz der Unterwerke

Ohne Speicher



Mobiler Speicher

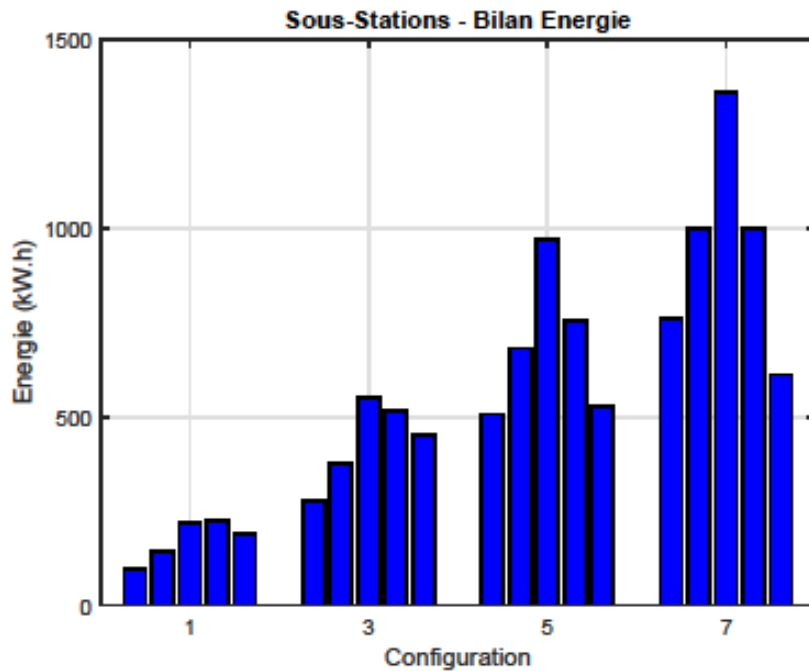


- Der wichtigste Beitrag der mobilen Speicher ist die Begrenzung der Spitzenleistungen.

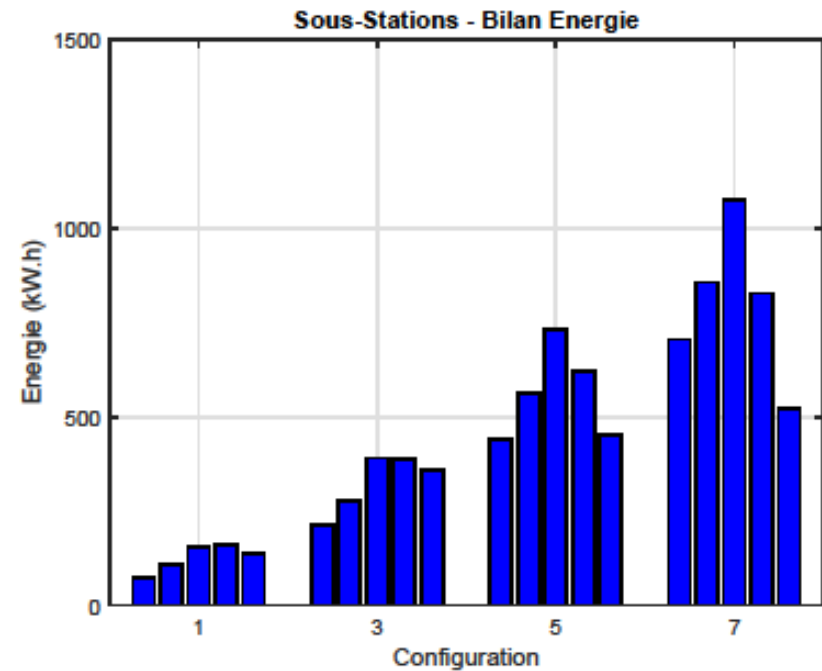
Analyse der Resultate

- Mobile Speicher
 - Energiebilanz der Unterwerke

Ohne Speicher



Mobiler Speicher



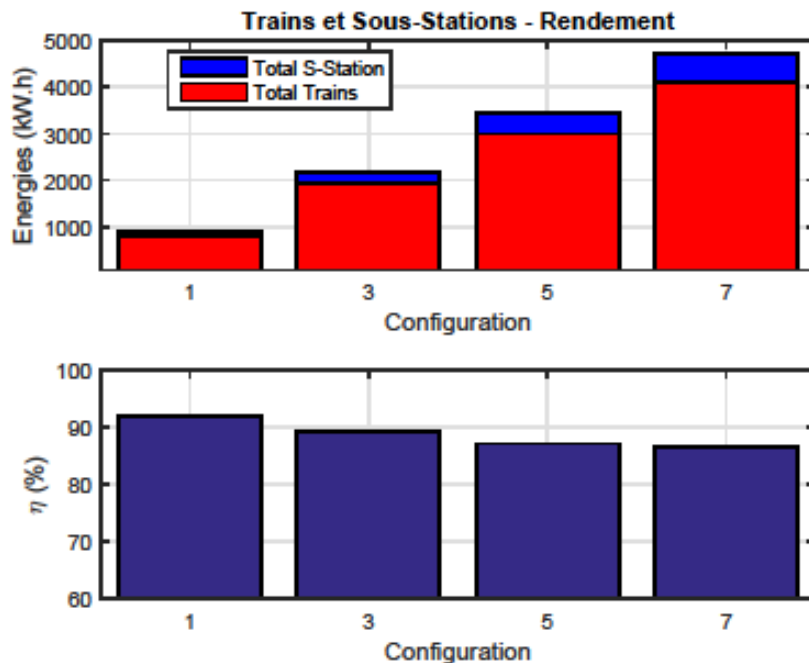
- Reduzierung der Niveaus der von den Unterwerken gelieferten Energie.

Analyse der Resultate

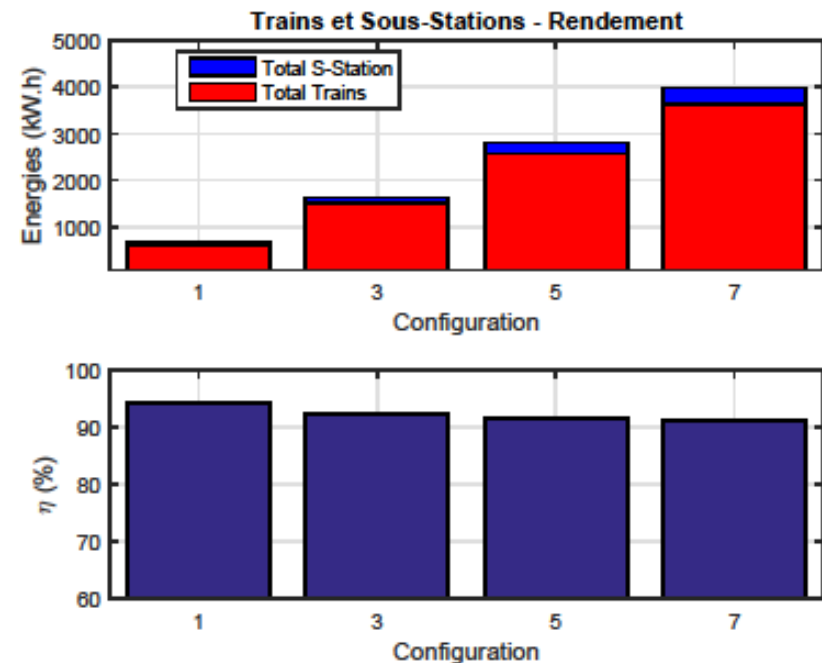
Mobile Speicher

- Gesamtwirkungsgrad: Verhältnis zwischen den bei den Fahrleitungen bezogenen und den durch die Unterwerke eingebrachten Energiesummen.

Ohne Speicher



Mobiler Speicher

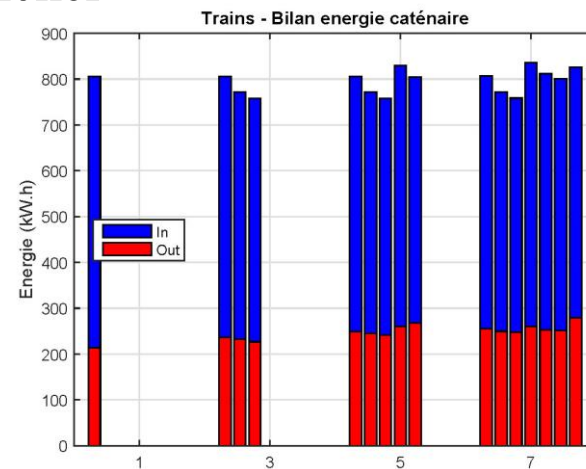
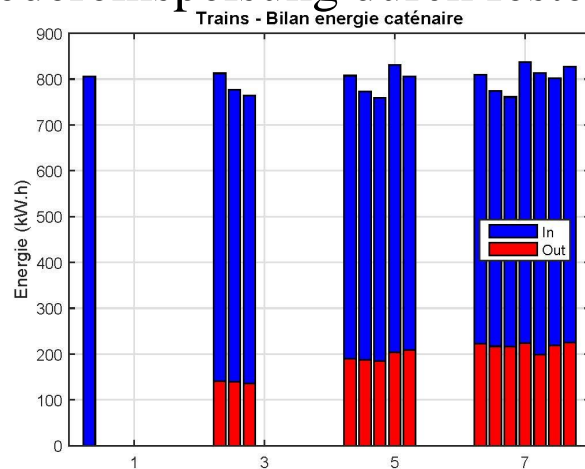


- Der Wirkungsgrad wird durch die Energierückgabe an die Fahrleitungen während des Bremsvorgangs verfälscht.

Analyse der Resultate

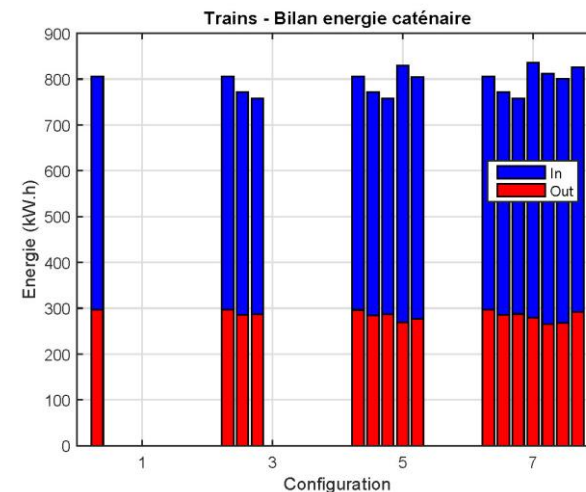
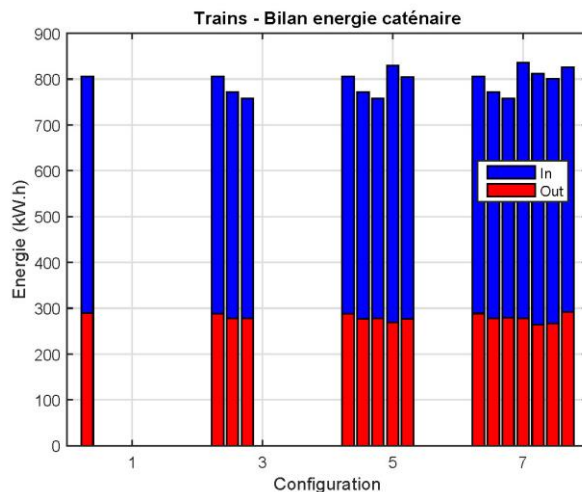
- Feste Speicher

- Energie, die durch die Züge in den Fahrleitungen ausgetauscht wird: erhöhte Wiedereinspeisung durch feste Speicher



3

2.3.4

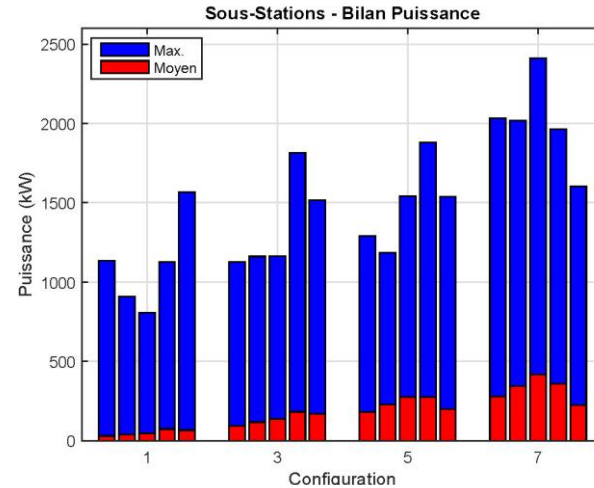
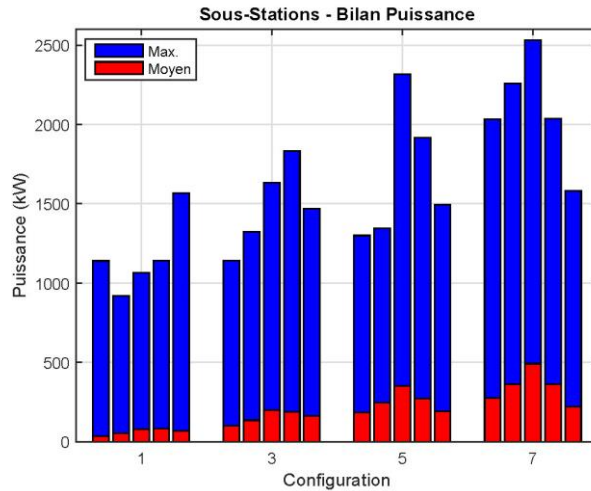


1.2.3.4.5

Analyse der Resultate

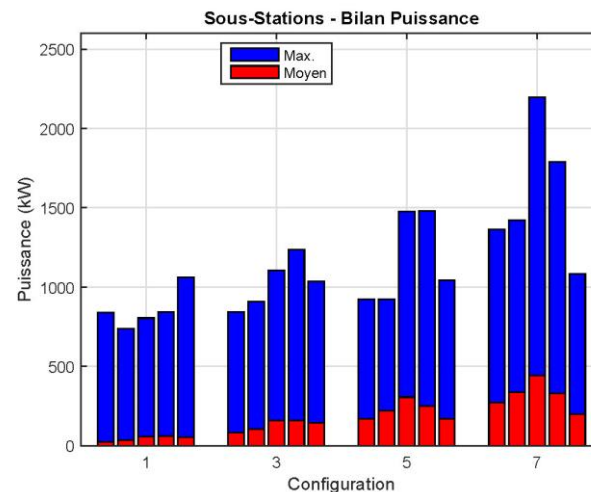
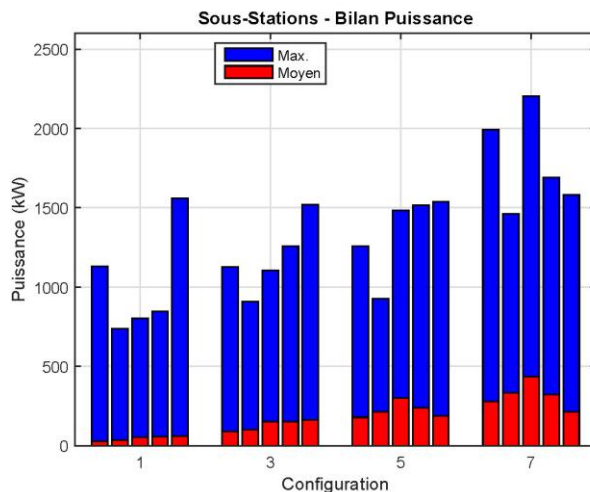
- Feste Speicher

- Leistungsbilanz der Unterwerke: reduzierte Spitzenwerte



3

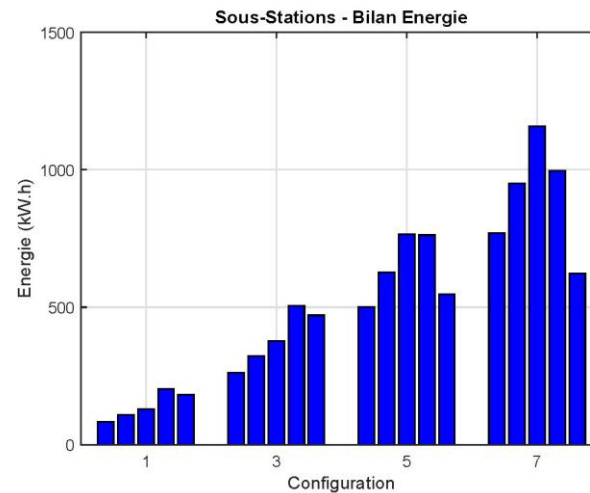
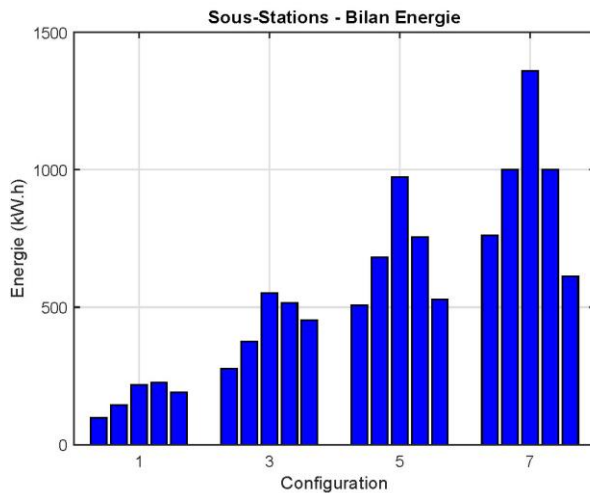
2.3.4



1.2.3.4.5

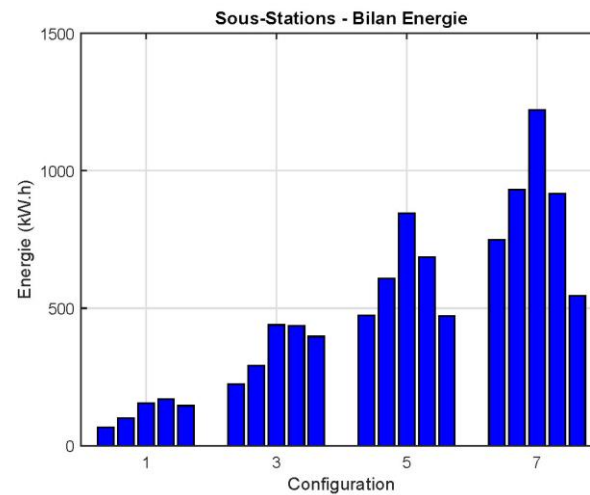
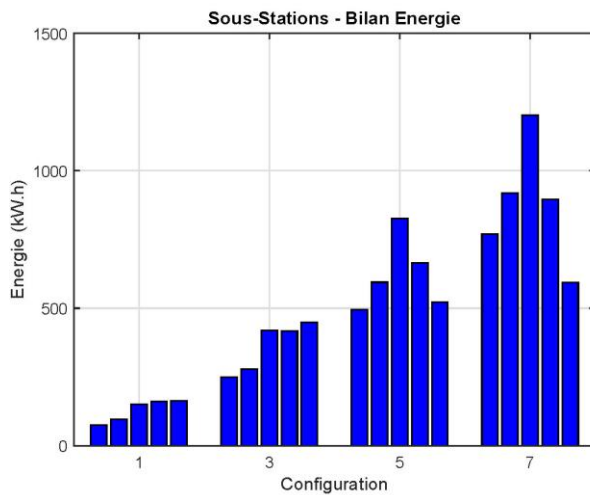
Analyse der Resultate

- Feste Speicher
 - Energiebilanz der Unterwerke: reduziert



3

2.3.4

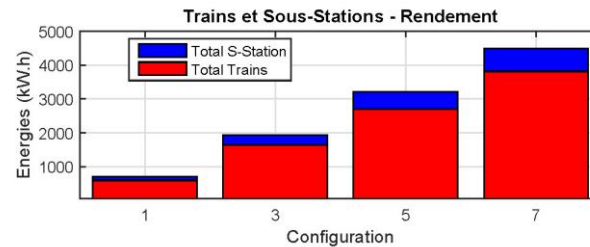
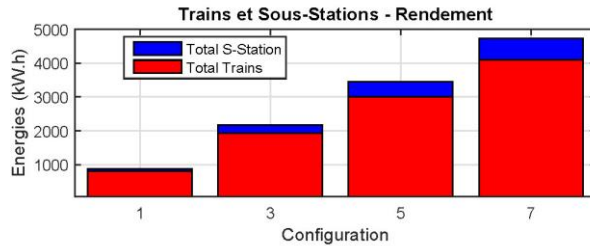


1.2.3.4.5

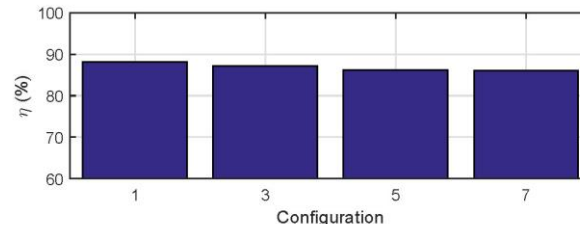
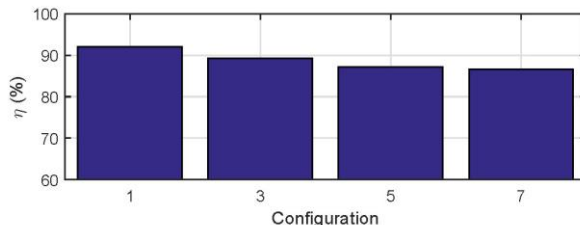
Analyse der Resultate

- Feste Speicher

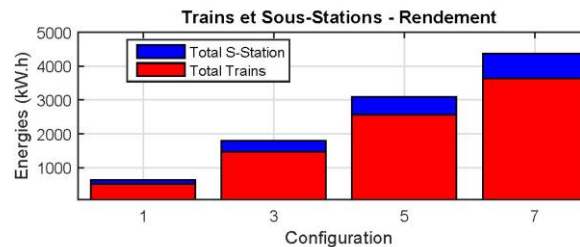
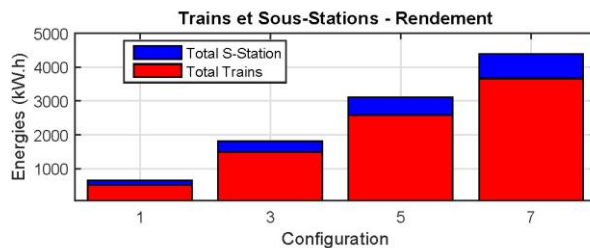
- Gesamtwirkungsgrad: durch komplexere Energieflüsse herabgesetzt



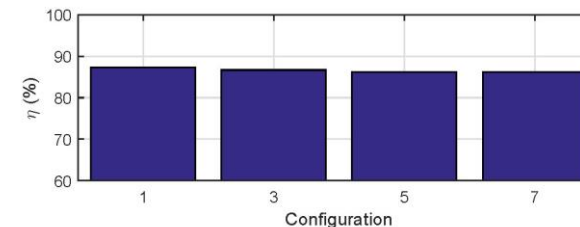
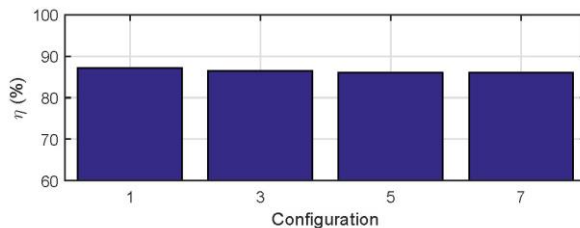
3



2.3.4

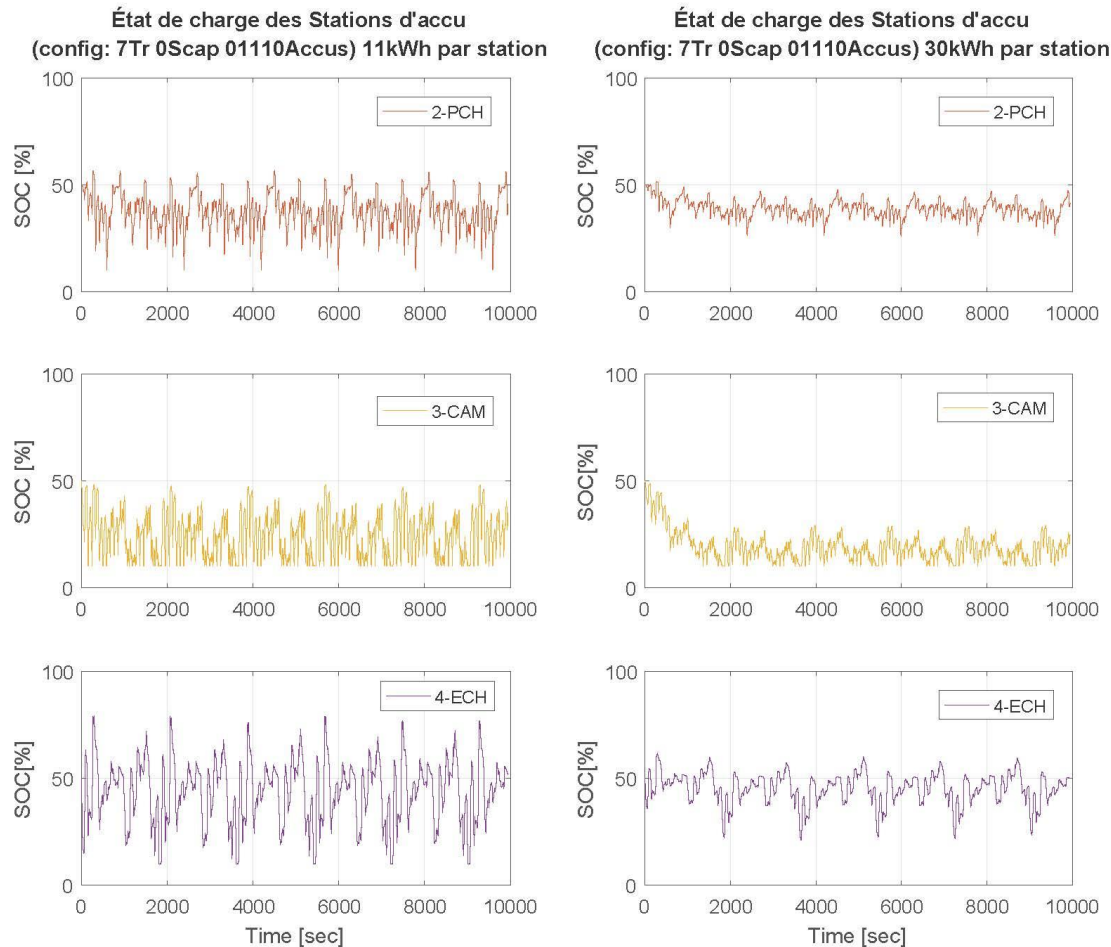


1.2.3.4.5



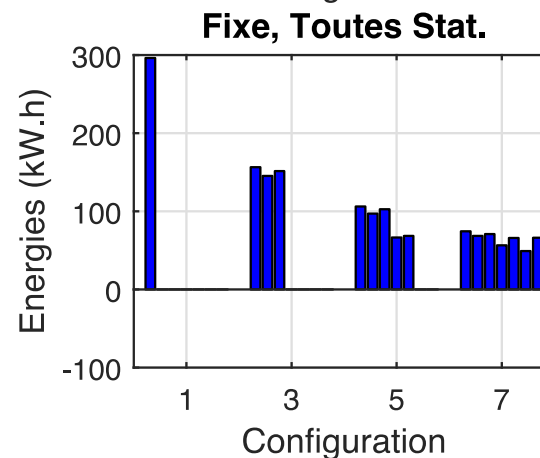
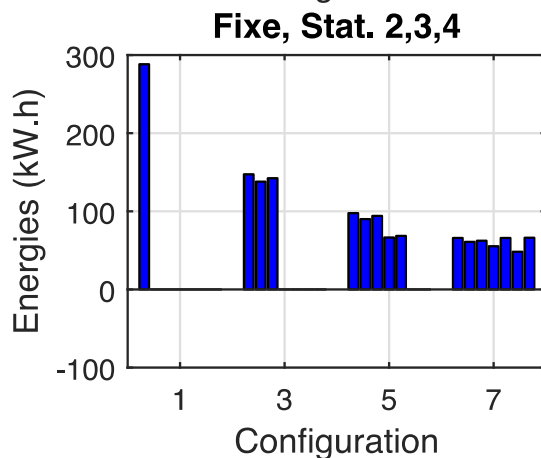
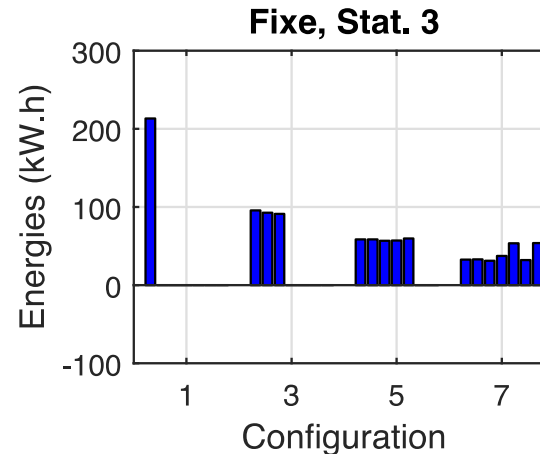
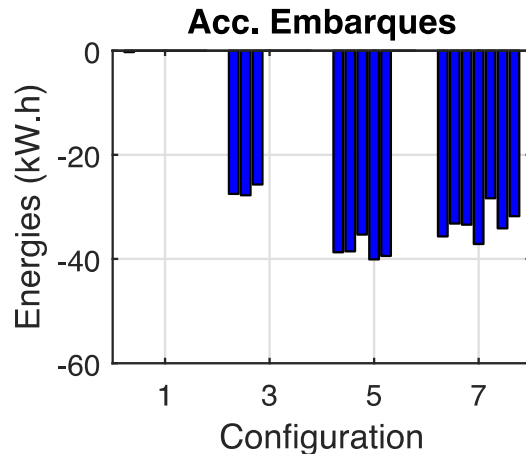
Analyse der Resultate

- Feste Speicher
 - Dimensionierung und Strategien: eng miteinander verbunden!



Vergleich der Resultate

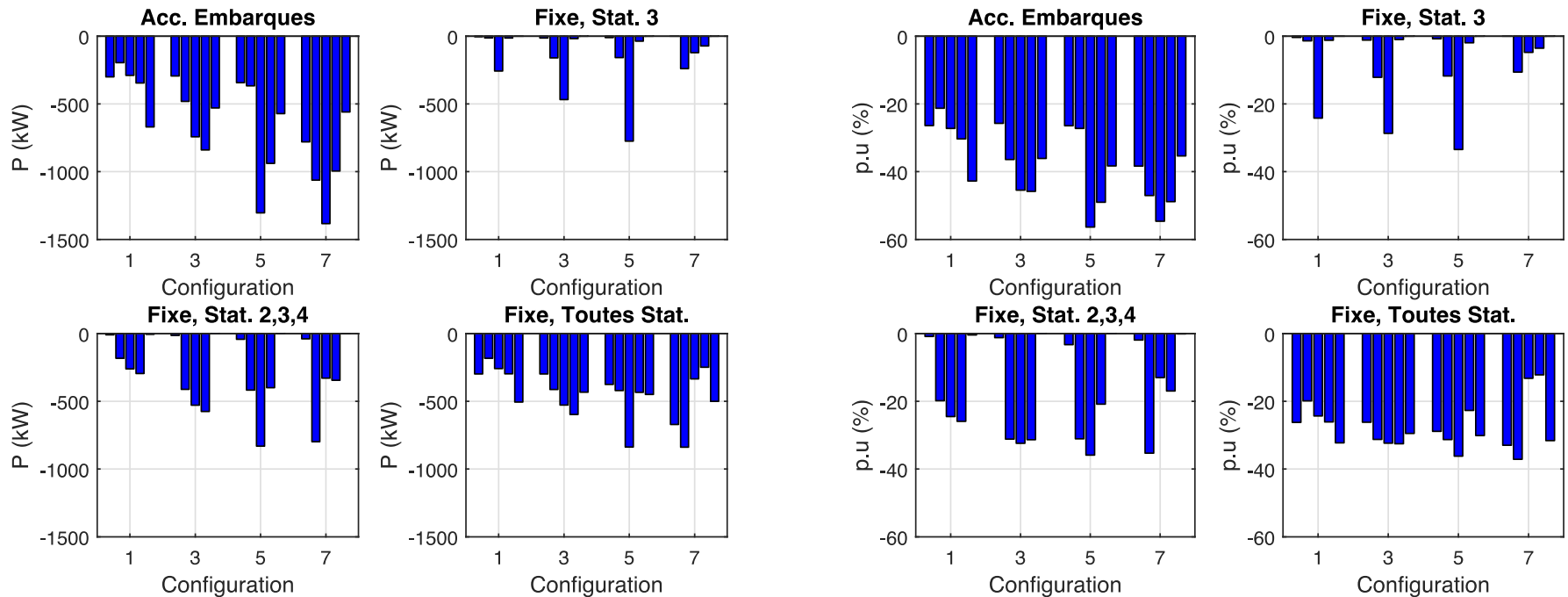
- Durch die Züge in der Fahrleitung wieder eingeführte Energie – in Bezug auf den Fall ohne Speicher



- Reduktion der wieder eingeführten Energie bei mobilen Speichern
- Erhöhung der wieder eingeführten Energie bei festen Speichern, jedoch im Verhältnis zur Anzahl an Fahrzeugen auf der Strecke gewichtet

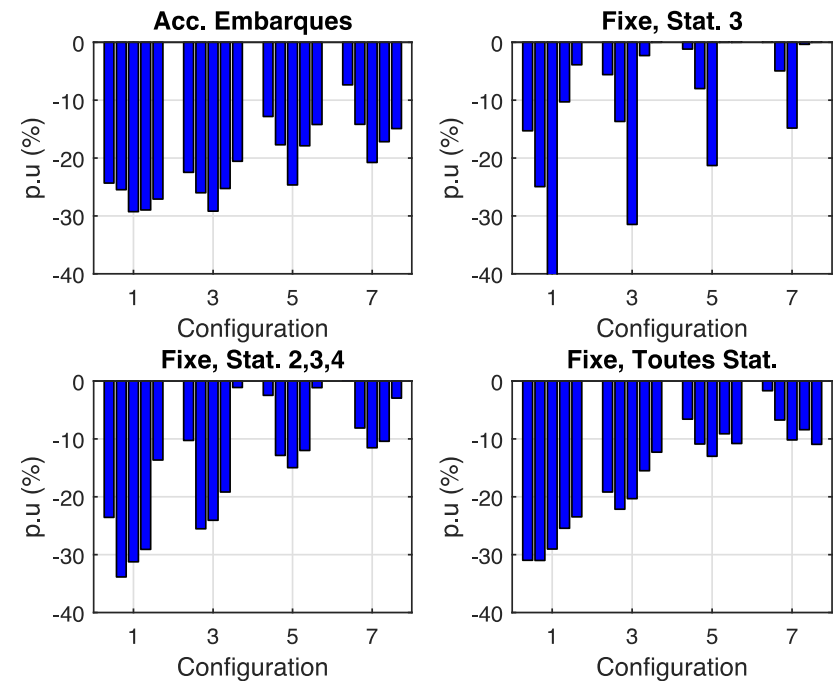
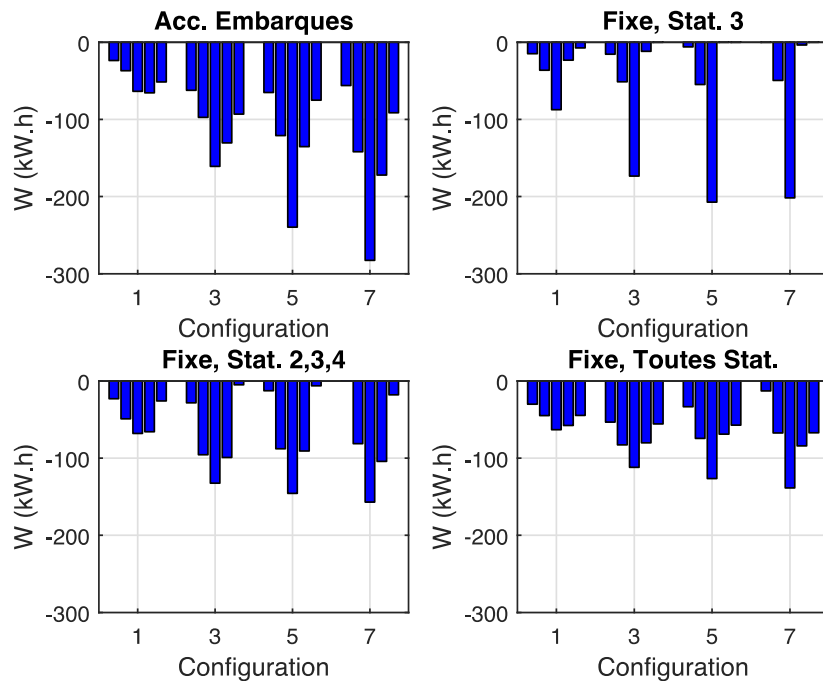
Vergleich der Resultate

- Durch die Unterwerke eingeführte maximale Leistung – in Bezug auf den Fall ohne Speicher
 - Mobiler Speicher: höchste Leistungen.



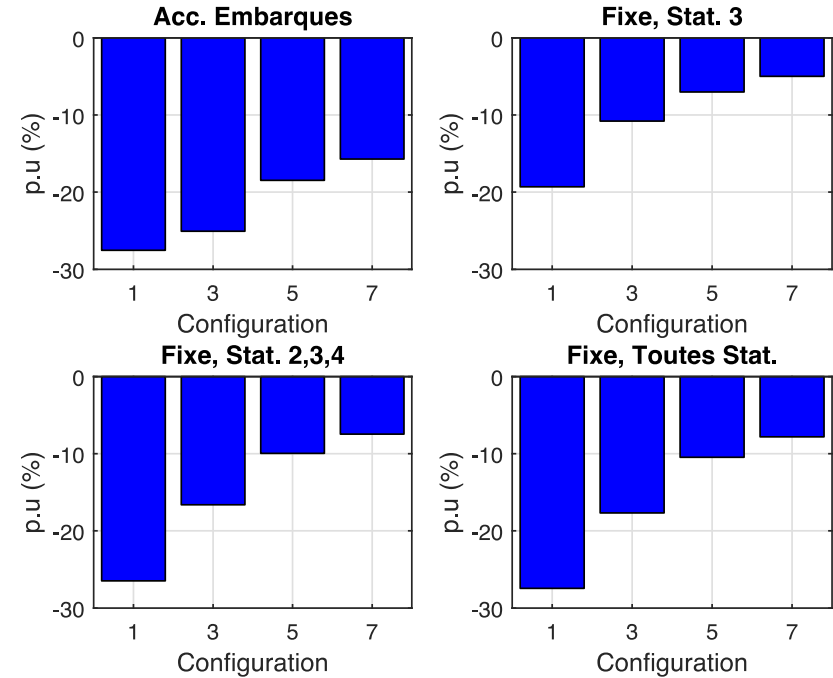
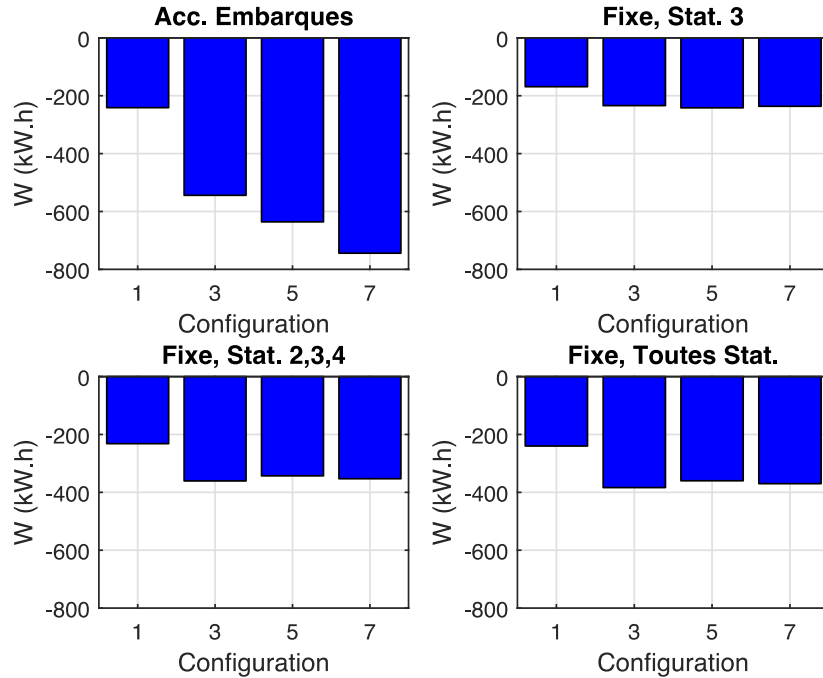
Vergleich der Resultate

- Durch die Untwerke eingeführte Energie – in Bezug auf den Fall ohne Speicher
 - Mobile Speicher: höchste Leistungen.



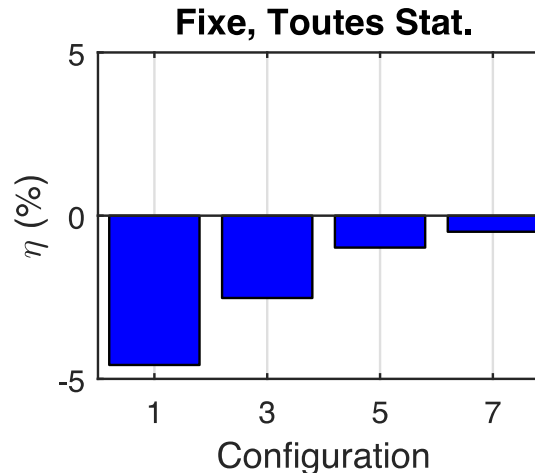
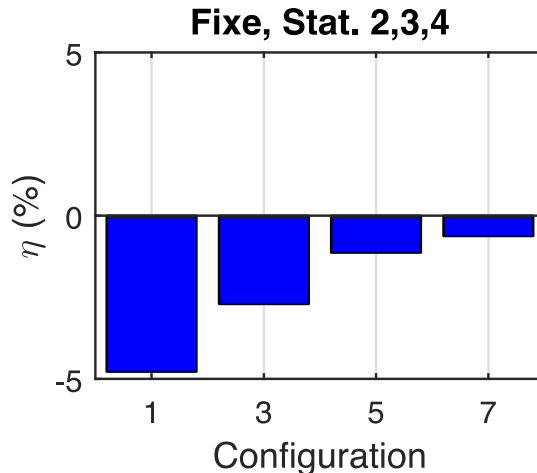
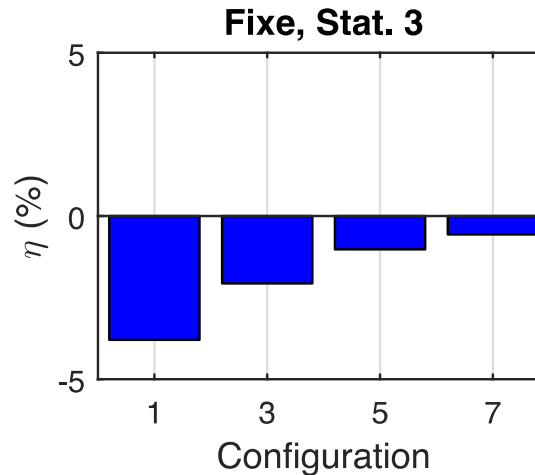
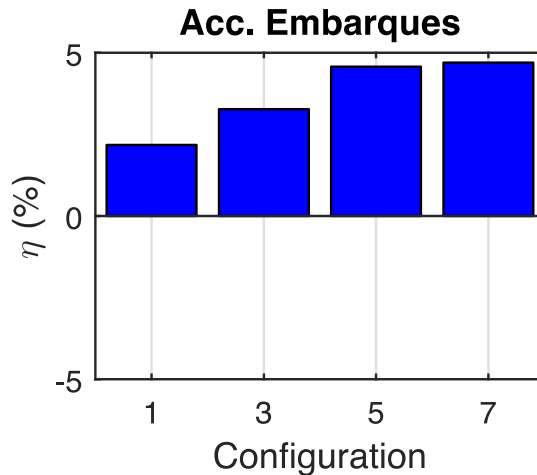
Vergleich der Resultate

- Gesamtbilanz der durch die Unterwerke eingeführten Energie – in Bezug auf den Fall ohne Speicher



Vergleich der Resultate

- Gesamtwirkungsgrad – in Bezug auf den Fall ohne Speicher



- Der Einsatz von festen Speichern bewirkt komplexe Energieflüsse, also eine Verminderung der Wirkung.

Schlussfolgerung

- Das LEB-Verkehrsnetz wurde modelliert und anschliessend simuliert
 - 7 Züge (mit/ohne Speicher), 5 Unterwerke, 5 feste Speicher
 - Simulatoren können an andere Netze angepasst werden
- Berücksichtigung des Vorhandenseins von Speichern
 - Gemäss Indikatoren der Leistungs- und Energiebilanzen
 - Identifizierung der Gesamtwirkungsgrade
 - Gemäss auf dem Markt erhältlichen Speichern (Kataloginformationen)
 - Gemäss gegebenen Strategien zur Verwaltung des Ladezustands
- Wichtigste Ergebnisse
 - Die Lösung mit mobilen Speichern hat in jedem Fall die besten Resultate erbracht.
 - Die Lösung mit festen Speichern
 - Teilweise Lösung der Leistungsfluktuationen
 - Auswirkung und Vorteile sind von der Anzahl der auf der Strecke vorhandenen Züge abhängig
 - Kompliziertere Handhabung des Wirkungsgrads

Ausblick

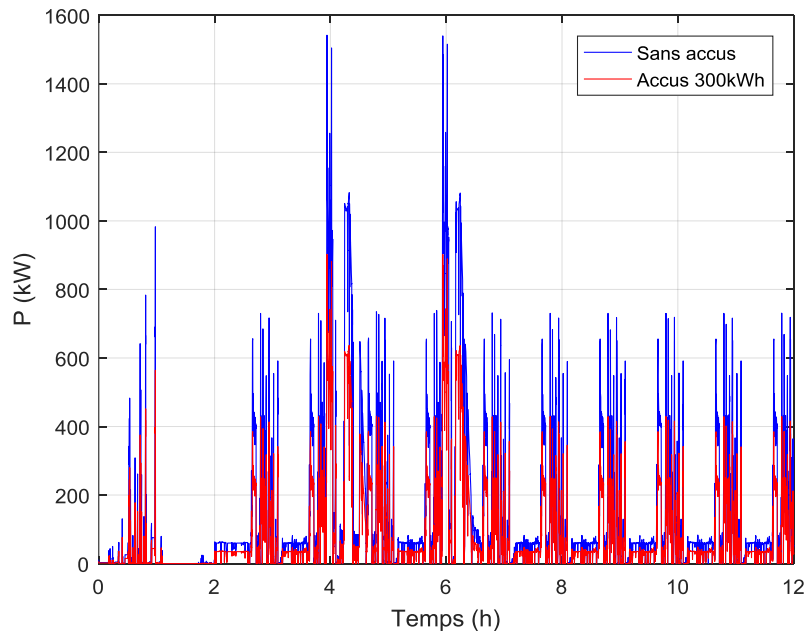
- Weiterführung der Studie
 - Projekt SETP205, N.074 «Etude préliminaire installation fixe d'accumulation d'énergie»
 - Verkehrsnetz der Chemins de Fer du Jura (CJ)
 - Strecken «Le Noirmont – La Chaux-de-Fonds», «Le Noirmont – Glovelier», «Le Noirmont - Tavannes».
 - 7 Unterwerke, 5 Passagierzüge, 3 Güterzüge
 - Fokussierung auf Festspeicher:
 - Reduktion der durch die Unterwerke gelieferten Spitzenleistungen.
 - Aufrechterhalten der Spannung am Streckenende.

Ausblick

- Weiterführung der Studie
 - Projekt SETP205, N.074 «Etude préliminaire installation fixe d'accumulation d'énergie»
 - Vorläufige Ergebnisse: 300 kWh im Unterwerk «Sceut» installiert

Unterwerk Sceut

Unmittelbare Leistungen



Unterwerk Sceut

Durchschnittliche Leistungen (15-Minuten-Zeitfenster)

